

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK EMİŞLİ, DÜŞÜK GÜRÜLTÜLÜ KOMPAKT
BİR YOL VE KALDIRIM SÜPÜRME ARACININ
GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak.Müh. Serpil HAMMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail ÇALLI

Mart 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK EMİŞLİ, DÜŞÜK GÜRÜLTÜLÜ KOMPAKT
BİR YOL VE KALDIRIM SÜPÜRME ARACININ
GELİŞTİRİLMESİ**

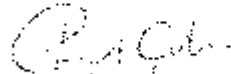
YÜKSEK LİSANS TEZİ

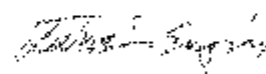
Mak.Müh. Serpil HAMMAZ

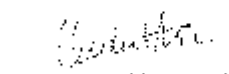
Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Birim Dalı : ENERJİ

Bu tez 10 / 02 /2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oyhirligi ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr. İsmail ÇALIŞ
Jüri Başkanı


Doç. Dr. Talat ENGİN
Üye


Yrd. Doç. Dr. Nedat ARI
Üye

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca desteğini esirgemeyen danıőman hocam Prof. Dr. İsmail allı' ya, çalıőmalarımnda yol gösterici olan, yardımını, ilgisini ve özverisini benden esirgemeyen Doç. Dr. Tahsin Engin'e ve hesaplamalı analiz çalıőmalarında yardımcı olan Arő. Gör. Őevki eőmeci'ye teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu alıőma, TEYDEB kapsamında "7070351- Yüksek emişli, düşük gürültülü kompakt bir yol ve kaldırım aracının geliştirilmesi" numaralı proje olup Duru evre Yönetim Sistemleri LTD. ŞTİ'ne aittir. Duru evre Yönetim Sistemleri LTD. ŞTİ çalıőanlarına da yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca bu günlere ulaőmamda emeklerini hiçbir zaman ödeyemeyeceğim aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Amaç.....	2
1.2. Kapsam.....	2
BÖLÜM 2.	
ARACIN TASARIMI	3
2.1. Giriş	3
2.2. Süpürme Aracının Taslak Modeli	5
2.3. Süpürme Ve Emiş Sistemi Tasarımı.....	7
2.4. Şase Ve Gövdenin Tasarımı	9
2.5. Boşaltma Mekanizmasının Tasarımı	10
2.6. Elektrik Devresi Tasarımı	11
2.7. Hidrolik Devre Tasarımı	12
2.8. Gürültü İzolasyonuna Dönük Çalışmalar	13
BÖLÜM 3.	
FAN HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	14

3.1. Fan Tipleri.....	14
3.2. Merkezkaç Fanın Dizaynı	17
3.2.1. Fanın temel büyüklük hesabı	17
3.2.1.1. Özgül devir sayısı (n_q) nın hesabı.....	17
3.2.1.2. Fan mil gücü hesabı (P_m).....	18
3.2.1.3. Fanı çeviren motor gücü hesabı (P_e).....	18
3.2.1.4. Verim hesabı (η).....	19
3.2.1.5. Dönel çark mil çapı hesabı.....	20
3.2.2. Fanı meydana getiren elemanların hesabı.....	21
3.2.2.1. Fan emme çapı (D_e).....	21
3.2.2.2. Çark giriş çapı (D_1).....	22
3.2.2.3. Kanat giriş eni (B_1).....	22
3.2.2.4. Kanat giriş açısı (β_1) hesabı.....	23
3.2.2.5. Kanat sayısı hesabı (z).....	24
3.2.2.6. Çark çıkış çapı (D_2).....	24
3.2.2.7. Dönel çark çıkış açısı (β_2).....	24
3.2.2.8. Radyal girişli fanlarda güç azalma faktörü (μ).....	25
3.2.2.9. Sonsuz derecede ince ve sonsuz sayıdaki kanatlar arasında akan sürtünmesiz akışla sağlanabilecek teorik basma yüksekliği ($H_{th\infty}$).....	25
3.3. Salyangoz Gövde Hesabı.....	27
3.4. Fanın Projelendirilmesi.....	29
3.4.1. Basma yüksekliği (H).....	31
3.4.2. Özgül devir sayısı (n_q).....	31
3.4.3. Verim (η).....	31
3.4.4. Fan kanatlarından geçen debi	31
3.4.5. Akış sayısı (ε).....	32
3.4.6. Emme hızı (C_e).....	32
3.4.7. Emme çapı (D_e).....	32
3.4.8. Çark giriş çapı (D_1).....	32
3.4.9. Çark çıkış çapı (D_2).....	32
3.4.10. Hız oranı (m).....	33
3.4.11. Kanat giriş eni (B_1).....	33

3.4.12. Kanat sayısı hesabı (z).....	33	
3.4.13. Sonsuz derecede ince ve sonsuz sayıdaki kanatlar arasında akan sürtünmesiz akışla sağlanabilecek teorik basma yüksekliği ($H_{th\infty}$)	34	
3.4.14. Meridyen hız bileşenleri (C_m).....	34	
3.4.15. Fan mil gücü hesabı (P_m).....	34	
3.4.16. Fanı çeviren motor gücü hesabı (P_e).....	35	
3.5. Aracın Güç İhtiyacının Belirlenmesi.....	35	
3.6. Salyangoz Gövde Hesaplamaları.....	36	
BÖLÜM 4.		
HESAPLAMALI AKIŞKAN ANALİZİ ÇALIŞMALARI (HAD)		39
4.1. Süpürge Fanının SolidWorks İle Oluşturulmuş Katı Modeli.....	40	
4.2. Fanın Gambit Çalışmaları.....	42	
4.3. Fanın Fluent İle Gerçekleştirilmiş Analiz Sonuçları	47	
4.3.1. Fan içinde oluşan yörünge çizgileri.....	47	
4.3.2. Büyüklüklerine göre renklendirilmiş vektörler.....	49	
4.3.3. Statik basınç konturları.....	52	
BÖLÜM 5.		
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....		55
5.1. Sonuçlar.....	55	
KAYNAKLAR.....		56
ÖZGEÇMİŞ.....		57

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	Alan	m^2
B	Kanat eni	m
C	Mutlak hız	m/s
C_e	Emme hızı	m/s
C_m	Meridyen hız bileşeni	m/s
C_u	Çevre hızı yönündeki hız bileşeni	m/s
D	Çap, Döner çark çapı	m
D_s	Döner çark emme ağız çapı	m
D_1	Döner çark giriş çapı	m
D_2	Döner çark çıkış çapı	m
g	Yerçekim ivmesi	m/s^2
H	Basma yüksekliği	m
K	Kanat sayısı faktörü	
m	Hız oranı	
n	Devir sayısı	d/d
n_q	Özgül devir sayısı, Biçim sayısı	
P_e	Fanın miline aktarılan güç	Kw
P_m	Fanı çeviren motor gücü	Kw
ΔP	Basıncı Düşüsü	mmSS
Q	Debi	m^3/s
Q'	Fan kanalları içinden geçen debi	m^3/s
ΔQ	Kaçak debi	m^3/s
U	Çevre hızı	m/s
W	Bağıl hız	m/s
Z	Kanat sayısı	
α		derece
β		derece
γ	Özgül ağırlık	Kg/m^3

ε	Akış sayısı
η	Genel verim
η_h	Hidrolik verim
η_v	Volumetrik verim
η_m	Mekanik verim
ψ	Basınç sayısı
ξ	Daralma faktörü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Aracının taslak tasarımına göre genel görünüşü.....	6
Şekil 2.2.	Yol ve kaldırım süpürgesinin iç detaylar.....	7
Şekil 2.3.	Süpürme ve emiş sistem tasarımına ait modelden örnekler	8
Şekil 2.4.	Şase ve gövdenin tasarımına ait modelden örnekler.....	9
Şekil 2.5.	Boşaltma mekanizması tasarımına ait modelden örnekler.....	10
Şekil 2.6.	Aracın elektrik-elektronik devre tasarımı.....	11
Şekil 2.7.	Aracın hidrolik devre tasarımı.....	13
Şekil 3.1.	Merkezkaç fanın yan ve ön görünüşleri	15
Şekil 3.2.	Geriye dönük çarklarda β_2 açısının durumu	16
Şekil 3.3.	Radyal çarklarda β_2 açısının durumu	16
Şekil 3.4.	İleriye dönük çarklarda β_2 açısının durumu.....	17
Şekil 3.5.	Özgül devir sayısına bağlı olarak basınç sayısı.....	18
Şekil 3.6.	Düz kanat giriş ve D_1 çapının gösterilimi.....	21
Şekil 3.7.	Radyal giriş üçgeni	23
Şekil 3.8.	Radyal çıkış üçgeni	25
Şekil 3.9.	Radyal çıkış üçgeni	26
Şekil 3.10.	Salyangozun şematik gösterimi.....	30
Şekil 4.1.	Çark'ın ön tarafından alınmış bir görüntüsü	39
Şekil 4.2.	Salyangoz'un ön tarafından alınmış görüntüsü.....	40
Şekil 4.3.	Fan kasnağından bir görüntü	40
Şekil 4.4.	Kaplinden bir görüntü.....	41
Şekil 4.5.	Fanın Patlatılmış Katı Modeli	41
Şekil 4.6.	Fanın Gambit'teki görüntüsü	42
Şekil 4.7.	Çarkın Gambit'teki görüntüsü	43
Şekil 4.8.	Fan üzerinde ayrılan bölgeler	43
Şekil 4.9.	Fanın oluşturulan ağ yapısı.....	44
Şekil 4.10.	Fan'da oluşturulan ağ yapısı	45
Şekil 4.11.	Ağ yapısını kontrol tablosu	45

Şekil 4.12.	Ağ yapı (-x yönünde).....	46
Şekil 4.13.	Fan'da oluşturulan yörünge çizgileri (Hız) (Düz kanatlı).....	47
Şekil 4.14.	Fan'da oluşan yörünge çizgileri (Hız)(Açılı).....	48
Şekil 4.15.	Fan'da oluşturulan yörünge çizgileri (Basınç) (Düz kanatlı).....	48
Şekil 4.16.	Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş basınç vektörler...	49
Şekil 4.17.	Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş basınç vektörleri (Açılı kanat).....	50
Şekil 4.18.	Kanatların hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Düz kanat).....	50
Şekil 4.19.	Kanatların hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Açılı kanat).....	51
Şekil 4.20.	Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Düz kanat).....	51
Şekil 4.21.	Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Açılı kanat).....	52
Şekil 4.22.	Fan'da oluşan statik basınç konturları (Düz kanat).....	53
Şekil 4.23.	Fan'da oluşan statik basınç konturları (Açılı kanat).....	53
Şekil 4.24.	Kanatlarda oluşan statik basınç konturları (Düz kanat).....	54
Şekil 4.25.	Kanatlarda oluşan statik basınç konturları açılı (Açılı kanat).....	54

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	τ_{em} ' bağı c katsayısı.....	20
Tablo 3.2.	Salyangoz çapı hesap açıları.....	28
Tablo 3.3.	ϕ Açısına bağı olarak salyangoz yarıçapları.....	36
Tablo 5.1	Analizler sonucunda elde edilen hızları ve giriş çıkış basınçları...	55

ÖZET

Anahtar kelimeler: Sokak süpürme aracı, model tasarımı, fan

Bu tez çalışması kapsamında yol ve kaldırım süpürgesi aracı tasarlandı ve imal edildi. Süpürme araçlarında vakum sistemi en önemli role sahiptir. Bu sebeple tasarlanan fanın deneysel ve hesaplamalı akışkan analizleri üzerine çalışmalar gerçekleştirildi. Elde edilen sonuçlar incelendi.

DESIGN OF A COMPACT ROAD AND WALKWAY SWEEPER

SUMMARY

Key Words: road sweeper, model design, fan

A road and walkway sweeper was designed and manufactured in this work. Vacuum system is very important at the road and walkway sweeper. So that experimental and Computational Fluid Dynamics analysis was presented for the designed fan. The results were analyzed.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Merdivenlerdeki, yürüme ve park alanlarındaki, dar yollardaki veya klasik büyük süpürme araçlarının giremediği, ya da girmesinin ekonomik olmadığı yerlerdeki toz, kum, çamur, kâğıt ve izmarit vb. çöplerin toplanmasında kullanılmak üzere, yüksek emiş yapma kabiliyetine sahip, düşük gürültü emisyonlu, küçük ve kompakt yapıda ekonomik bir süpürme aracının geliştirilmesini konu almaktadır.

Ülkemizde cadde ve sokakların süpürülmesinde genellikle traktör veya benzeri bir çekici ile hareket ettirilen, ya da bir aracın üzerine monte edilmiş yol ve kaldırım süpürgeleri kullanılmaktadır. Traktörler tarafından çekilenler en az iki operatöre ihtiyaç duymakta olup bu makineler, gerek büyük yapıda olmaları ve gürültülü çalışmaları, gerekse hareket ve manevra kabiliyetlerinin sınırlı olması nedenleriyle, kaldırımların, oto park alanlarının, merdivenlerin, dar sokakların ve park etmiş araçların altlarının, alış-veriş merkezlerinin, düz olmayan zeminlerin ve büyük süpürücülerin ulaşamadığı diğer yerlerin temizlenmesinde yetersiz kalmaktadır. Ayrıca bu tür araçlarda genellikle biri emiş, diğeri hareket olmak üzere iki motor kullanıldığından hem yüksek işletme maliyetleri hem de yüksek gürültü gibi olumsuzluklar söz konusudur.

Bu çalışmada dar ve çıkmaz sokaklar, kaldırım ve merdivenler, park alanları, sokak köşeleri, ölü noktalar, alış-veriş merkezleri ve park etmiş araçların altları gibi büyük süpürme araçlarıyla ulaşılamayan yerlerde kullanılmak üzere, güçlü emiş yapabilen, sessiz çalışan, tek motorlu ve tek operatörle kolayca kullanılabilen, manevra kabiliyeti yüksek, vakumlu bir yol ve kaldırım süpürme aracının tasarlanması amaçlanmıştır.

1.1. Amaç

Bu çalışmada, öncelikle tasarım parametreleri belirlenerek süpürme ve vakum sisteminin, şase ve gövdenin, boşaltma mekanizmasının tasarımları SolidWorks 2008 programında çizilmiştir. Elektrik ve hidrolik devre tasarımları yapılmıştır. Ayrıca gürültü izolasyonuna dönük bir çalışmada yapılmıştır. Yapılan teknik çalışmalar doğrultusunda araç imal edilmiştir.

Süpürme araçlarında vakum sistemi çok önemli bir nokta olduğundan bu çalışmada fan takımının (Dönel çark, salyangoz) HAD (Hesaplamalı akışkan dinamiği) çalışmaları yapılmıştır. HAD çalışmaları, Gambit programıyla fanın ağ yapısı oluşturulup Fluent programında da akışkan analizi yapılarak gerçekleştirilmiştir.

1.2. Kapsam

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde tezin amaç ve kapsamına yer verilmekte ardından ikinci bölümde yol ve kaldırım süpürme aracının model çalışmaları mevcuttur Üçüncü bölümde ise fan, fan dizaynı hesaplamaları hakkında bilgi verilmektedir. Dördüncü bölümde modellenen fana ait analiz çalışmalarına yer verilmektedir. Son olarak beşinci bölümde, tez kapsamında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

BÖLÜM 2. ARACIN TASARIMI

2.1. Giriş

Dünyanın pek çok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de kent yerleşim alanlarının temizliği büyük oranda yol süpürme araçlarıyla sağlanmaktadır. Bu tür araçlar farklı büyüklüklerde imal edilip piyasaya sürülmekte ve çoğunlukla da yurt dışından ithal edilmektedir. Sınırlı sayıda yerli üreticiler de ihtiyacı karşılamaktan uzak bir potansiyele sahiptir. Ayrıca bu araçlar, genellikle bir çekici ile hareket ettirilen ya da bir kamyon üzerinde monte edilerek en az iki kişi ile idare edilebilen, sadece düz ve yeterince geniş yollarda kullanılabilen, hantal, çift motor kullanıldığından oldukça gürültülü çalışan, manevra kabiliyeti zayıf, sık arıza yapan araçlardır. Kaliteli olsun diye yurt dışından büyük paralarla ithal edilen büyük araçlar ise ülkemiz şartları dikkate alınarak tasarlanmadıkları için sadece yolları süpürmekte yetersiz kalmaktadır.

Dar ve çıkmaz sokaklar, kaldırım ve merdivenler, park alanları, sokak köşeleri, ölü noktalar, alış-veriş merkezleri ve park etmiş araçların altları gibi hantal araçlarla girilemeyen sayısız mahalde daha küçük yapıda, güçlü emiş yapabilen, sessiz çalışan, tek operatörle kolayca kullanılabilen, manevra kabiliyeti yüksek, tek motorla tahrik edilen bir araç olmalıdır.

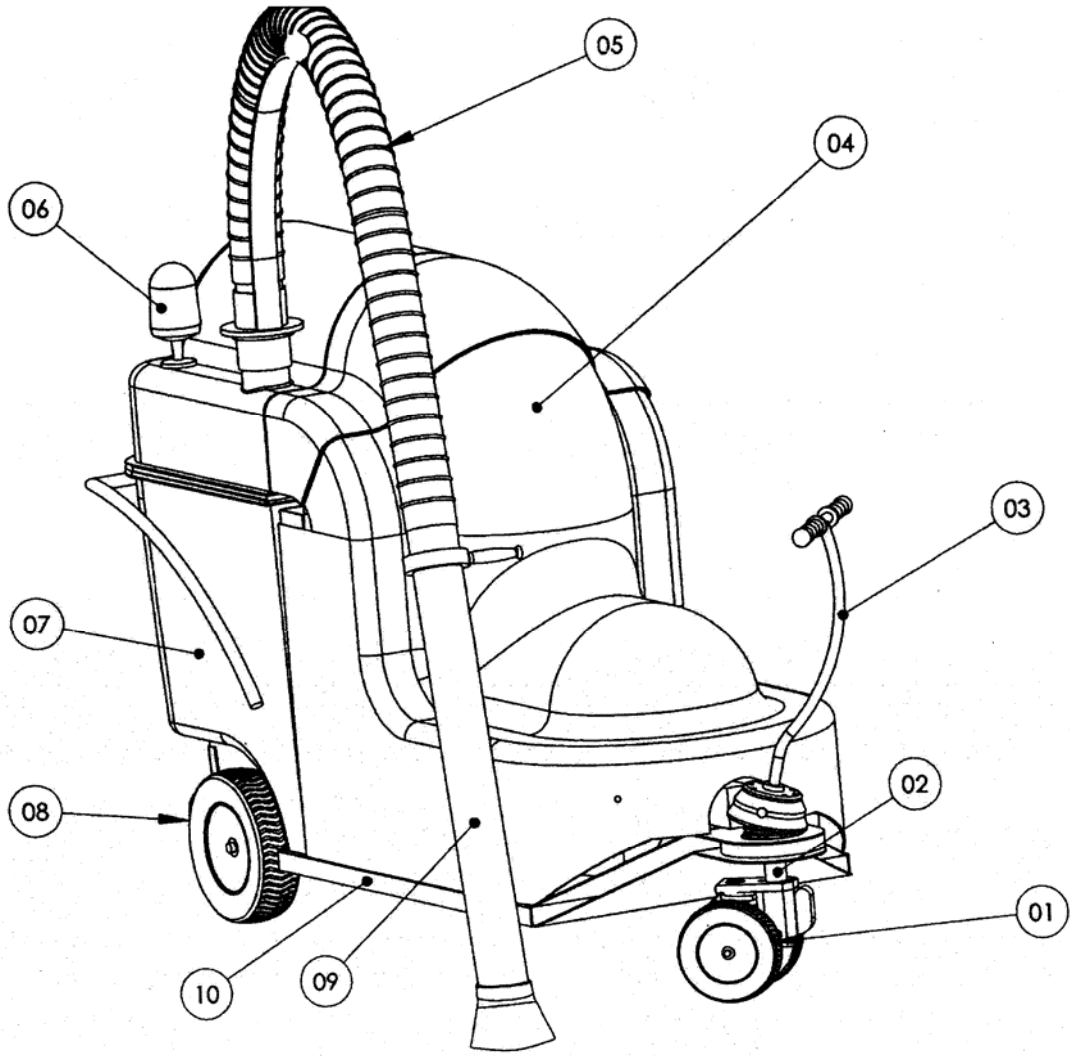
- Yerli üretim araçlar ile sadece düz ve geniş yollarda (aracın ebatlarından dolayı) kullanılabilen ve tam temizlik yapılamamaktadır.
- İthal araçlar daha düzgün ve planlı alanlarda ki toz, yaprak, ve izmarit gibi, küçük ve hafif çöpleri toplamada başarılı olabiliyor.

- Yerli üretim araçlar genellikle bir çekici yardımıyla hareket ettirilen ya da kamyon üzerinde monte edilerek en az iki kişi ile idare edilebilen, manevra kabiliyeti düşük araçlar mevcuttur. Geliştirilen küçük araçların çoğu ise çift motorlu (biri ilerleme biri fan için) veya tek motorla ve operatör tarafından ittirilen çöp hazneleri küçük ve hemen dolan, dar alanı süpüren yapıdadır. İlerlemenin motorla sağlandığı araçlarda ise tahrik kayış- kasnak ya da basit kavramalarla iletilmektedir. bu nedenle aracın hızlanması veya yavaşlaması düzgün ve tam kontrollü sağlanamamaktadır ayrıca herhangi bir otomatik frenleme sistemi olmadığından meyilli yerlerde mekanik bir el freni bu işi sağlamaktadır.ancak bu şekilde de park halindeki araçların altlarını ve ölü hacimlerin süpürmenin imkanı yoktur.
- Yurt dışından kaliteli araçlar ithal edildiğinde ülkemiz yol şartlarına pek uygun olmadığı için daha kısa ömürlü olmaktadır. Yedek parça sorunu dolayısıyla uzayan tamir/ bakım süreçleri temizlik firmalarını zor durumda bırakmaktadır.
- Yurt dışından ithal edilen araçlar oldukça yüksek maliyetlidir.Satış sonrası yedek parça , bakım masrafları da maliyeti artırmaktadır.
- Piyasadaki mevcut araçlar genelde çift motorludur. Buda yüksek maliyet, fazladan gürültü, aracın ağırlığının artması demektir.

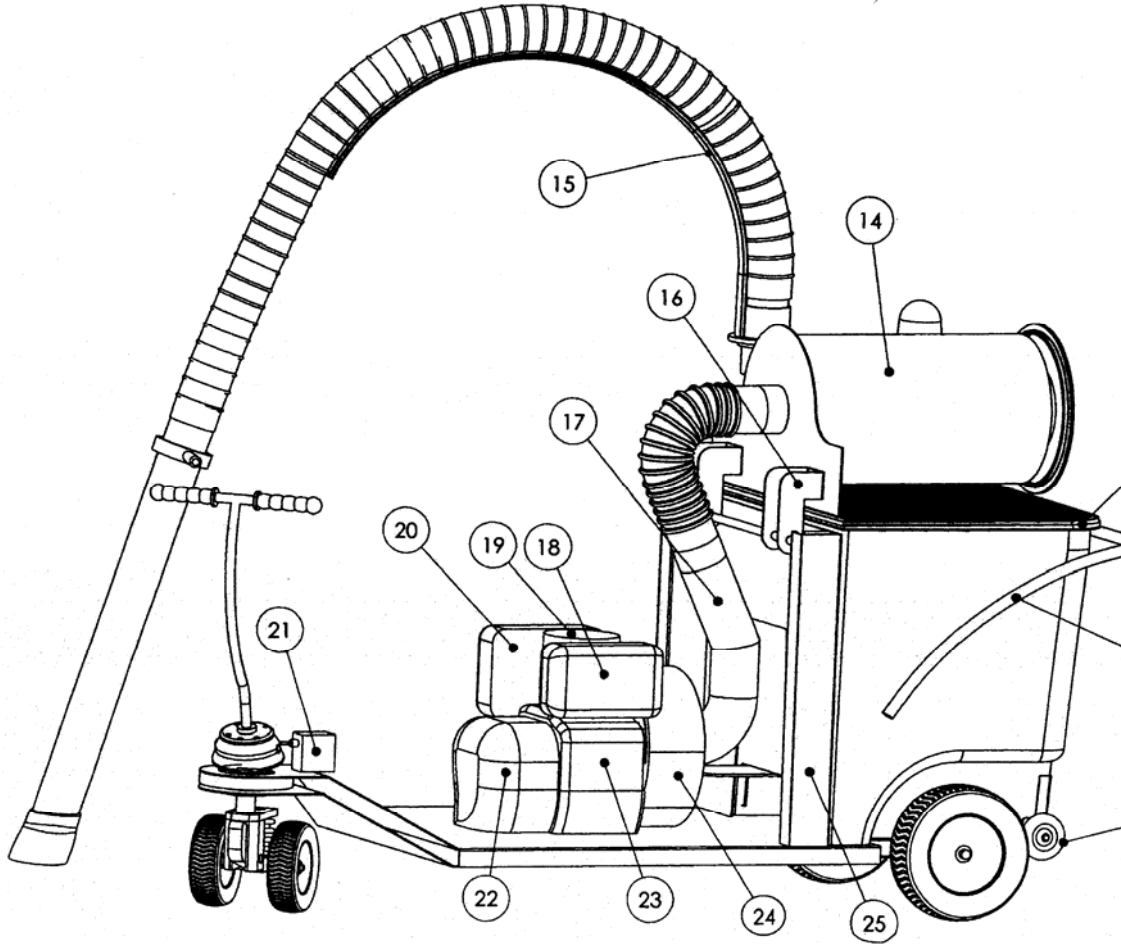
Geliştirilecek araçtaki tek motorla hem aracın ilerlemesi ve/veya manevra yapması hem de süpürme işlevini yerine getirmesi sağlanacaktır. Böylece araç tek bir operatörler kullanılabilir, aynı zamanda operatörün kas gücüyle temizlik esnasında aracı sağa-sola veya ileri/geri ittirilmesine gerek kalmayacaktır.

2.2. Süpürme Aracının Taslak Modeli

Geliştirilecek araca ait taslak tasarım Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de verilmiştir. Şekil 2.1’de ana şase (10) üzerindeki tüm elemanlar plastik ve/veya fiberglas malzemeden oluşan bir kaporta gövde (4) ile örtülmüştür. Kullanıcı bir direksiyon (3) aracılığıyla bu direksiyonun bağlı bulunduğu n dingil taşıyıcı ve direksiyon mili (2) ile irtibatlı n takım tekerleklerinin (1) yönünü değiştirebilmekte ve aracı istenen yönde hareket ettirebilmektedir. Şase üzerinde bir yol verme ve yön kontrol valfi (21) bulunmaktadır. Araç tarafından emilen çöpler bir çöp haznesinde (7) toplanmaktadır. Haznenin üzerinde bir sızdırmazlık contası (13) bulunmaktadır. Hazne dolduğunda tutamak (12) yardımıyla taşıyıcı çevirmekte, hem de çevirdiği hidrolik pompanın (22) oluşturduğu mekanik enerji ile arka iki tekerleği (8) tahrik ederek aracın kendi gücü ile ilerlemesini sağlamaktadır. Motor, yakıtını bir depodan (18) almakta ve yanma sonucu oluştan gazlar egzozdan (20) geçip filtre (19) zerinden dışarı atılmaktadır. Katı atıkların emiliminde kullanılan hava ise u aparatı (9) ve emme hortumundan (5) geçerek taőıdıėı çöpleri bıraktıktan sonra toz filtresinden (14) geçirilerek dışarı atılmaktadır. Emiş aparatı gerektiğinde değiştirilerek emme ağzı gerektiğinde küçültülüp gerektiğinde büyütülebilmektedir. Filtre tertibatı şase üzerindeki bir ara bölme (25) ve menteőe (16) ile gövdeye sabitlenmiőtir.



Şekil 2.1 Aracının taslak tasarımına göre genel görünüm

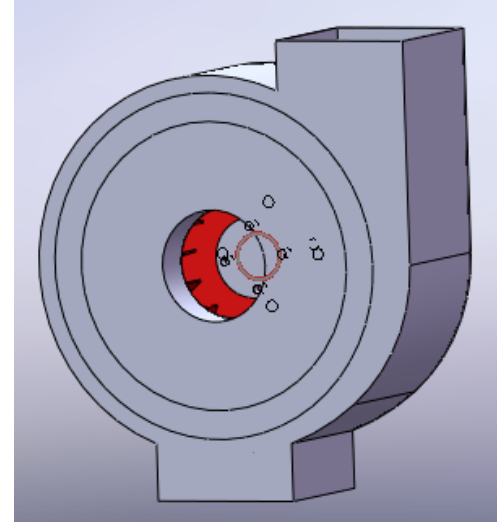
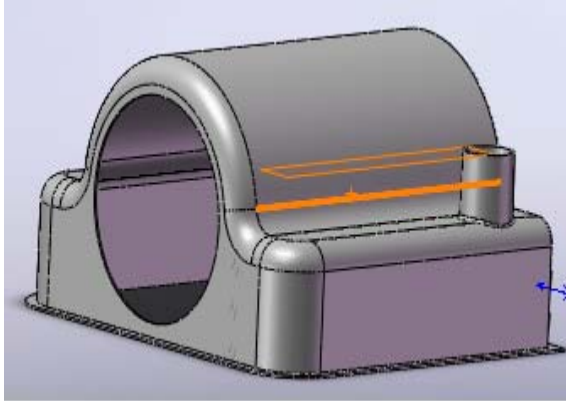
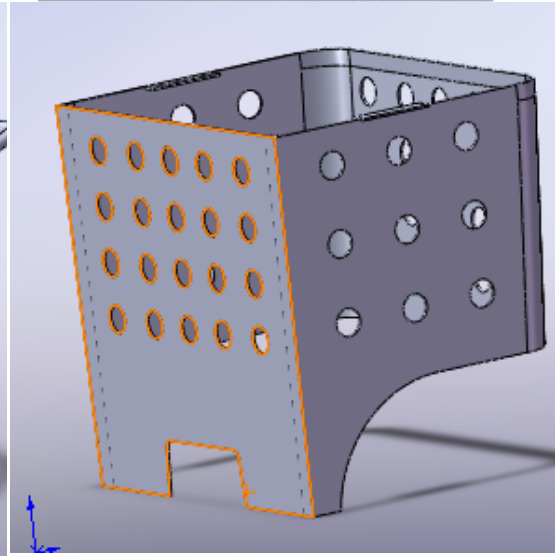
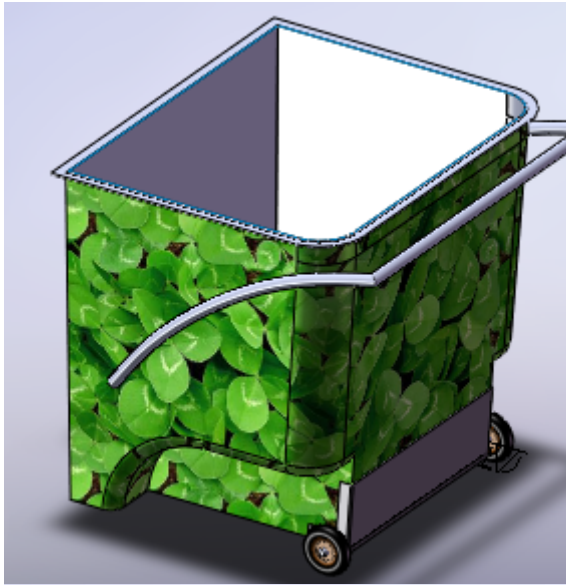
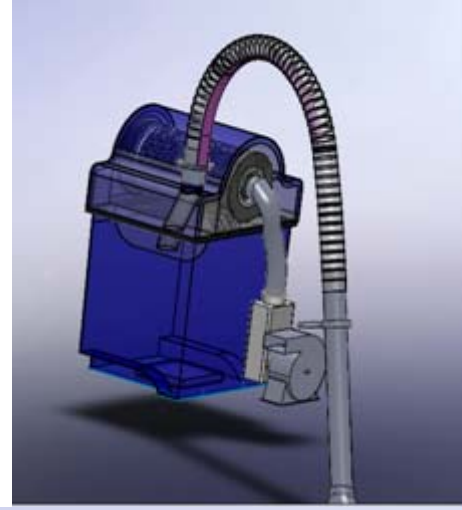
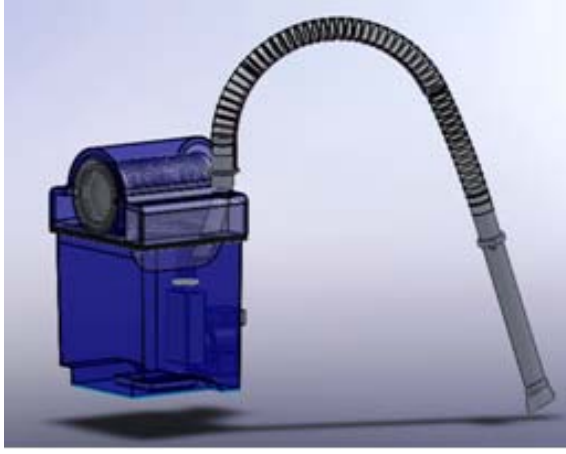


Şekil 2.2. Yol ve kaldırım süpürgesinin iç detaylar

2.3. Süpürme Ve Emiş Sistemi Tasarımı

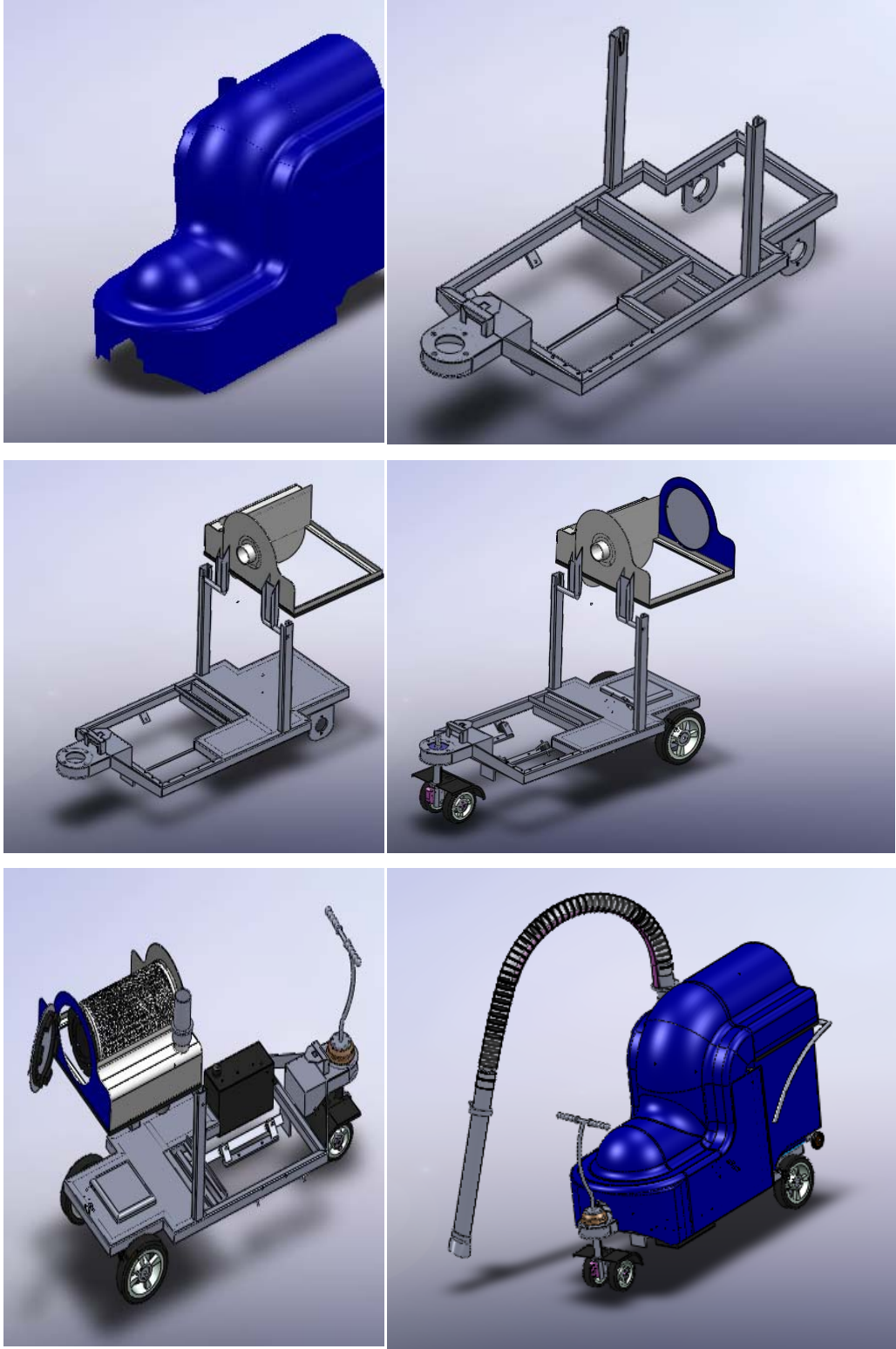
Vakumlama sisteminde en önemli materyal fandır. Yapılan hesaplamalar sonucunda verimli şekilde çalışacak ve düşük gürültü seviyesine sahip bir fan tasarlandı. Fan, SolidWorks programı kullanılarak modellenmiştir. Toplam 5 ana parçadan oluşan fan(Salyangoz, Kaplin, Giriş Borusu, Flanş, Çark) en geniş kesitte 520 mm dış çapa ulaşmaktadır. Çark 354 mm dış çapa 200 mm iç çapa sahiptir. Çark 3375 dev/dk hıza ve 1 m³/s hacimsel debiye sahiptir.

Emiş sistemi hortum, çöp kovası, iç poşet tutucu, uygun geometride çöp kovası kapağı, filtre sistemi ve fan takımından oluşmaktadır.



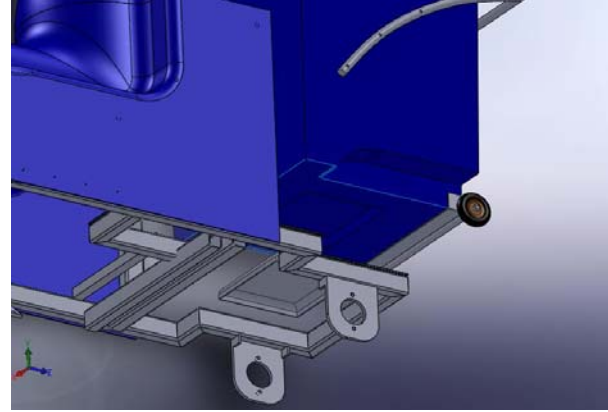
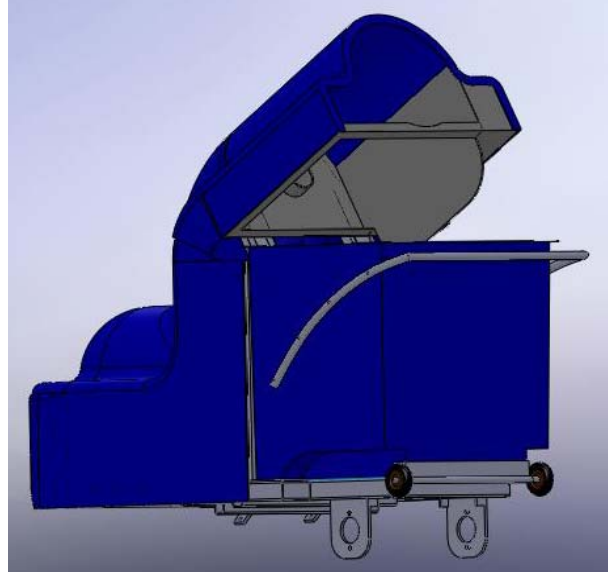
Şekil 2.3. Süpürme ve emiş sistem tasarımına ait modelden örnekler

2.4. Şase Ve Gövdenin Tasarımı



Şekil 2.4.Şase ve gövdenin tasarımına ait modelden örnekler

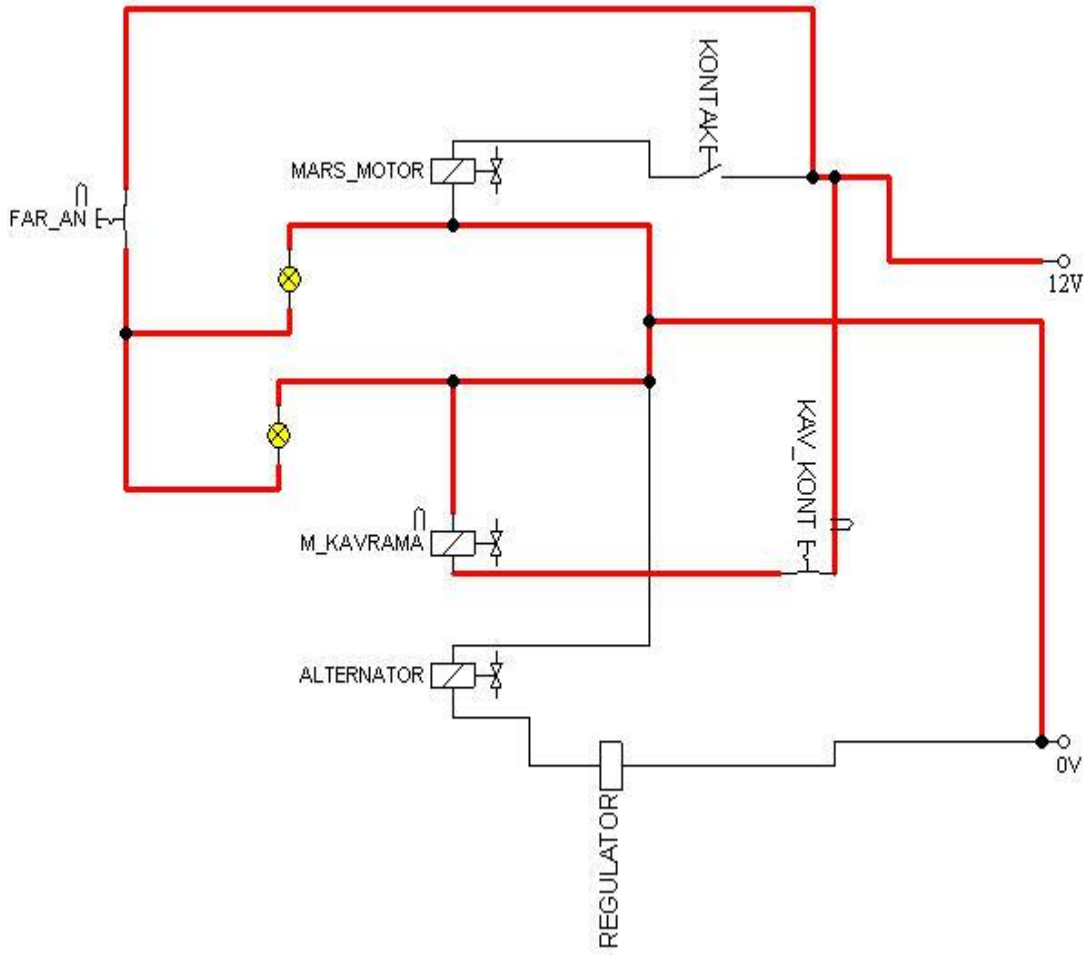
2.5. Boşaltma mekanizmasının tasarımı



Şekil 2.5.Boşaltma mekanizması tasarımına ait modelden örnekler

2.6. Elektrik Devresi Tasarımı

- Şarj sistemine elektronik regülâtör ilave edilerek motor çalıştığı sürece bataryanın düzenli şarj edilmesi planlandı.
- Marş sisteminin dış kabuktan operatör tarafından rahatlıkla kontrol edebileceği yere kontak anahtarı ve devresi yerleştirilmesi planlandı.
- Motorun sıcaklığını ölçmek için sıcaklık göstergesi ve devresi ilave edilmesi planlandı.



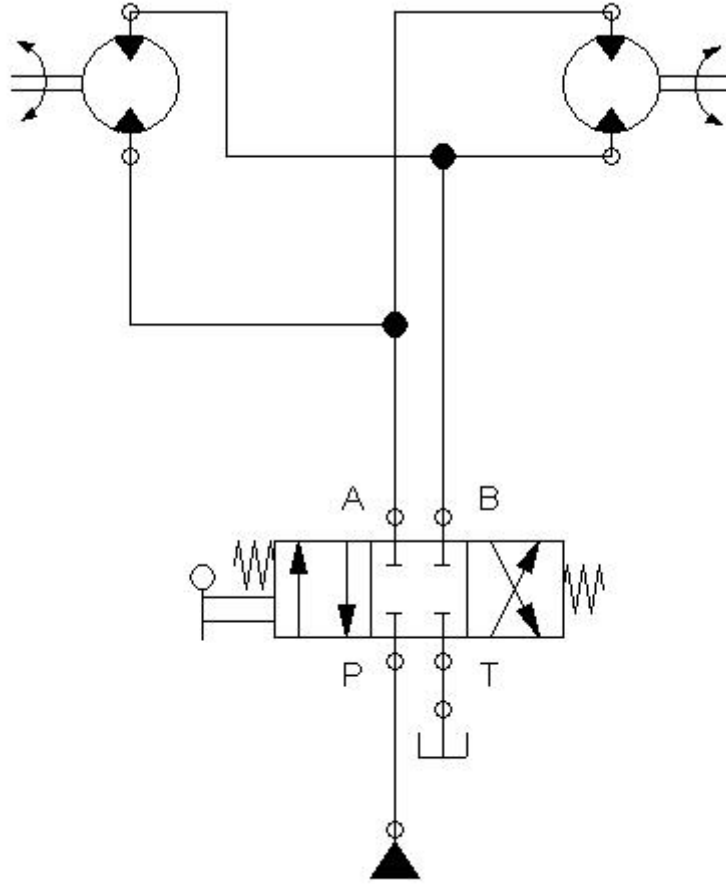
Şekil.2.6. Aracın elektrik-elektronik devre tasarımı.

- Motorun devrini ölçmek için devir göstergesi ve devresi ilave edilmesi planlandı.
- Sistemin çalışma zamanı ölçmek için çalışma zamanı göstergesi ve devresi ilave edilmesi planlandı.
- Vakum sisteminin sürekli çalışmasını engellemek için manyetik bir kavrama ve dış kumanda devresi ilave edilmesi planlandı.
- Aracın hareket alanını görebilmek ve aracın uzaktan fark edilebilmesini sağlamak için ön aydınlatma ve arka stop lambaları ve devresi oluşturulmalıdır.

2.7. Hidrolik Devre Tasarımı

Aracın dizel motoruna akuple edilmiş olarak gelen 10 lt/dk lık hidrolik pompadan gelen basıncı; yine aracın arka tekerleklerine montaj edilen Hidro motorlara (aracın yürüyüşünü sağlamak için) gönderebilmemiz için aracın tek tekerlekten yönlendirilmesini sağladığımız yönlendirme çubuğundan kumanda alabilecek şekilde 4/3 lük kapalı merkez bir yön kontrol valfi tasarlandı. Hidrolik pompa, yön kontrol valfi ve hidromotorlar arasında bağlantı; aracın hiçbir çalışma ortamından etkilenmeyecek şekilde ve çelik borular kullanılarak gerçekleştirilmesi sağlanacak.

Aracın dizel motoruna akuple edilmiş olarak gelen 10 lt/dk lık hidrolik pompadan gelen basıncı; yine aracın arka tekerleklerine montaj edilen Hidro motorlara (aracın yürüyüşünü sağlamak için) gönderebilmemiz için aracın tek tekerlekten yönlendirilmesini sağladığımız yönlendirme çubuğundan kumanda alabilecek şekilde 4/3 lük kapalı merkez bir yön kontrol valfi tasarlandı. Hidrolik pompa, yön kontrol valfi ve hidromotorlar arasında bağlantı; aracın hiçbir çalışma ortamından etkilenmeyecek şekilde ve çelik borular kullanılarak gerçekleştirilmesi sağlanacak.



Şekil 2.7. Aracın hidrolik devre tasarımı

2. 8. Gürültü İzolasyonuna Dönük Çalışmalar

Titreşimden dolayı gürültü oluşturabilecek parçaların gürültü oluşturmayacak şekilde görev yapabilmelerini sağlamak için sökülebilir (Cıvata v.b) bağlantıların, titreşimlerden dolayı sökülmemesi veya gevşememesi için tüm somunlar ve vidalar; vida sökülmelerini zorlaştıran bir yapıştırıcı ile sıkılacaktır. Bunların tamamında yaylı rondelâ ve fiberli somun kullanılarak istek dışı sökülmelerin önüne geçilecektir.

Sökülemez (Kaynak v.b.) bağlantıların ise aracın hareketinden dolayı rijitliğinin bozulmasından kaynaklanabilecek sökülmeleri önlemek amacıyla birleşim noktaları takviye edilecektir.

Özellikle motordan dışarıya çıkmakta olan mekanik parçaların gürültüsünü (Yaklaşık olarak 4 mt mesafeden 115 dB ~120 dB) etki tepki prensibinden yararlanarak (Gürültüye gürültüyle karşılık vererek) gürültünün belirli bölgede hapsolmesi sağlanacaktır. Bunu yaparken emiş için kullanılan havayı hidrofiltreden geçirerek temizledikten sonra hava soğutmalı dizel motorun üzerine yönlendirilecektir.

Böylece hem hava soğutmalı motorun soğutulmasına yardımcı olunacak ve aynı zamanda motor gürültüsünün motor çevresinde geriye doğru yönlenebilmesini (Gürültünün boğulması) sağlanmış olacaktır. Bununla beraber motorun dış hatlarına uygun olarak üst kaput (Kapak) imalatı tasarlandı.

Zaten vakum emişiyle boğulmakta olan motor gürültüsü bu kaputun üzerinde oluşturulan özel membran (35 mm yanmaz süngerli (ERNS 35) Yapışkanlı ve [0,25 Af] yapışkanlı) vasıtasıyla da absorbe edilerek gürültü seviyesi 80 dB seviyesine indirilmesi sağlanacaktır.

Özel membranlı kaputun üzerine de fiberclass tan hazırlanan gövde kısmı da giydirildiğinde 4 mt mesafeden 60 dB gürültü seviyesine indirilmiş olacaktır.

BÖLÜM 3. FAN HAKKINDA GENEL BİLGİLER

3.1. Fan Tipleri

Fan, göreceli olarak düşük basınç artışı sağlayan yüksek debili bir gaz pompasıdır.

Fanlar konstrüksiyonuna göre 3 gruba ayrılırlar;

- Eksenal Fanlar
- Dik akımlı Fanlar
- Merkezkaç Fanlar

Eksenal Fanlar: Hava akımı eksenal olarak girer ve eksenal olarak fanı terk eder. Fan gerisinde kılavuz kanatlar bulunur, kılavuz kanatlar sonunda, hız enerjisini basınç enerjisine dönüştürmek için difüzör bulunur.

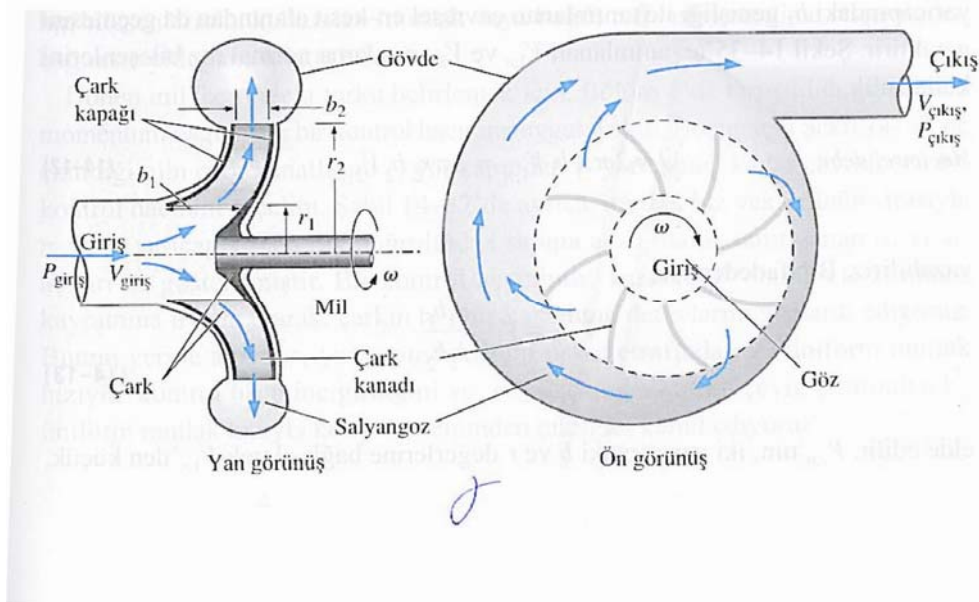
Dik Akımlı Fanlar: Bu tip fanlar nadir kullanılır. Merkezkaç fanlara benzer. Hava akımı mil eksenine diktir. Çark kanatları ileriye dönük durumda olup salyangoz bir difüzör görevi yapmaktadır[3].

Merkezkaç Fanlar: Bu tip fanlarda; akışkan, merkeze eksenal olarak (dönen mil ile aynı doğrultuda) girer ancak pompa gövdesinin dış çapı boyunca radyal (teğetsel) olarak terk eder.

Elektrik süpürgelerinde, mutfak davlumbazlarında, banyo havalandırma fanlarında, fırınlarda vb. olmak üzere evlerde örneği bulunmaktadır. Arabalarda ısıtıcının/klimanın üflecinde, sanayide bina havalandırma sistemlerinde soğutma kulelerinde gibi daha birçok yerde kullanım alanları mevcuttur.

Akışkan çarkın orta kısmından eksenal olarak girer ve ardından dönel kanatlara ulaşır. Burada çark kanatları tarafından yapılan momentum transferiyle teğetsel ve

radyal hız kazanan akışkan aslında dairesel hareketi sürdürecektir yeterli merkezciil kuvvetin bulunmaması durumunu ifade eden merkezkaç kuvvetleriyle ek radyal hız kazanır. Akış salyangoz gövdenin içerisine doğru radyal olarak dışarı savrulurken, hem basınç hem de hız kazanarak çarkı terk eder. Şekil 2.1 de gösterildiği gibi gövde amacı çark kanatlarının çıkış kenarlarını terk eden ve hızlı hareket eden akışkanı yavaşlatarak basıncını daha fazla artırmak ve kanat aralarından gelen akışları birleştirip genel bir çıkışa yönlendirmek olan salyangoz biçimindeki bir yayıcıdır. Aynı zamanda giriş ve çıkış çapları da aynıysa çıkıştaki ortalama akışkan hızı giriştekine eşit olur. Bu yüzden bir merkezkaç pompa içerisinde girişten çıkışa doğru artan hız değil basınçtır[2].



Şekil 3.1. Merkezkaç fanın yan ve ön görünüşleri

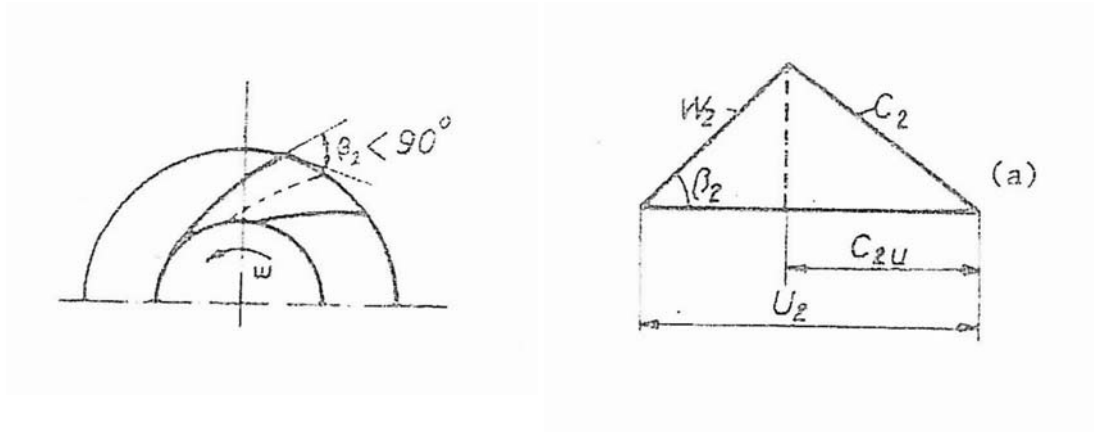
Bu tip salyangoz şekilli gövdesiyle tanınırlar. Mil, göbek, çark kanatları ve çark kapağından oluşan dönel gruba çark veya rotor denir. Fan kanatları, radyal, geriye dönük ve ileriye dönük olarak dizayn edilirler.

β_1 giriş açıları ve giriş üçgenleri aynı olan fakat β_2 çıkış açıları farklı olan kanatları ele alırsak, U_2 hızlarının aynı olmasına rağmen kanat şekilleri β_2 açısının durumuna göre değişir[3].

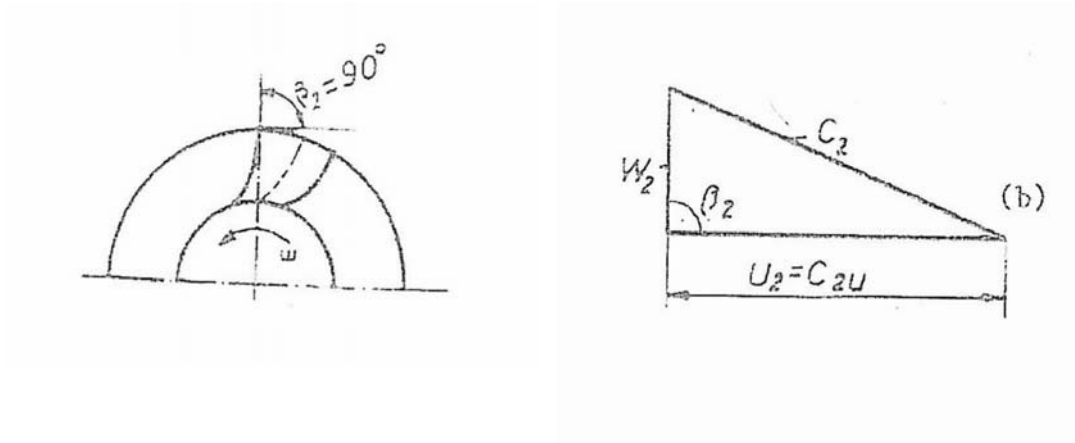
Geriye dönük kanatlarda çıkış açısı $\beta_2 < 90^\circ$

Radyal kanatlarda çıkış açısı $\beta_2 < 90^\circ$

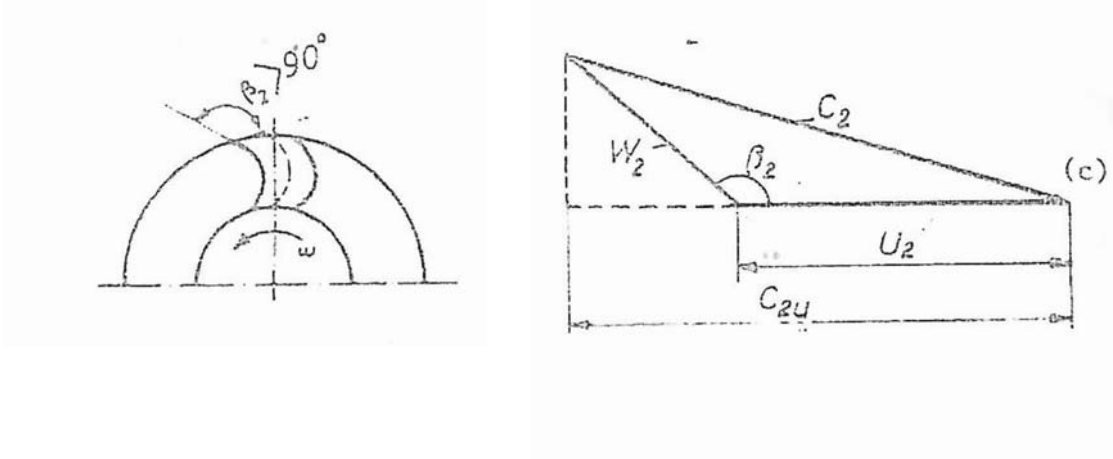
İleriye dönük kanatlarda çıkış açısı $\beta_2 < 90^\circ$



Şekil 3.2. Geriye dönük çarklarda β_2 açısının durumu



Şekil 3.3. Radyal çarklarda β_2 açısının durumu



Şekil 3.4. İleriye dönük çarklarda β_2 açısının durumu

Yönüne göre geriye dönük, radyal, ve ileri, dönük kanatlardaki çıkış üçgenlerinden

$$C_{2u} < U_2 \quad \beta_2 < 90^\circ$$

$$C_{2u} = U_2 \quad \beta_2 = 90^\circ$$

$$C_{2u} > U_2 \quad \beta_2 > 90^\circ$$

olabileceği görülmektedir.

3.2. Merkezkaç Fanın Dizaynı

3.2.1. Fanın temel büyüklük hesabı

3.2.1.1. Özgül devir sayısı (n_q) nın hesabı

1 m³/s debiyi 1 m yukarı basabilmesi için dönmesi gereken devir sayısına özgül devir sayısı denir.

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}} \quad (3.1)$$

15 kW	güce kadar	%15
15 kW	güçten sonra	%10

Kadar fazlalık eklenerek motor gücü bulunabilir. Elde edilen değerde veya daha yüksek değerde bir motor seçilir[1].

3.2.1.4. Verim hesabı (η)

Genel Verim: Fanın faydalı gücünün fan miline aktarılan güce oranıdır.

$$\eta = \eta_h \eta_v \eta_m \quad (3.3)$$

Hidrolik Verim (η_h): Çeper sürtünmeleri ile kesit ve yön değişimlerinin meydana getirdiği basınç düşürücü kayıplar hidrolik kayıplar olarak adlandırılır.

$$\eta_h = 1 - 0,42 \cdot (g \cdot d_{ired} - 0,172)^{-2} \quad (3.4)$$

d_{ired} :eşitlik sabiti [mm]

$$d_{ired} = 4 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{Q/n} \quad (3.5)$$

Volumetrik Verim (η_v): Dönel çark ile gövde arasında biri dönen biri sabit olduğundan mutlaka bir boşluğun olması gerekir. Bunu yanında çark girişi ile girişi arasında bir basınç farkı olduğundan dönel çarkın içinden geçen havanın bir kısmı salyangoz içindeki hava yolunu değiştirerek stator ve rotor arasındaki boşluktan tekrar fan içerisindeki düşük basınca doğru akar.Bu kaçak debi miktarıda volumetrik verimi etkileyecektir.

$$\frac{1}{\eta_v} = 1 + 0,287/n \cdot q^{2/3} \quad (3.6)$$

Mekanik Verim(η_m): Fanın motora direkt bağlı oluşunaV-kayışı,dışli kutusu irtibatına göre değişir.Genellikle $0,80 \leq \eta_m \leq 0,98$ değerleri arasında alınır[1].

3.2.1.5. Dönel çark mil çapı hesabı

Çark mili çapı d , milin aktardığı dönme momenti M_d ve mil malzemesinin emniyet mil gerilmesi τ_{em} yardımıyla hesaplanır. Mil çapı eşitliği;

$$d = \sqrt[3]{\frac{16.M_d}{\pi.\tau_{em}}} \quad (3.7)$$

şeklindedir. Bu eşitlikte $M_d = \frac{P_e}{n}$ olduğundan ve sabit değerler kök dışına çıkarıldığı takdirde;

$$d = c. \sqrt[3]{\frac{P_e}{n}} \quad (3.8)$$

eşitliği elde edilir. Emniyet gerilmesine bağlı olarak değişen c katsayısı aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3.1 τ_{em} ' bağılı c katsayısı

τ_{em}	Bar	100	150	200	300	400
c	-	17,1	14,9	13,6	11,8	10,8

Mil hesabında bu değerlerin kullanılması öngörülmüştür. Genel olarak mil çeliği kullanılmalıdır. Bazı durumlarda Çelik elektroliz yoluyla kaplanmış çelik kullanılır. Mil çapının ilk hesabında $\tau_{em} = 200-400$ bar sınırları arasında alınması tavsiye edilmektedir. Hesap sonucu bulunan mil çapının norm yani standart çapa uyması ekonomiklik yönünden tavsiye edilir. Standart mil çapları ise mm olarak 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100...şeklindedir[1].

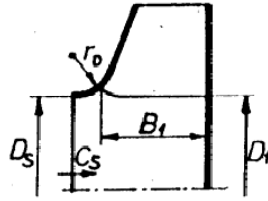
3.2.2. Fanı meydana getiren elemanların hesabı

3.2.2.1. Fan giriş çapı (D_e)

Fanın bastığı debi Q dönel çarka girerken, kaçak debi adını verdiğimiz (ΔQ) debisini de çark içine sürükler, böylece çark içinden geçen debi, Q' = Q + ΔQ olarak ifade edilir. Çark içerisindeki Q' debisinin bir kısmı salyangoz içindeki akış yolunu değiştirerek stator ve rotor arasında ki açıklıktan tekrar fan içine daha düşük basınca doğru akar.

$$Q' = Q + \Delta Q = \frac{Q}{\eta_v} \text{ m}^3/\text{s} \quad (3.9)$$

Düz kanat giriş ve D₁ giriş çapının gösterildiği gibi Şekil 3.6 görüldüğü gibi (D_e) çapındaki alandan C_e hızı ile giren debiye bağlı olarak ,



Şekil 3.6. Düz kanat giriş ve D₁ çapının gösterilmesi

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot Q'}{\pi \cdot C_e}} \quad (3.10)$$

formülüyle hesaplanır. C_e emme hızı, D_e emme çapıdır.

$$C_e = \varepsilon \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (\text{emme ağızındaki hız}) \quad (3.11)$$

Akış sayısı (ε) : Yüksek verimli radyal akımlı , çeşitli n_q değerlerindeki birçok fan tipleri deney tezgahlarında denerek akış sayıları bulunur. Genellikle;

$$n_q < 30 \text{ için } \dots \dots \dots \varepsilon = 0,1-0,3$$

$$n_q > 30 \text{ için } \dots \dots \dots \varepsilon = (0,26-0,64) \left(\frac{n_q}{100} \right)^{1/3}$$

şeklinde saplanır. Ancak.fan veriminin yüksek tutulması halinde yukarıdaki bağlantılar geçerli sayılır.

Yukarıdaki bağıntılar,su pompaları içinde kullanılmaktadır. Sıkışmayan akışkanlarla çalışan radyal akımlı pompalarda alt değerler alınır. Fanlarda sıkışabilen hava akımı olduğu için üst değerler alınmalıdır.

Örneğin,su pompası $n_q=20$ olarak dizayn edilecekse $\varepsilon= 0,1$ alınabilir. Halbuki $n_q=20$ olarak dizayn edilen bir fanda $\varepsilon= 0,3$ olarak alınması gerekir[1].

Radyal fanlarda genelde ;

$$\varepsilon=(0,55)\left(\frac{n_q}{100}\right)^{1/3} \quad (3.12)$$

şeklinde hesaplanır.

3.2.2.2. Çark giriş çapı (D_1)

Çark Giriş çapı D_1 genel olarak emme kenarı çapı D_e den biraz büyük alınabilir.

3.2.2.3. Kanat giriş eni (B_1)

Süreklilik denklemini ele alınırsa kaçak debi ile birlikte çark içine giren debi toplamı Q' olarak saptanır. Sürekli olarak giren akımın ortalama hızını kanat yönünde (C_{om}) olarak ifade edelim buna göre;

$$Q' = \pi \cdot D_1 \cdot B_1 \cdot C_{om} \quad (3.13)$$

$$B_1 = \frac{Q'}{\pi \cdot D_1 \cdot C_{om}} \cdot m \quad (3.14)$$

(m): hız oranı olarak adlandırılır.Bu oran aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$m = \frac{C_{om}}{C_e} = 0,5 \cdot \left(\frac{100}{n_q}\right)^{1/6} \quad (3.14)$$

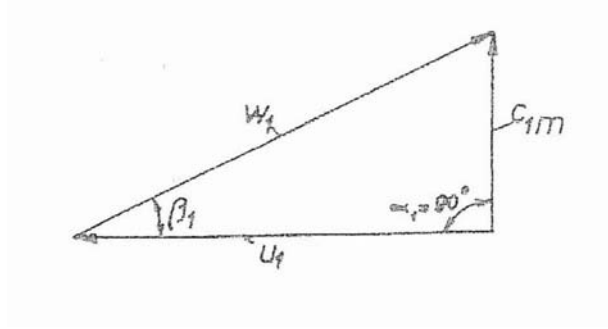
3.2.2.4. Kanat giriş açısı (β_1) hesabı

Giriş radyal ise ve hiçbir çarpma mevcut değilse giriş üçgeni şekildeki gibi çizilir.

Giriş üçgeninde $\alpha = 90^\circ$ olduğu için;

$$u_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} \quad (3.15)$$

$$\tan \beta_1 = \frac{C_{m1}}{u_1} = \frac{C_{om}}{\xi \cdot u_1} = \frac{C_{0s} \cdot m}{\xi \cdot u_1} \quad (3.16)$$



Şekil 3.7. Radyal giriş üçgeni

Kanat önündeki ortalama meridiyenel giriş hızıdır. Ancak kanat kalınlığından dolayı daralma olacağından kanala giriş artacaktır.

ξ sayısına daralma faktörü denir ve $\xi = C_{om} / C_{1m}$ şeklinde hesaplanır.

3.2.2.5. Kanat sayısı hesabı (z)

$$z = K \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_2 + \beta_1}{2} \quad (3.17)$$

K=3 ile 8 arasında seçilebilir. Buna göre;

$$z = (3 - 8) \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_2 + \beta_1}{2}$$

3.2.2.6. Çark çıkış çapı (D_2)

$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n} \quad (3.18)$$

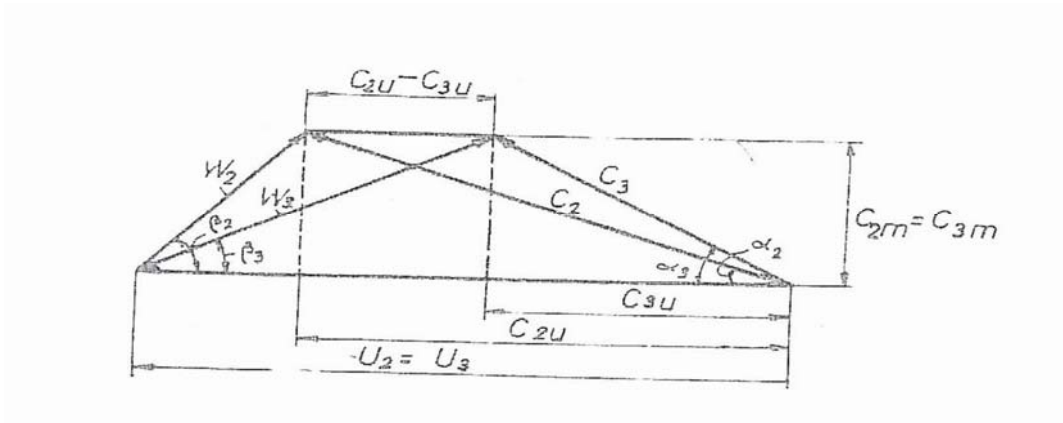
Aşağıdaki formülle bulunan U_2 yukarıdaki denklemde yerine konulursa D_2 çıkış çapı hesaplanır. ψ değeri (n_q) sayısına uygun olarak grafikten bulunur.

$$U_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{\psi}} \quad (3.19)$$

3.2.2.7. Dönel çark çıkış açısı (β_2)

$$\tan \beta_2 = \frac{C_{m2}}{u_2 - C_{2u}} \quad (3.20)$$

$$C_{2u} = U_2 - \frac{C_{m2}}{\tan \beta_2}$$



Şekil 3.8. Radyal çıkış üçgeni

3.2.2.8. Radyal girişli fanlarda güç azalma faktörü (μ)

$$\Delta P_{th} = \mu \cdot \Delta P_{th\infty} \quad (3.21)$$

$$\mu = \frac{\Delta P_{th}}{\Delta P_{th\infty}} = \frac{\rho \cdot U_2 \cdot C_{3u}}{\rho \cdot U_2 \cdot C_{2u}} = \frac{C_{3u}}{C_{2u}} \frac{1}{1 + \frac{2\psi'}{z \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]}} \quad (3.22)$$

$$\psi' = (0,65 - 0,85) \cdot \left(1 + \frac{\beta_2}{60} \right) \quad (3.23)$$

Yukarıdaki bu formül Pfleiderer'e göre geriye dönük kanatlarla dizayn edilen ve salyangoz tipindeki gövde içinde çalışan çarklar için kullanılırsa iyi sonuç vereceği belirtilmiştir.

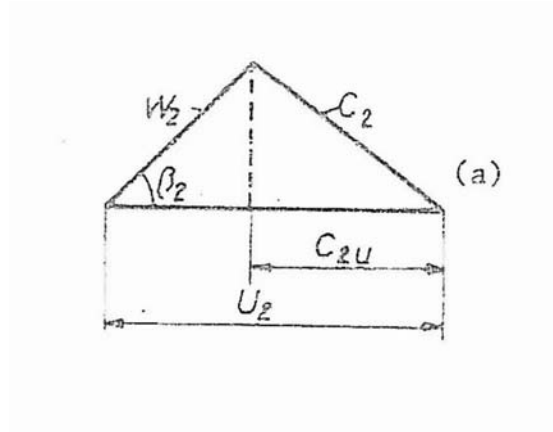
3.2.2.9. Sonsuz derecede ince ve sonsuz sayıdaki kanatlar arasında akan sürtünmesiz akışla sağlanabilecek teorik basma yüksekliği ($H_{th\infty}$)

Sonsuz incelikteki sonsuz sayıdaki kanat için, Euler denklemi adıyla da anılan radyal girişteki teorik sonsuz basınç denklemini ele alalım.

$$\Delta P_{th\infty} = \rho \cdot C_{2u} \cdot U_2 \quad (3.24)$$

$$H_{th\infty} = \frac{\Delta P_{th\infty}}{\gamma} = U_2 \cdot C_{2u} \cdot \frac{1}{g} \quad (3.25)$$

C_{2u} hız bileşenini çıkış üçgeninde gösterelim.



Şekil 3.9.Radyal çıkış üçgeni

$$\tan \beta_2 = \frac{C_{2m}}{U_2 - C_{2u}} \quad \text{ve buradan} \quad (3.26)$$

$$C_{2u} = U_2 - \frac{C_{2m}}{\tan\beta_2},$$

$$U_2^2 - \frac{U_2 \cdot C_{2m}}{\tan\beta_2} - g \cdot H_{th\infty} = 0 \text{ denklemi çözümlerse,} \quad (3.27)$$

$$U_2 = \frac{C_{2m}}{\tan\beta_2} \mp \sqrt{\left(\frac{C_{2m}}{2 \cdot \tan\beta_2}\right)^2 + g \cdot H_{th\infty}} \text{ m/s} \quad (3.28)$$

Şeklinde denklemin kökleri bulunur. Hız negatif kabul edilemeyeceğinden (-) işaretinin bir anlamı yoktur.

$$\frac{C_{3u}}{C_{2u}} = \frac{H_{th}}{H_{th\infty}} \text{ olduğundan,} \quad (3.29)$$

$$H_{th\infty} = \frac{H_{th} \cdot C_{2u}}{C_{3u}} \text{ yazılabilir.} \quad (3.30)$$

$$H_{th} = \frac{H}{\eta_h} \text{ olarak yerine yazılırsa,} \quad (3.31)$$

$$H_{th\infty} = \frac{C_{2u}}{C_{3u}} \cdot \frac{H}{\eta_h} \text{ elde edilir.} \quad (3.32)$$

3.3. Salyangoz Gövde Hesabı

Radyal akımlı vantilatörlerin salyangoz gövdelerinin yan tarafları paralel yüzlü yapılıdır. Yani tarafların böyle düz şekilde imli ile hem iyi bir verim sağlanır. hem de konstrüksiyon çok daha basitleşir. Bununla beraber değişik çeşitli salyangoz gövdeleri mevcuttur. Salyangoz gövdeyi hesaplarırken önce gövde içinde hareket eden hava hızının momentinin sabit olduğu açıklayalım. Akışkanlar mekaniğinden bilindiği gibi (dm) kütleindeki havanın merkezkaç kuvvetle savrulması halinde;

Merkezkaç kuvvet:

$$dF = dM \cdot \frac{c_u^2}{r} \quad \text{denklemini yazmak yeterlidir.} \quad (3.33)$$

Burada kütle;

$$dM = Bdr \cdot rdQ \cdot \frac{\gamma}{g} \quad (3.34)$$

Yukarıdaki şekilde elemanın alanı “dr.rQ” olup yüksekliği “B” olarak kabul edilirse, hacmi “Bdr.rdQ” olur.

$$\text{Merkezkaç kuvvet:} \quad dF = Bdr \cdot rdQ \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{c_u^2}{r} \quad (3.35)$$

$$\text{Basınç:} \quad dP = \frac{dF}{BrdQ} = \frac{c_u^2}{r} dr \quad \text{ve} \quad \frac{\gamma}{g} = \rho \quad (3.36)$$

$$\frac{dP}{dr} = \frac{\gamma}{g} \cdot \frac{c_u^2}{r} \quad (3.37)$$

Ayrıca aynı düzlemden geçen bir akım çizgisi boyunca Bernoulli denklemini uygulursak;

$$z + \frac{P}{\gamma} + \frac{c_u^2}{2g} = \text{sabit} \quad (3.38)$$

diferansiyeli,

$$dz + \frac{P}{\gamma} + \frac{2 \cdot c_u \cdot dc_u}{2g} = 0 \quad dz=0 \text{ (aynı düzlemde) alınarak,} \quad (3.39)$$

$$\frac{P}{\gamma} = \frac{2c_u \cdot dc_u}{2g} \text{ yazılır.}$$

$$\frac{dr}{r} + \frac{dc_u}{c_u} = 0 \quad (3.40)$$

Yukarıdaki ifadenin integrali alınarak,

$$r_1 \cdot c_{1u} = r_2 \cdot c_{2u} = \text{sabit} \quad (3.41)$$

Aksiyel bir simetri ,ile $c_u=f(r)$ olarak da hız değişimi bir hiperbol üzerinde gösterilir.

Hızın momenti sabit olduğuna göre ve döner kanatları terk eden havanın çevre hızı yönündeki hız bileşeni c_{3u} olarak ifade edildiğine göre,

$C_{3u} \cdot r_2 =$ sabit ve sabit sayıyı işlem yapmak için (C)ile gösterelim.

$$c_{3u} = \frac{C}{r_2} \text{ şeklinde yazılır.} \quad (3.42)$$

Salyangoz spirali başlangıcını (Z) ile gösterelim. (Z) noktasından (θ) radyan kadar ilerleyelim, dönüş yönünde a noktasına varınca, b merkezinden (r_a) kadar uzakta olduğumuz için Bdr kesitinden gečen hız $c_u = \frac{C}{r}$ olarak gösterilir.

Spiral (θ) radyan dönünce (r_z) yarıçapından (r_a) yarıçapına gelir.

$$\Delta Q_\theta = \int_{r_z}^{r_a} B dr \cdot c_u = B \cdot C \cdot \int_{r_z}^{r_a} \frac{dr}{r} = b \cdot C \cdot \ln \frac{r_a}{r_z} \quad (3.43)$$

(θ) radyan dönerek döner çarktan elde edilen debi,

$$\Delta Q_\theta = \frac{\theta}{2\pi} \cdot Q' \quad (3.44)$$

bağıntısıyla belirtilir.

$$B \cdot C \cdot \ln \frac{r_a}{r_z} = \frac{\theta}{2\pi} \cdot Q' \quad (3.45)$$

$$\ln \frac{r_a}{r_z} = \frac{Q'}{B \cdot C \cdot 2\pi} \cdot \theta \quad (3.46)$$

Bu denklemde ;

$$C = r_2 \cdot c_{3u} = \frac{g \cdot H_{th}}{U_2} \cdot r_2 \quad (3.47)$$

Yazılarak spiralin şekli (θ) ya bağlı olarak tayin edilir.

Tablo 3.2. Salyangoz çapı hesap açıları

φ	0	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π
-----------	---	---------	-------	----------	--------

Radyan değerleri verilerek salyangoz çizilir. $r_z > r_2$ alınması gürültüyü minimuma indirmek bakımından $r_z = r_2 + 25$ mm olarak alınması gürültüyü azaltır.

$B = (3-6)$. B_2 olarak alınmalıdır[5].

3. 4. Fanın Projelendirilmesi

Aracın Fanına Ait Karakteristikler

$H = 420$ mmSS

Debi (Q) = $3600 \text{ m}^3/\text{h} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$

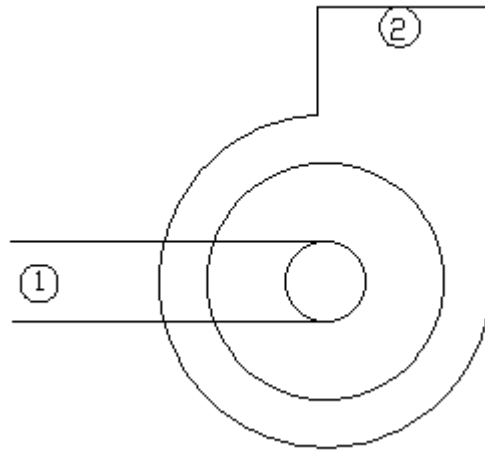
Devir Sayısı (n) = 3375 d/d

Havanın Özgöl Ağırlığı $\rho = 1.2 \text{ kg/ m}^3$

Yapılan Kabuller

$\beta_1 = \beta_2 = 80^\circ$ kabul ettik. (Vakumlu süpürme araçlarındaki dönel çark kanatlarında genelde kabul edilen bir değer)

$d_1/d_2 = 0.56$ kabul ettik. $d_1/d_2 = (0,5 - 0,6)$ arasında bir değer alınabilir.



Şekil 3.10. Salyangozun şematik gösterimi

1-2 noktaları arasında enerji denklemini uygulayalım.

$$P_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_1^2 + \gamma \cdot z_1 + \Delta P_{fan} = P_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_2^2 + \gamma \cdot z_2$$

$d_1 \cong d_2$ alınarak $V_1 \cong V_2$

$z_2 - z_1 \cong 0$ kabul edilerek;

$$\Delta P_{fan} = P_2 - P_1 + \gamma(z_2 - z_1) \cong P_2 - P_1 = \gamma \cdot H$$

3.4.1. Basma yüksekliği (H)

$$H_{ss} \cdot \rho_{su} = H_{hy} \cdot \rho_{hava} \quad (3.48)$$

$$H_{hy} = \frac{H_{ss} \cdot \rho_{su}}{\rho_{hava}} = \frac{0,42(m) \cdot 1000 \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{1,2 \left(\frac{kg}{m^3}\right)} = 350 \text{ mHava yüksekliği}$$

3.4.2. Özgül devir sayısı (n_q)

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{H_m^{3/4}} = \frac{3375 \cdot \sqrt{1}}{350^{3/4}} = 41,7 \text{ d/d}$$

3.4.3. Verim (η)

$$\eta = \eta_h \eta_v \eta_m \quad (\text{Toplam Verim})$$

$$\eta_h = 1 - 0,42 \cdot (g \cdot d_{ired} - 0,172)^{-2} \quad (\text{Hidrolik Verim})$$

$$d_{ired} = 4.10^3. \sqrt[3]{Q/n} = 4.10^3. \sqrt[3]{\frac{1}{3375}} = 266,6 \text{ mm}$$

$$\eta_h = 1 - 0,42. (g. d_{ired} - 0,172)^{-2} = 0,99$$

$$\frac{1}{\eta_v} = 1 + 0,287/nq^{\frac{2}{3}} = 0,97 \quad (\text{Volumetrik Verim})$$

Mekanik verimi $\eta_m = 0,90$ kabul ettik.

Böylece $\eta = 0,88$

3.4.4. Fan kanatlarından geçen debi

$$Q' = \frac{Q}{\eta_v} = 1,13 \text{ m}^3 / \text{s}$$

3.4.5. Akış sayısı (ε)

$$\varepsilon = (0,55). \left(\frac{n_q}{100} \right)^{1/3} = 0,41$$

3.4.6. Emme hızı (C_e)

$$C_e = \varepsilon. \sqrt{2. g. H} = 0,41. \sqrt{2. 9,81. 350} = 33,96 \text{ m/ s}$$

3.4.7. Emme çapı (D_e)

$$D_e = \sqrt{\frac{4. Q'}{\pi. C_e}} = \sqrt{\frac{4. 1,13}{\pi. 33,96}} = 0,201 \text{ mm}$$

3.4.8. Çark giriş çapı (D_1)

$D_1 = D_e = 200 \text{ mm}$ aldık.

3.4.9. Çark çıkış çapı (D₂)

$d_1/d_2 = 0,56$ kabulünden dolayı; $D_2 = 0.354 \text{ m} = 354 \text{ mm}$ dir.

$$U_2 = \frac{\pi \cdot n \cdot D_2}{60} = 62,55 \text{ m/s}$$

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{U_1}{U_2}$ olduğundan $U_1 = 35,34 \text{ m/s}$

3. 4.10. Hız oranı (m)

$$m = \frac{C_{om}}{C_e} = 0,5 \cdot \left(\frac{100}{n_q}\right)^{1/6} = 0,5 \cdot \left(\frac{100}{41,7}\right)^{1/6} = 0,56$$

Hız oranına bağlı olarak ; $C_{om} = 19,65 \text{ m/s}$

3.4.11. Kanat Giriş Eni (B₁)

$$B_1 = \frac{Q'}{\pi \cdot D_1 \cdot C_{om}} \cdot m$$

$$B_1 = \frac{1.13}{\pi \cdot 0,2 \cdot 19,65} = 90 \text{ mm için geçerlidir.}$$

Kanat çıkış eni başta yaptığımız kabulden dolayı $B_2 = B_1 = 90 \text{ mm}$

3. 4.12. Kanat sayısı hesabı (z)

$$z = K \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_2 + \beta_1}{2}$$

K=3 ile 8 arasında seçilebilir. Buna göre;

$$z = (3 - 8) \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \cdot \sin \frac{\beta_2 + \beta_1}{2} = (3 - 8) \cdot \frac{0,354 + 0,2}{0,354 - 0,2} \cdot \sin \frac{80 + 80}{2} = 14$$

3.4.13. Sonsuz derecede ince ve sonsuz sayıdaki kanatlar arasında akan sürtünmesiz akışla sağlanabilecek teorik basma yüksekliği ($H_{th\infty}$)

$$\mu = \frac{C_{3u}}{C_{2u}} = \frac{1}{1 + \frac{2,1,75}{z \cdot \left[1 - \left(\frac{200}{354} \right)^2 \right]}} = 0,731$$

$$\psi' = (0,75) \cdot \left(1 + \frac{80}{60} \right) = 1,75$$

$$H_{th} = \frac{H}{\eta_h} = \frac{350}{0,99} = 353,5$$

$$H_{th\infty} = \frac{353,5}{0,731} = 483,63$$

3.4.14. Meridyen hız bileşenleri (C_m)

Girişteki meridyen hız bileşeni;

$$C_{1m} = \frac{C_{om}}{\xi} = \frac{19,65}{0,93} = 21,13 \text{ m/s}$$

Çıkıştaki meridyen hız bileşeni;

$$C_{2m} = (0,6\sim 0,8) \cdot C_{1m} = 0,6 \cdot 21,13 = 12,678 \text{ m/s}$$

3. 4.15. Fan mil gücü hesabı (P_m)

$$P_m = 1,2 \cdot 9,81 \cdot 350 \cdot 1 \cdot 0,88 = 4682,04 \text{ W} = 4,68 \text{ kW}$$

3. 4.16. Fanı çeviren motor gücü hesabı (P_e)

$P_m > 4$ olduğundan $P_e = 1,15 \cdot P_m$ olmalıdır.

$$P_e = 5,38 \text{ kW}$$

3.5. Aracın Güç İhtiyacının Belirlenmesi

3.5.1. Yuvarlanma direnci

$$R_y = W_1 \cdot f_y$$

$$f_y = 0,03 \text{ (En bozuk yol için)}$$

$$R_y = 195 \cdot 9,81 \cdot 0,03 = 57,38 \text{ N}$$

3.5.2. Aerodinamik direnç

$$R_a = \frac{1}{2} \rho_{\text{hava}} \cdot C_D \cdot A \cdot V_{\text{izafi}}^2$$

$$\rho_{\text{hava}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{taşıtmaz}} = 10 \text{ km/h} \approx 2,78 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{rüzgar}} = 50 \text{ km/h} \approx 13,89 \text{ m/s}$$

$$C_D = 0,3 \text{ seçelim}$$

$$A = 0,95 \text{ m}^2$$

$$R_{\alpha} = 1/2 \cdot 1,2 \cdot 0,3 \cdot 0,95 \cdot (2,78 + 13,89)^2 = 47,5 \text{ N}$$

3.5.3. Yokuş direnci

$$R_{\text{yokuş}} = W_t \cdot \sin \alpha$$

$$A_{\text{max}} = 20^{\circ} \text{ (Eğim açısı) olsun}$$

$$R_{\text{yokuş}} = 195 \cdot \sin 20 \cdot 9,81 = 607 \text{ N}$$

3.5.4. Toplam direnç kuvvetleri

$$R_{\text{toplam}} = R_y + R_{\alpha} + R_{\text{yokuş}}$$

$$= 57,38 + 47,5 + 607 = 712 \text{ N}$$

3.5.5. Yol gücü

$$P_{\text{yol}} = R_{\text{toplam}} \cdot V_{\text{taşıt}}$$

$$= 712 \cdot 2,78 = 1979 \text{ W} = 2 \text{ kW}$$

3.5.6. Toplam Güç

$$P = P_{\text{yol}} + P_{\text{fan}} = 2 + 5,38 = 7,38 \text{ kW} = 9,88 \text{ hp}$$

3.6. Salyangoz Gövde Hesaplamaları

3.6.1. B akım yönüne dik salyangoz eni olmak üzere BxB alanından geçen ortalama hız

$$C = \frac{g \cdot H_{\text{th∞}} \cdot \left(\frac{C_{3u}}{C_{2u}}\right) \cdot r_2}{U_2} = \frac{9,81 \cdot 483,63 \cdot 0,731 \cdot 0,177}{62,55} = 9,814 \text{ m/s}$$

3.6.2. Akım yönüne dik salyangoz eni

$$B = (3 - 6) * b_2 = 5 * 0,9 = 0,45 \text{ m}$$

3.6.3. Gürültüyü azaltmak için (r_a)

$$r_a = 177 + 25 = 202 \text{ mm}$$

3.6.4. Salyangoz çapları

$$\ln \frac{r_a}{r_2} = \frac{Q' * \theta}{B * C * 2 * \pi} = \frac{1,13 * \theta}{0,45 * 9,814 * 2 * \pi} = 0,040 * \theta$$

Tablo 3.3. ϕ Açısına bağlı olarak salyangoz yarıçapları

θ	0	$\pi/2$	π	$3\pi/2$	2π
$\ln \frac{r_a}{r_2}$	0	0,0628	0,1256	0,1885	0,251
$\frac{r_a}{r_2}$	1	1,0648	1,133	1,207	1,285
$r_a = r_2 + 25$	202	-----	-----	-----	-----
r_a	202	215	229	244	260

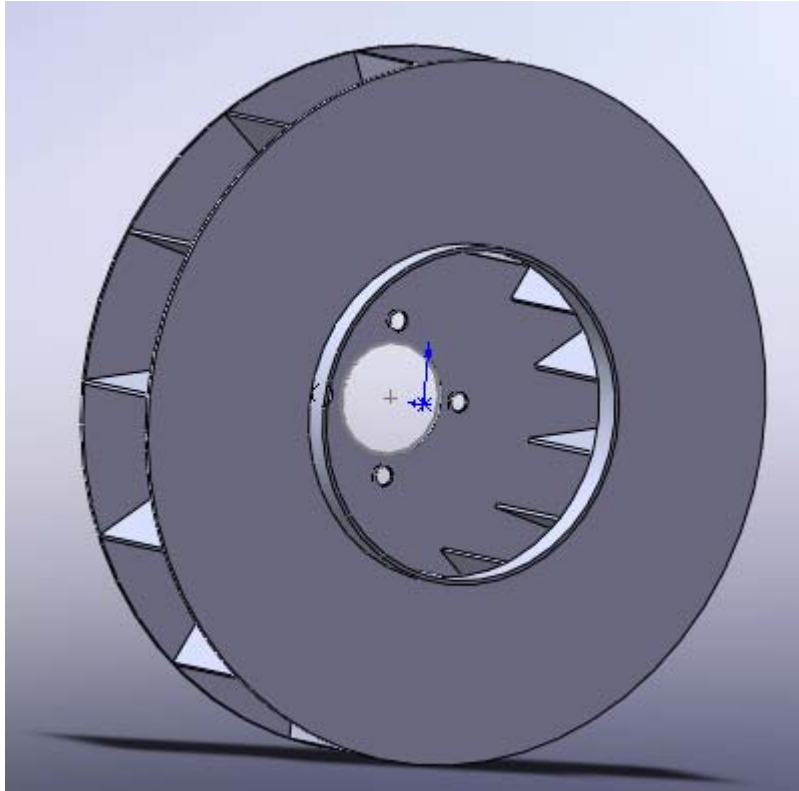
3.6.5. Salyangoz dizaynı için takip edilecek yol

1. Önce yatay ve düşey eksen çifti çizilir.
2. Ra yarıçapları orijinden alınarak θ 'ya göre işaretlenir.

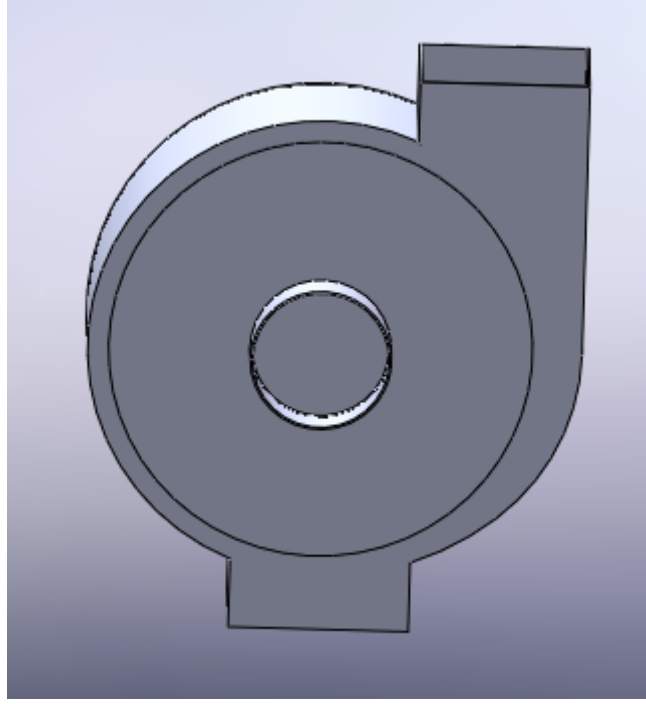
3. (Tabloya göre) 2π değeri için 260 mm , $3\pi/2$ değeri için 244 mm , π için 229 mm , $\pi/2$ için 215 mm başlangıç değeri için 202 mm değerleri noktasal olarak işaretlendi.
4. 2π ve $3\pi/2$ değerleri arasında bir doğru oluşturuldu, doğrunun orta noktasından dikme çıkılarak 45° lik eksenle kesiştirildi.
5. Kesim noktası a olarak belirlendi.Bulunan bu a noktası merkez kabul edilerek r_1 yarıçapı ile 2π ve $3\pi/2$ değerlerinden geçen bir daire yayı (90° 'lik) çizildi.
6. b,c,d noktaları da aynı şekilde bulunarak r_2 , r_3 , r_4 yarıçaplarıyla daireler çizildi.

BÖLÜM 4. HESAPLAMALI AKIŞKAN ANALİZİ ÇALIŞMALARI (HAD)

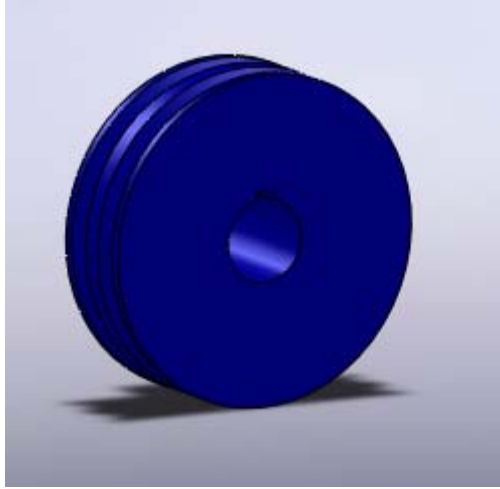
4.1. Süpürge Fanının SolidWorks İle Oluşturulmuş Katı Modeli



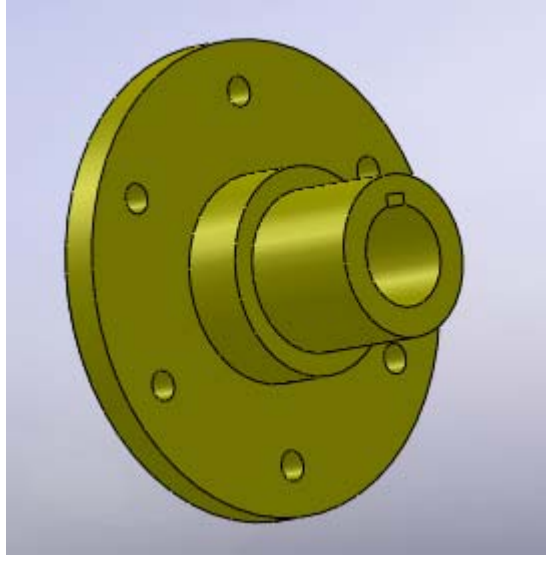
Şekil 4.1. Çark'ın ön tarafından alınmış bir görüntüsü



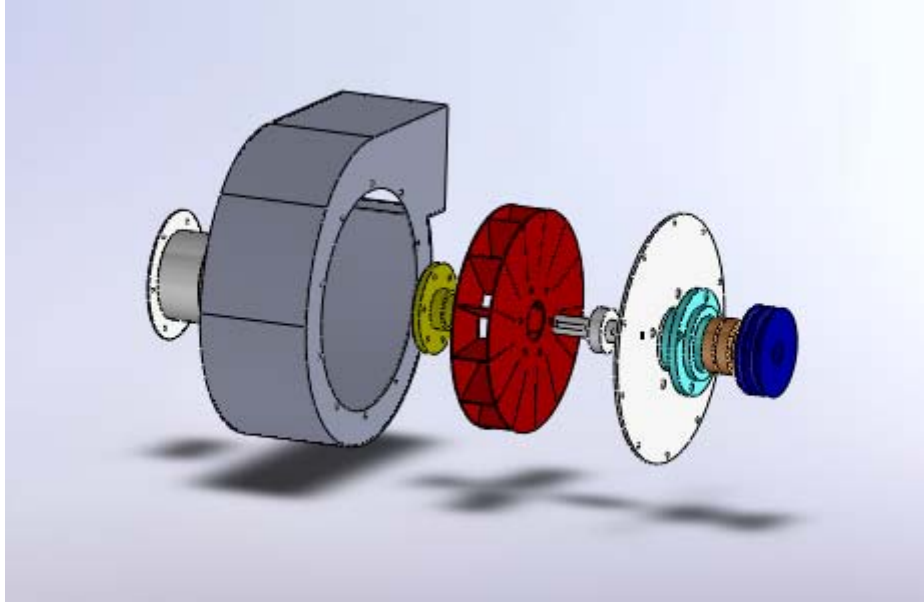
Şekil 4.2. Salyangoz'un ön tarafından alınmış görüntüsü



Şekil 4.3. Fan kasnağından bir görüntü



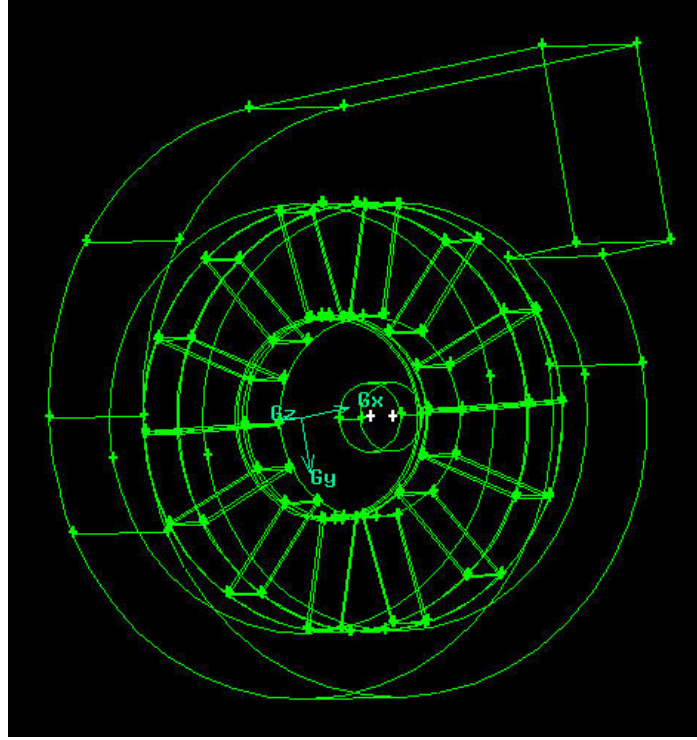
Şekil 4.4. Kaplınden bir görüntü



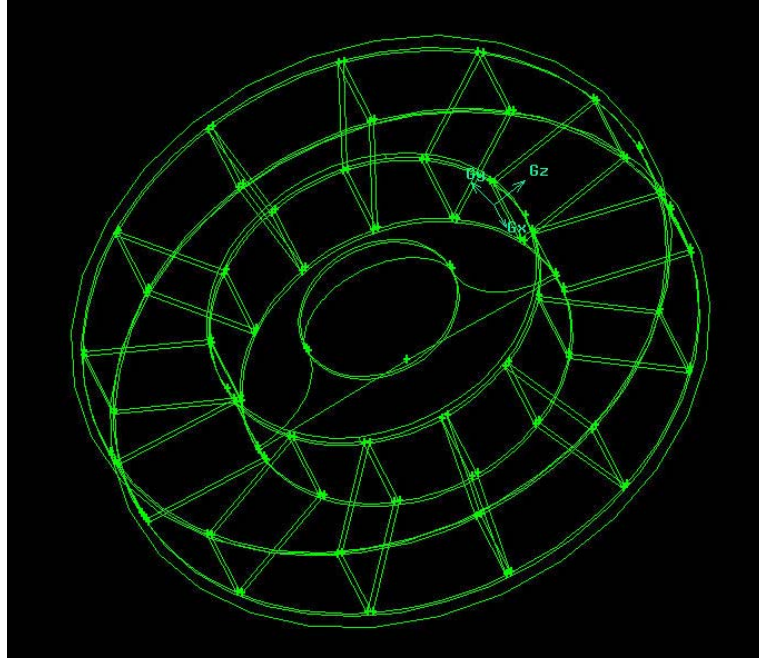
Şekil 4.5. Fanın patlatılmış katı modeli

4.2. Fanın Gambit Çalışmaları

Tasarlanan fan ACİS (.sat) formatında kaydedildikten sonra Gambit programına import edilmiştir. Fan'ın Gambit programına aktarılmış olan hali normal çizimden farklılık göstermektedir. Bunun sebebi akış hacmi içerisine girmeyen kısımların analizinin ekstra getireceği zaman sarfiyatını önlemek ve sonuçları mümkün olan en kısa sürede alabilmektir. Bu sebeple kaplin, flanş ve civata ile somunlar Gambit programına aktarılmamış bu sayede zamandan tasarruf edilmek istenmiştir. Ayrıca gereksiz hacimlerin çıkartılması sonuçların daha net çıkması açısından da önemlidir.

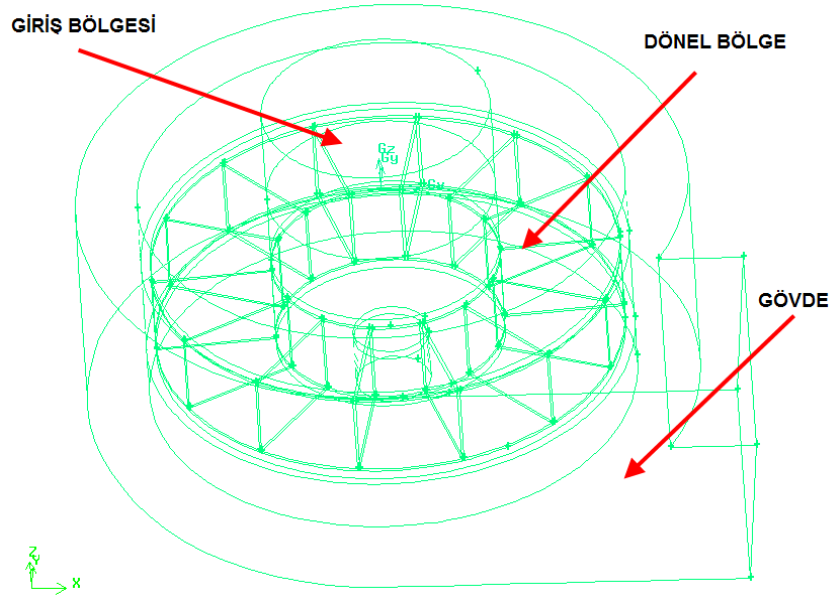


Şekil 4.6. Fanın Gambit'teki görüntüsü



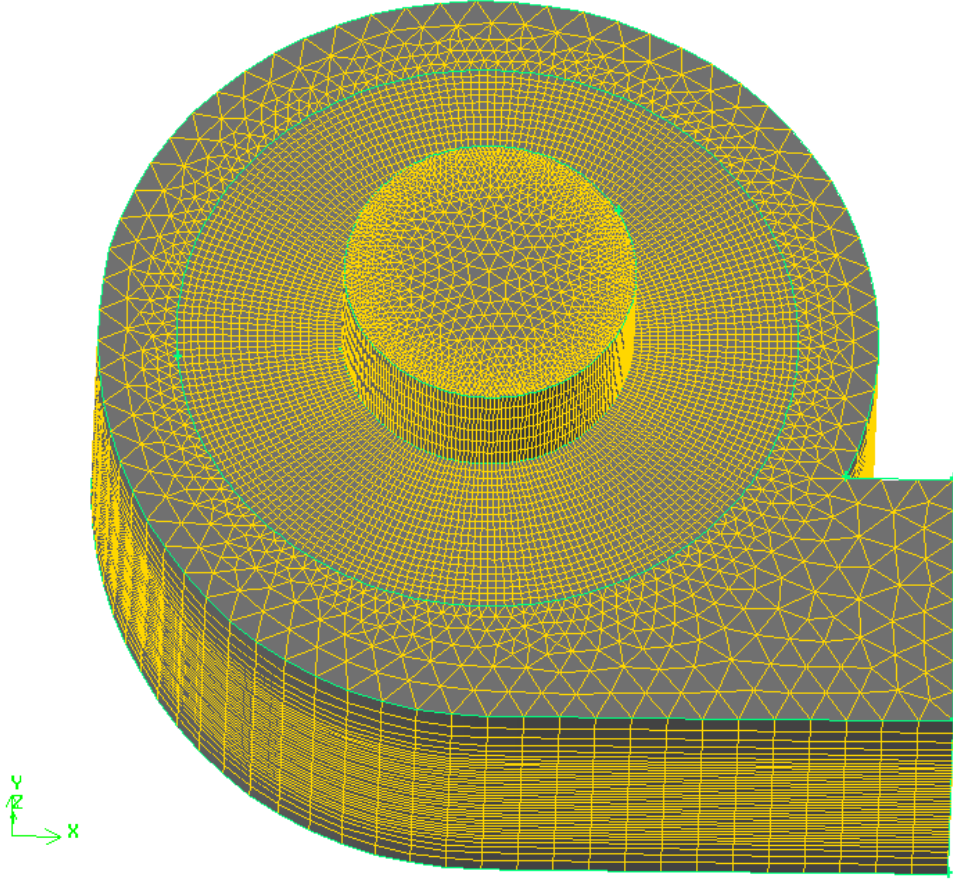
Şekil 4.7. Çarkın Gambit'teki görüntüsü

Katı model olarak gambite alınan fan buradaki bir dizi geometri ayıklama işlemlerinden sonra giriş bölgesi, dönele bölge ve gövde olmak üzere 3 bölgeye ayrıldı.

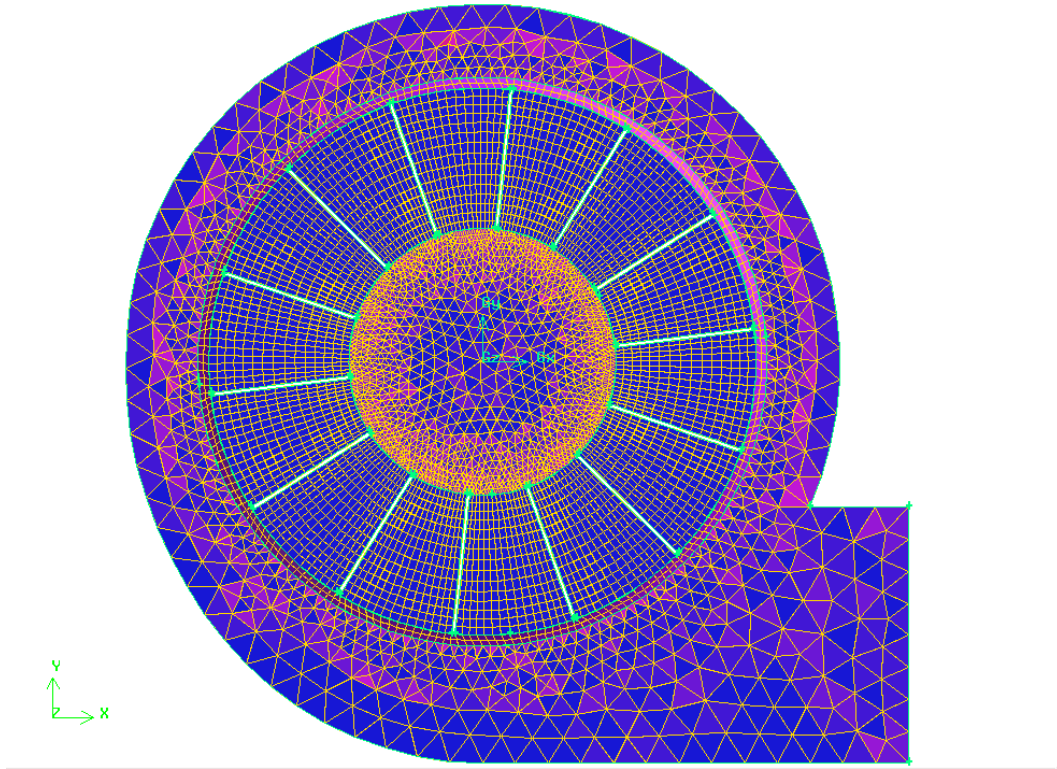


Şekil 4.8. Fan üzerinde ayrılan bölgeler

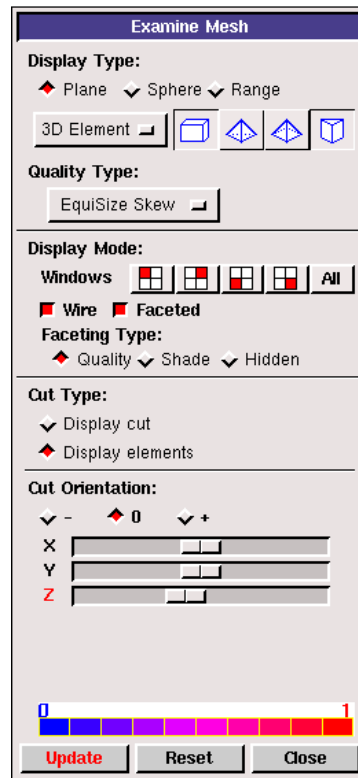
Herbir bölgede geometrisine uygun şekilde ağ yapısı oluşturuldu Giriş bölgesine üçgen kama(wedge) elemanlar ,dönel bölgeye üçgen kama ve düzgün dörtyüzlü hacim elemanlar, gövdeye de dönel bölgedeki gibi üçgen kama ve düzgün dörtyüzlü hacim elemanlar kullanılarak ağ yapısı oluşturuldu.



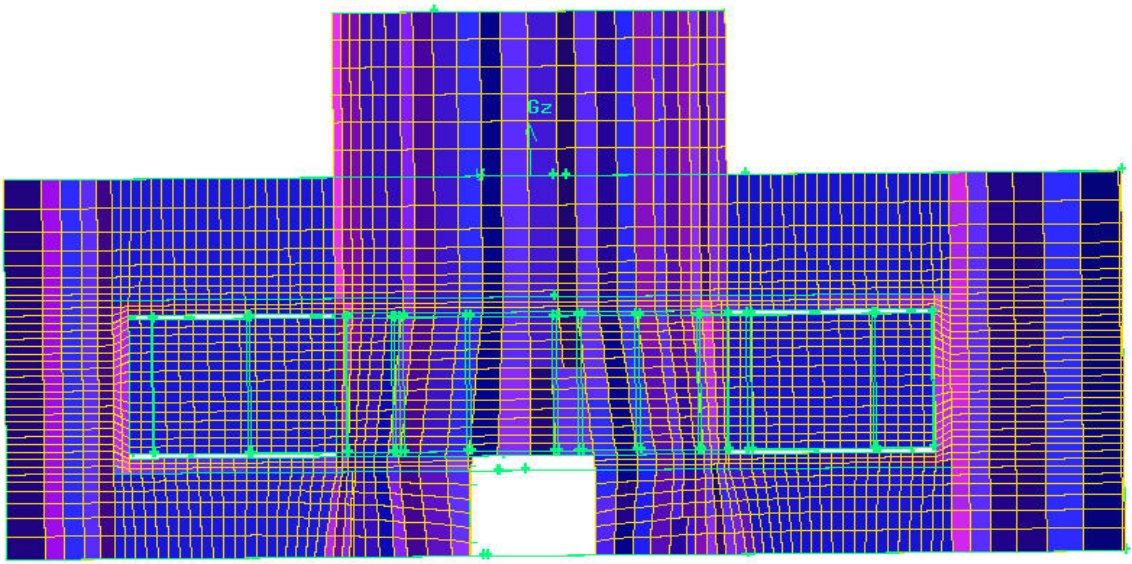
Şekil 4.9. Fanın oluşturulan ağ yapısı



Şekil. 4.10. Fan'da oluşturulan ağ yapısı



Şekil. 4.11. Ağ yapısını kontrol tablosu

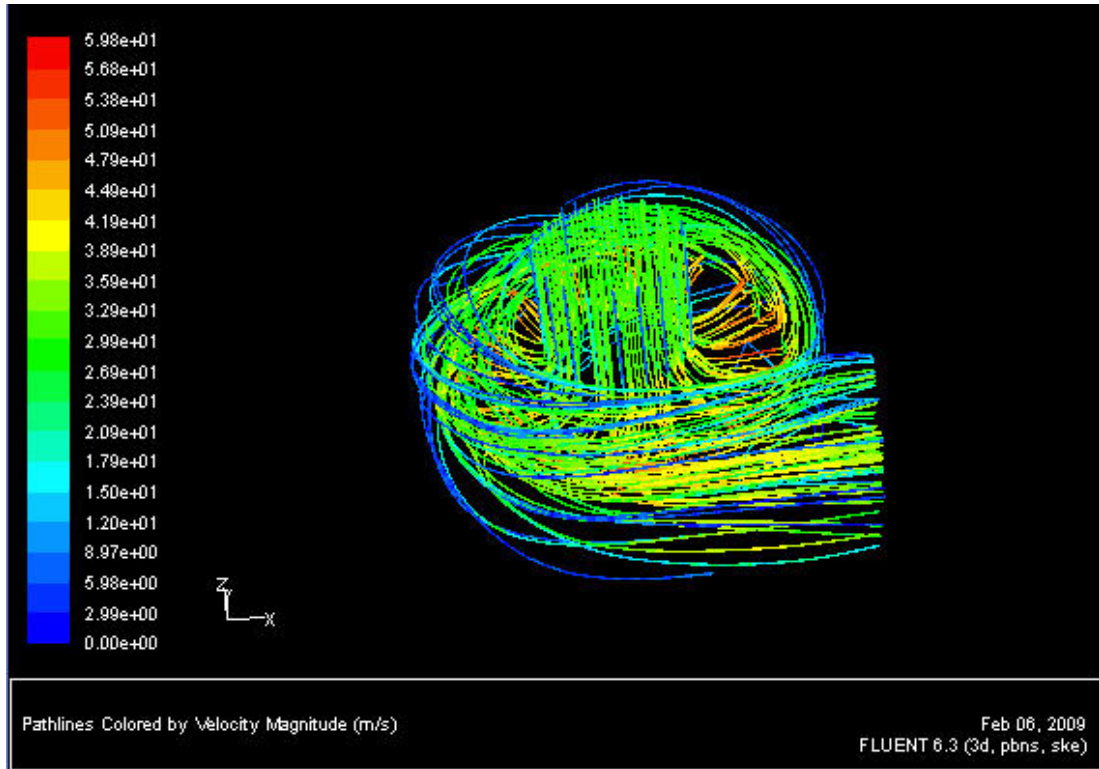


Şekil. 4.12. Ağ yapı (-x yönünde)

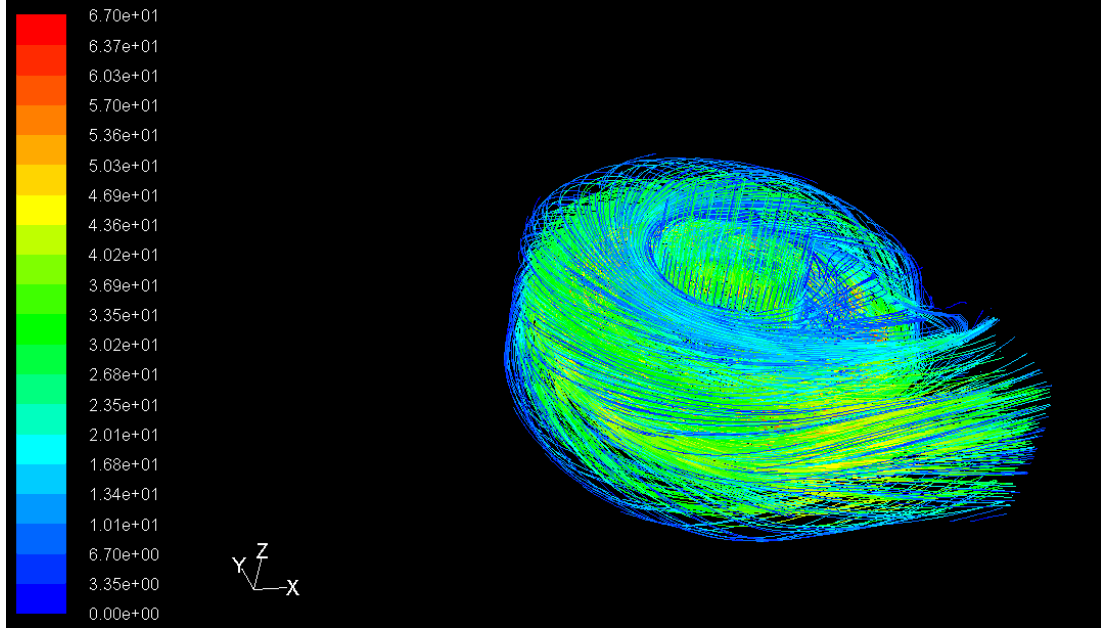
4.3. Fanın Fluent İle Gerçekleştirilmiş Analiz Sonuçları

Bu bölümde modellediğimiz fanımızın Gambit ile ağ yapısı oluşturup Fluent programı ile elde ettiğimiz analiz sonuçları görülmektedir. İterasyonlar giriş ve çıkış arasındaki kütleli debi farkı(kg/s) 10^{-3} değerinin altına düştüğünde sonlandırılmıştır. Sınır şartlarında açısal hız 353.4 rad/s, basınç 4120,2 Pa, giriş hızı 35 m/s, olarak girilmiştir.

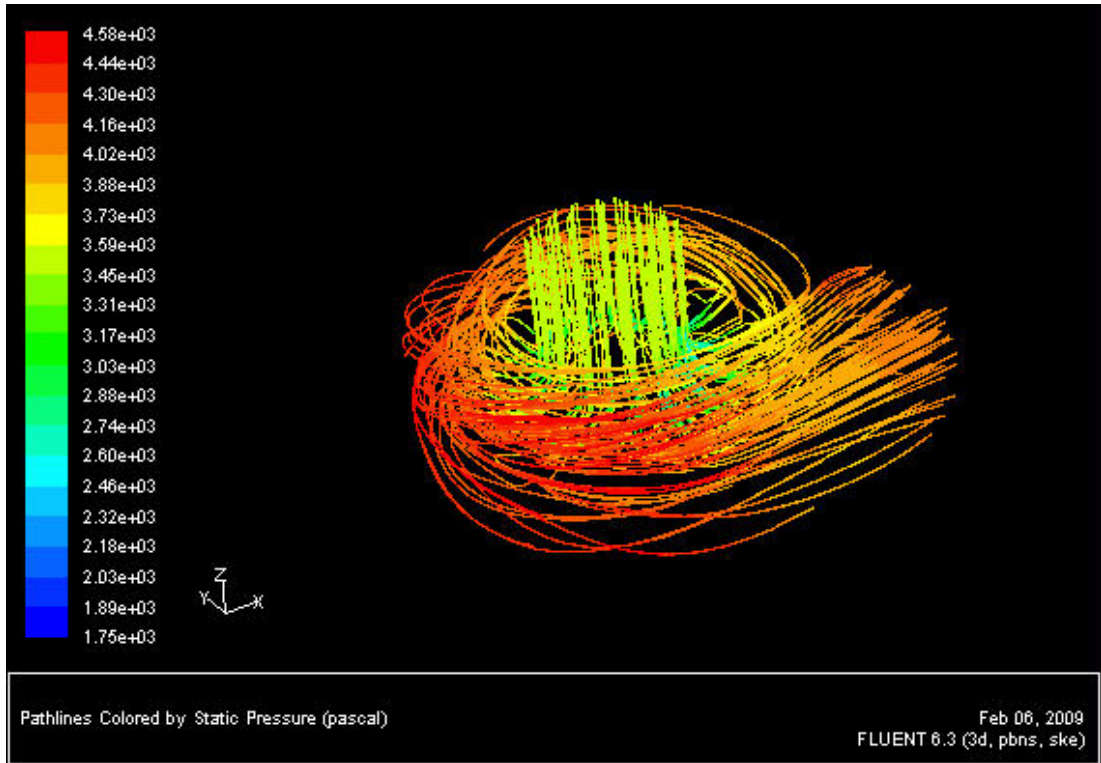
4.3.1. Fan içinde oluşan yörünge çizgileri



Şekil. 4.13. Fan'da oluşan yörünge çizgileri (Hız)(Düz kanatlı)



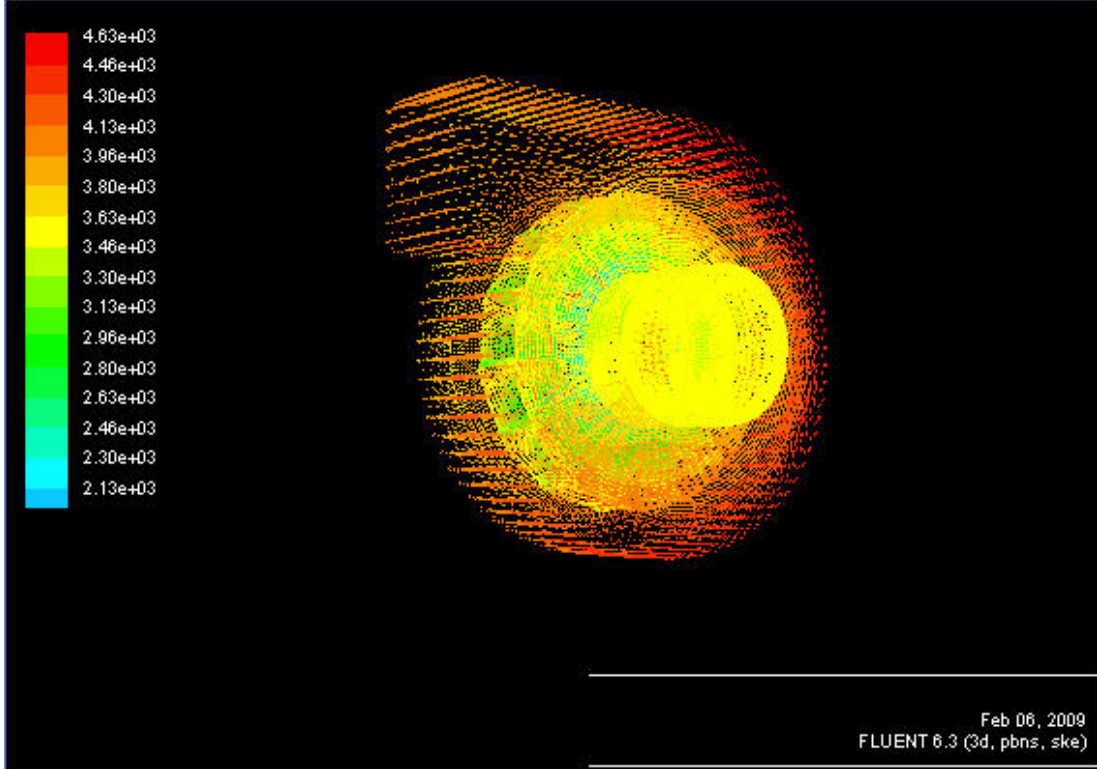
Şekil. 4.14. Fan'da oluşan yörünge çizgileri (Hız)(Açılı)



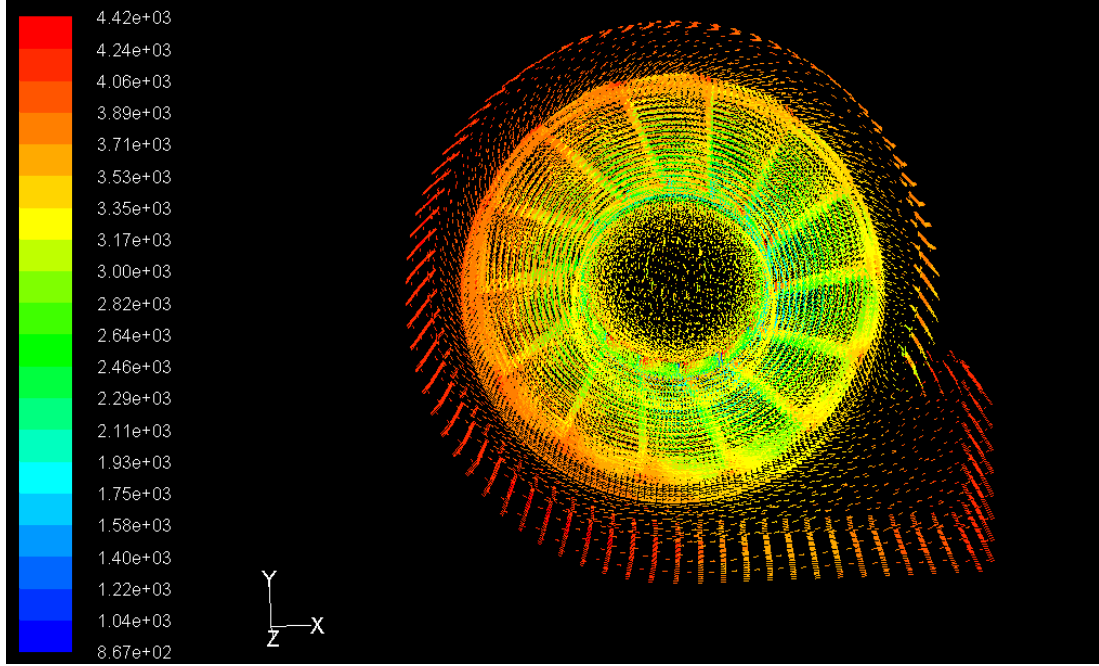
Şekil. 4.15. Fan'da oluşturulan yörünge çizgileri (Basınç)(Düz)

4.3.2. Büyüklüklerine göre renklendirilmiş vektörler

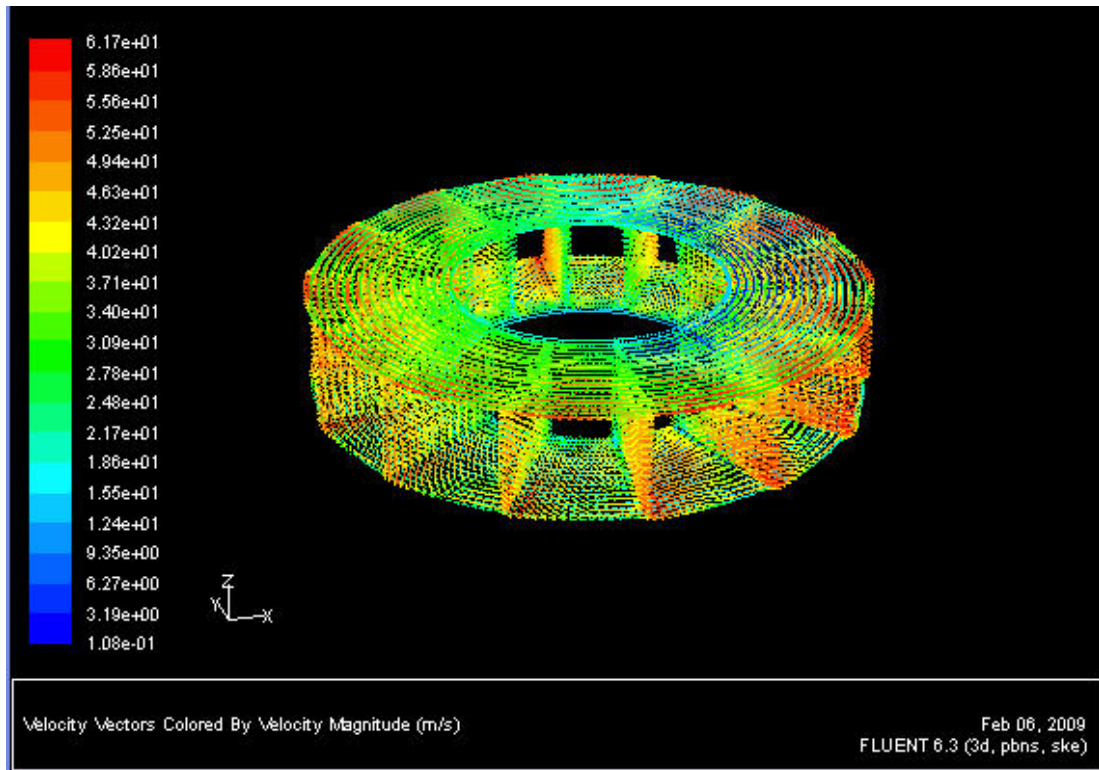
Bu bölüm içerisinde ise yine verilenler doğrultusunda alınan analizler neticesinde Hız Büyüklüklerine Göre Renklendirilmiş Hız Vektör'leri görüntülenmiştir. Hız vektörleri bize akışın yönü ve yoğunluğu açısından önemli bilgiler vermektedir.



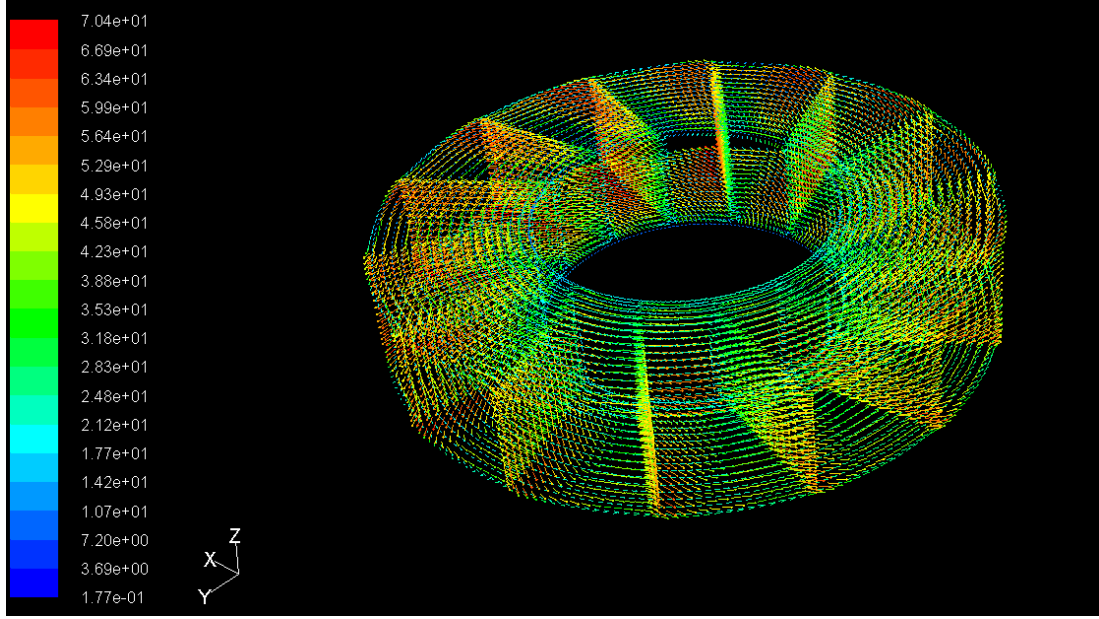
Şekil 4.16. Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş basınç vektörleri (Düz kanat)



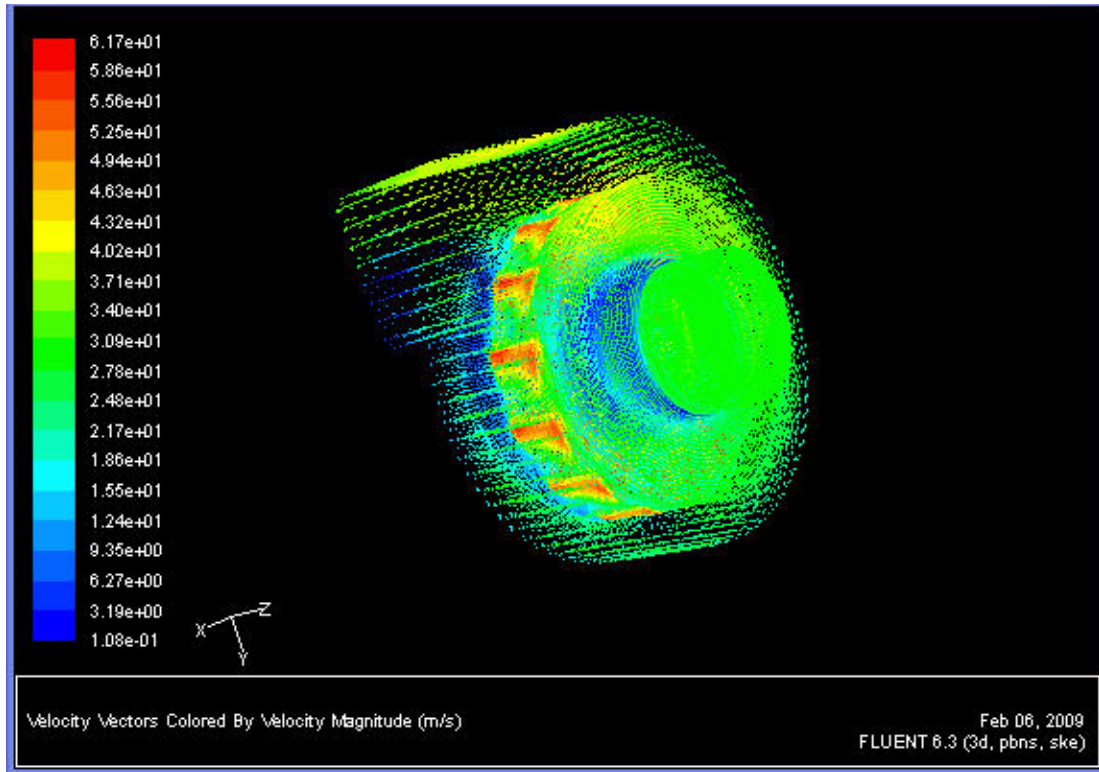
Şekil 4.17. Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş basınç vektörleri (Açılı kanat)



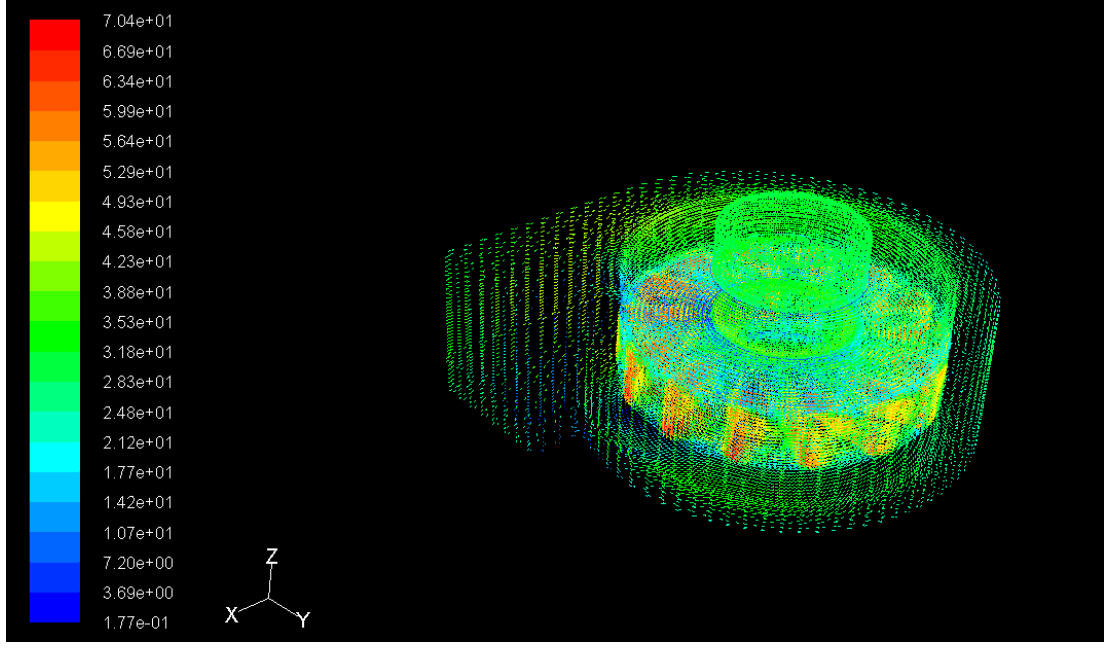
Şekil. 4.18. Kanatların hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Düz kanat)



Şekil. 4.19. Kanatların hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Açılı kanat)



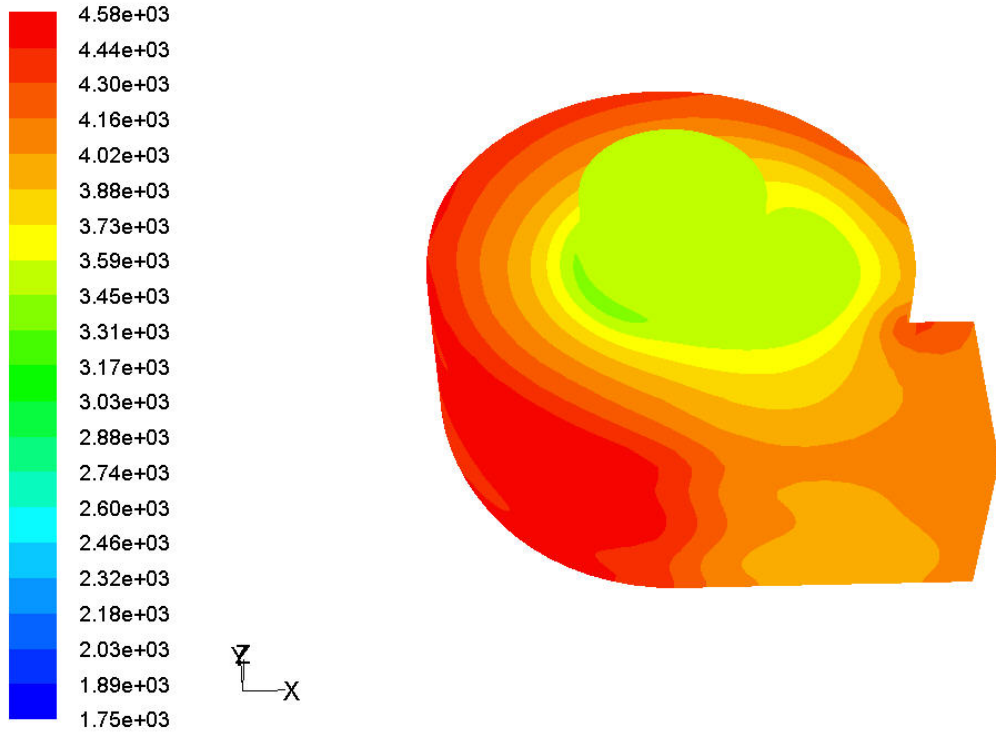
Şekil. 4.20. Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Düz kanat)



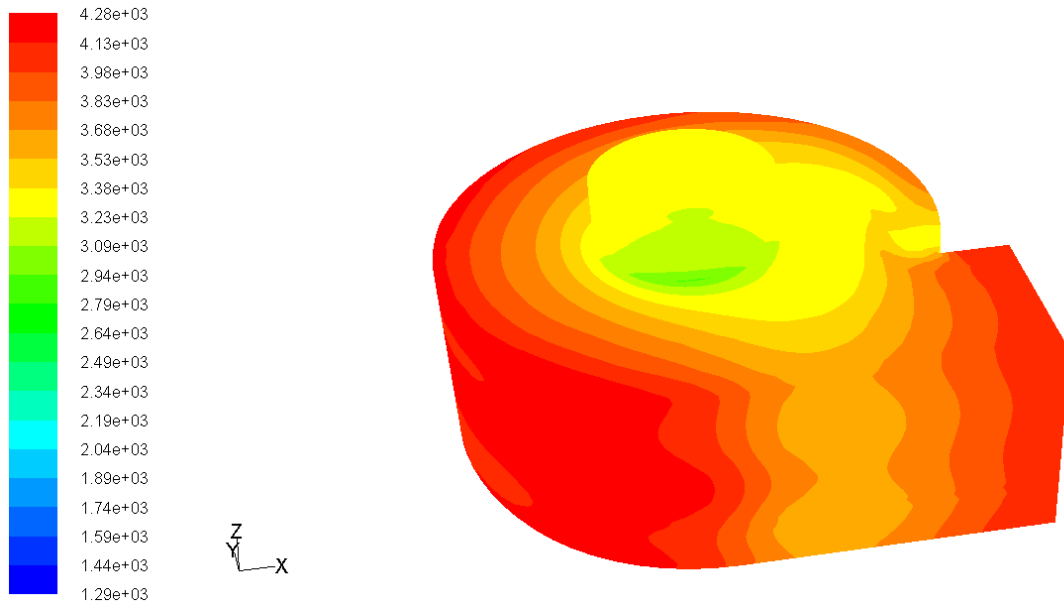
Şekil 4.21. Fanın hız büyüklüklerine göre renklendirilmiş hız vektörleri (Açılı kanat)

4.3.3. Statik basınç konturları

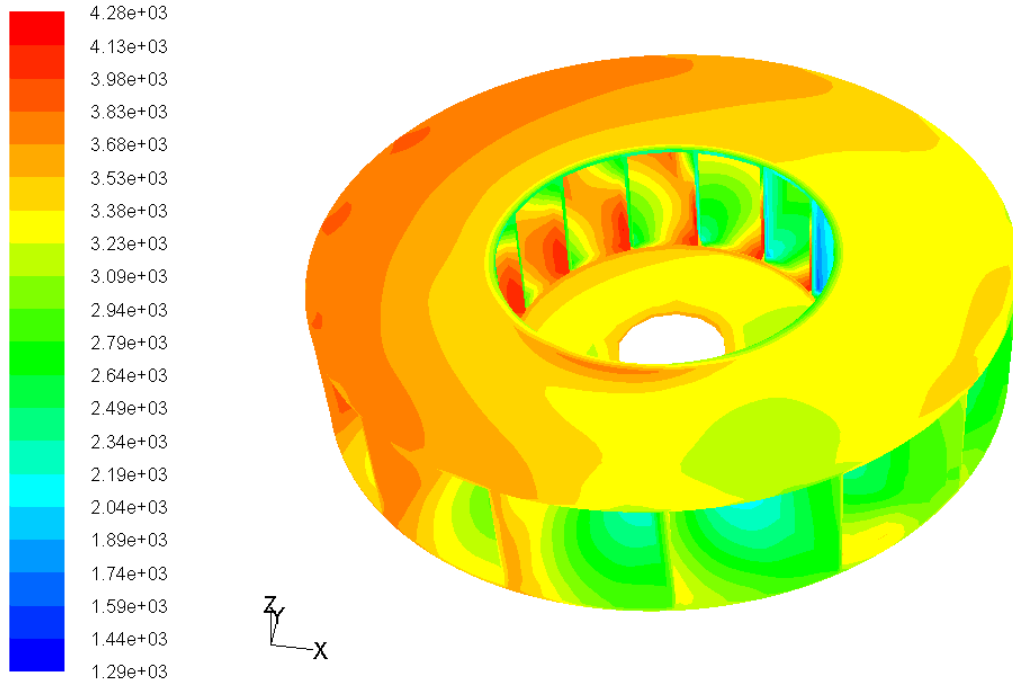
Bu bölümde Statik Basınç Konturları görüntülenmiştir. Burada amaç basıncın hangi bölgelerde yoğunlaştığı görmek ve buna göre bir değerlendirme yaparak önlem alınması gerekli yerlerde iyileştirmeler yapmaktır.



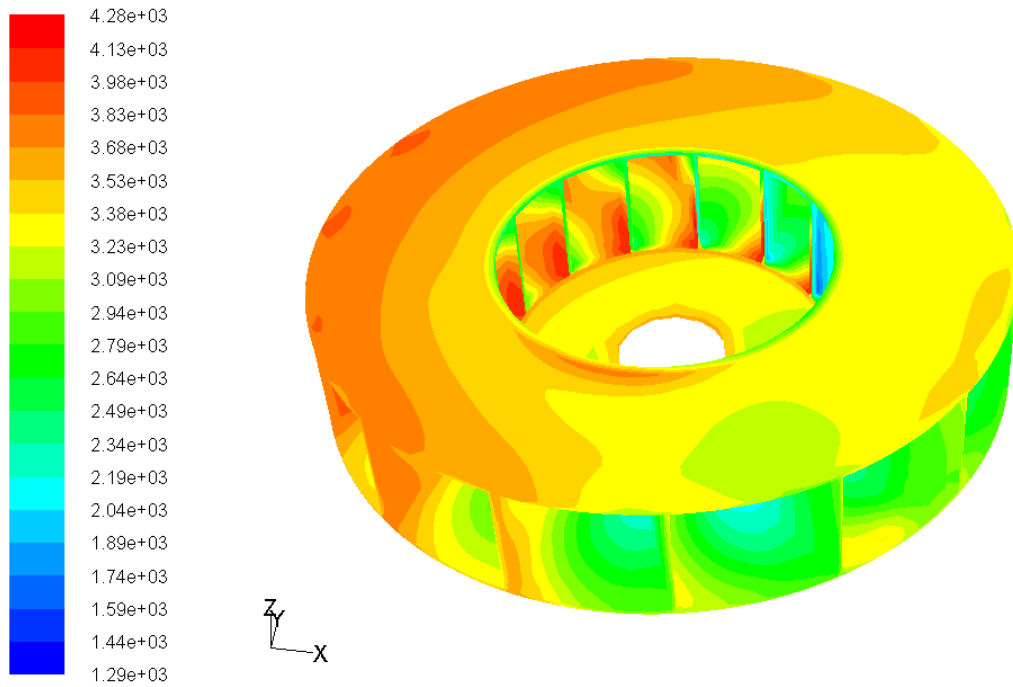
Şekil 4.22. Fan'da oluşan statik basınç konturları (Düz kanat)



Şekil. 4.23. Fan'da oluşan statik basınç konturları (Açılı kanat)



Şekil. 4.24. Kanatlarda oluşan statik basınç konturları (Düz kanat)



Şekil. 4.25. Kanatlarda oluşan statik basınç konturları açılı (Açılı kanat)

BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Fluent ile yapılan analizler sonucunda, iki fan arasında yapılan incelemelerde düz kanatlı çark kullanılan fanda ve açılı kanatlı çark kullanılan fan arasında giriş çıkış hızları ve giriş çıkış basınçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.1 Analizler sonucunda elde edilen hızları ve giriş çıkış basınçları

	$V_{giriş}$ (m/s)	$V_{çıkış}$ (m/s)	$P_{giriş}$ (Pa)	$P_{çıkış}$ (Pa)
Fan (Düz kanatlı çark)	27,1649- 30,1832	24,14658- 27,1649	3564,5876- 3708,7896	3997,1934- 4141,395
Fan (80° kanatlı çark)	26,8109- 30,1622	23,4595- 26,8109	3234,9651- 3384,3264	3983,3569- 4133,0356

İki fan arasında yapılan karşılaştırmalarda düz kanatlı fanda hız farkı maksimum 6,0156 m/s değerinde iken 80° kanatlı çark kullanılan fanda maksimum 6,7027 m/s değerlerine ulaşmaktadır. Basınç farkları ise düz kanatlı fanda maksimum 576,8074 iken 80° kanatlı çark kullanılan fanda maksimum 898,0705 Pa değerlerine ulaşmaktadır. Fanların kullanılma ilkesi doğrultusunda, giriş ve çıkış basıncı arasındaki fark yüksek olması istenmektedir. Bu sebeple 80° açılı kanatlı çarka sahip fan araca uygun görülmüştür.

Tasarımı yapılan aracın parçaları imal ettirildikten sonra sırasıyla;

1. Profilden şase yapıldı.
2. Yürüyüş takımları monte edildi.
3. Motor yerleştirildi. Yapılan hesaplamalar sonucunda 9,98 hp'lik güce ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için çift çıkışlı 10 hp'lik dizel motor seçildi.
4. Araç tahriki düşük devirde yüksek tork gerektiği için, motorun diğer ucuna bağlanan hidrolik pompanın beslediği 2 adet hidrolik motor tarafından gerçekleştirildi.
5. Fan sabitlendi. Motorun çıkışına kasnak bağlanarak fana hareket sağlandı.
6. Gerekli elektrik devresi ve hidrolik devre çalışmaları yapıldıktan kaportayla kaplandı.
7. Araç çalışır durumdadır.



KAYNAKLAR

- [1] ÇALLI, İ., Hidrolik Makineleri Ders Notları, Sakarya, 2005
- [2] ÇENGEL, Y. A., CIMBALA, J. M., Çeviri Eitörü: ENGİN, T., Akışkanlar Mekaniği Temelleri ve Uygulamaları, Güven Bilimsel, Eylül 2007
- [3] GÖKELİM, A.T., Endüstriyel Fan ve Kompresör Tesisleri, Birsen Yayınları, 1983
- [4] <http://teskon.mmo.org.tr/bildiri/1999-35.pdf>, Kasım 2008
- [5] GÜLESİN, M., ÖZDEMİR, A., GÜLLÜ, A., GÜLDAŞ, A., ULUER, O., SolidWorks ile Modelleme 2007, Asil Yayın Dağıtım, 2007

ÖZGEÇMİŞ

Serpil Hammaz, 21.09.1983' te Sakarya'da doğdu. İlköğretimini Geyve Atatürk İlkokulu'nda tamamladı. 2001 yılında Geyve Lisesi'nden mezun oldu. 2002 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nden 2006 yılında mezun oldu. Mezun olduğu yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Ekim 2007'de Duru Çevre Yönetimleri Ltd.Şti'nde proje mühendisi olarak göreve başladı ve halen bu görevi sürdürmektedir.