



**BİR EMME MANİFOLDUNDAKİ  
AKIŞIN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

**Ferhat ÖZTEKİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN**

**KASIM-2019**

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR EMME MANİFOLDUNDAKİ AKIŞIN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**152120105**

**Ferhat ÖZTEKİN**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 TEMMUZ 2019**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 08 KASIM 2019**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN (F.Ü)**

*İ. Dağtekin*

**Diğer Jüri Üyeleri:**

**Prof. Dr. Rasim BEHÇET (İ.Ü)**

*Rasim Behçet*

**Dr. Öğr. Üyesi Halit Lütfi YÜCEL (F.Ü)**

*Halit Lütfi Yücel*

**KASIM-2019**

## **ÖNSÖZ**

Yüksek Lisans eğitimim boyunca edindiğim bilgi ve birikimi borçlu olduğum, kazandığım mesleki sorumluluk ve etik anlayışıyla beraber bir mühendis bakış açısına sahip olmam için gayretlerini hiç esirgemeyen yüksek lisans projeme öncülük eden, hocam Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her safhasında maddi-manevi, destek, anlayış, saygı ve dualarını eksik etmeyen eşime ve aileme teşekkür ederim.

**Ferhat ÖZTEKİN**

**Makine Mühendisi**

**Elazığ - 2019**

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	IX
KISALTMALAR LİSTESİ.....	X
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>2</b>
<b>3. EMME MANİFOLDU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>6</b>
3.1. Emme Manifoldları.....	6
3.2. Emme Manifold Malzemeleri.....	7
3.2.1. Alüminyum.....	7
3.2.2. Magnezyum.....	8
3.2.3. Dökme Demir.....	9
3.2.4. Polyamid.....	10
3.3. Emme Manifold Çeşitleri.....	11
3.3.1. Değişken Yollu Emme Manifoldu.....	11
3.3.2. Islak Akışlı Manifoldlar.....	11
3.3.3. Tek Bölgeyi Manifoldlar.....	12
3.3.4. Kuru Akışlı Manifoldlar.....	12
3.3.5. Çift Bölgeyi Manifoldlar.....	12
3.4. Emme Manifoldundan Bulunması Gereken Özellikler.....	13
3.4.1. Ağırlık.....	13
3.4.2. Dayanıklılık.....	13
3.4.3. Yanmaya Direnç.....	13
3.4.4. Tasarım Esnekliği.....	14
3.4.5. Hava Akışı.....	14
3.4.6. Montaj Kolaylığı.....	14

3.4.7. Yüksek Sıcaklık Performansı .....	14
3.5. Emme Manifoldunun Bölümleri .....	14
3.5.1. Dolgu Hacmi .....	15
3.5.2. Emme Kanalları .....	15
3.6. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği .....	16
3.7. Akışkanlar Mekaniğinin Temel Diferansiyel Denklemleri.....	17
<b>4. METARYAL ve METOT .....</b>	<b>20</b>
4.1. Emme Manifold Tasarımı .....	20
4.2. Çalışmanın Sınır Şartları.....	21
4.3. Emme Manifoldunun Ağ Yapısı .....	22
4.4. Çalışmanın Ağ Yapısının Doğrulanması .....	22
4.5. Mevcut Çalışmanın Literatür İle Karşılaştırılması .....	23
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>27</b>
<b>6. SONUÇLAR.....</b>	<b>44</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>45</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>47</b>

## ÖZET

Bu çalışmada; üç farklı emme manifoldu solidworks programında tasarlanarak, bu manifoldların hız parametreleri, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizi ile sayısal olarak incelenmiş ve emme manifoldu sayısal modeli tasarımı için dört silindirik bir aracın manifold modeli kullanılmıştır. Analizlerde akışkan olarak hava kullanılmıştır. Emme manifolduna farklı hızlar verilerek emme kanallarının giriş açılarının etkileri ve çıkış debileri incelenmiştir. Sayısal çözümlemede ANSYS Fluent yazılımı emme manifoldu iç akışını analiz etmek için kullanılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda emme manifoldu için en iyi iç akış koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Literatürdeki tasarım ile karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Emme kanallarının çıkış hızlarının silindir içerisine eşit olarak dağılması için en uygun tasarım belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Emme Manifoldu, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), ANSYS Fluent

## SUMMARY

### **A Numerical Analysis of Flow in an Intake Manifold**

In this study; three different intake manifolds were designed in solidworks program and the velocity parameters of these manifolds were analyzed numerically by Computational Fluid Dynamics (HAD) analysis and manifold model of a four cylinder vehicle was used for designing the intake manifold numerical model. Air was used as fluid in the analyzes. The effects of inlet angles of inlet ducts and outlet flow rates were examined by giving different speeds to intake manifold. In numerical analysis, ANSYS Fluent software was used to analyze the intake manifold internal flow. According to the results of the analysis, it was aimed to determine the best internal flow conditions for the intake manifold. The results were compared with the design in the literature. The most suitable design has been determined for the distribution of the exit velocity of the suction channels evenly into the cylinder.

**Keywords:** Intake Manifold, Computational Fluid Dynamics (HAD), ANSYS Fluent.

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Emme manifoldu.....	6
Şekil 3.2. Emme manifoldu.....	7
Şekil 3.3. Alüminyum emme manifoldu. ....	8
Şekil 3.4. Dökme demir emme manifoldu. ....	9
Şekil 3.5. Poliamid emme manifoldu. ....	10
Şekil 3.6. Çift bölge emme manifoldu. ....	13
Şekil 3.7. Emme manifoldu bölümleri. ....	15
Şekil 4.1. Emme manifoldu solidworks tasarımı. ....	20
Şekil 4.2. Emme manifoldu ağ yapısı.....	22
Şekil 4.3. Emme manifoldu solidworks tasarımı . ....	23
Şekil 4.4. Emme manifoldu solidworks tasarımı. ....	23
Şekil 4.5. Literatürdeki çalışmanın vektör dağılımları . ....	24
Şekil 4.6. Literatürdeki çalışma ile aynı ölçülerde ve hızda elde edilen vektör dağılımları. .....	24
Şekil 4.7. Dört emme kanalından çıkan ortalama akışkan hızları.....	25
Şekil 4.8. Dolgu hacmi uzunluğu boyunca ortalama akışkan hızları. ....	26
Şekil 5.1. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s).....	27
Şekil 5.2. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s).....	28
Şekil 5.3. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s).....	28
Şekil 5.4. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s).....	29
Şekil 5.5. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s).....	29
Şekil 5.6. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s).....	30
Şekil 5.7. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s).....	30
Şekil 5.8. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s).....	31
Şekil 5.9. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s).....	31
Şekil 5.10. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s).....	32
Şekil 5.11. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s).....	32

<b>Şekil 5.12.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s).....	33
<b>Şekil 5.13.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s).....	33
<b>Şekil 5.14.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s).....	34
<b>Şekil 5.15.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s).....	34
<b>Şekil 5.16.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s).....	35
<b>Şekil 5.17.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s).....	35
<b>Şekil 5.18.</b> Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s).....	36
<b>Şekil 5.19.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s). ....	37
<b>Şekil 5.20.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s). ....	37
<b>Şekil 5.21.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 60$ m/s). ....	38
<b>Şekil 5.22.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s). ....	38
<b>Şekil 5.23.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s). ....	39
<b>Şekil 5.24.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 120$ m/s). ....	39
<b>Şekil 5.25.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:15^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s). ....	40
<b>Şekil 5.26.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:30^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s). ....	40
<b>Şekil 5.27.</b> Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:60^{\circ}$ , $V_{giriş} = 180$ m/s). ....	41

## TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 4.1.</b> Çalışmanın sınır şartları.....	21
<b>Tablo 5.1.</b> Manifold çıkış debileri ( $V_{\text{giriş}} = 60 \text{ m/s}$ ).....	42
<b>Tablo 5.2.</b> Manifold çıkış debileri ( $V_{\text{giriş}} = 120 \text{ m/s}$ ).....	42
<b>Tablo 5.6.</b> Manifold çıkış debileri ( $V_{\text{giriş}} = 180 \text{ m/s}$ ).....	42



## SEMBOLLER LİSTESİ

- Re : Reynolds sayısı
- Al : Alüminyum
- Mg : Magnezyum
- Si : Silisyum
- V : Akışkan hızı
- $\rho$  : Yoğunluk
- $\mu$  : Dinamik viskozite
- P : Basınç (Pa)
- x, y, z : Kartezyen koordinatlar (m)
- g : Yerçekimi ivmesi ( $m.s^{-2}$ )
- T : Sıcaklık (K)
- K : Türbülans kinetik enerji değeri ( $m^2/s^2$ ).
- $\varepsilon$  : Türbülans dağılım oranı( $m^2/s^3$ )
- $\sigma_k \sigma_e$  : Türbülans Prandtl sayıları
- $\mu_{turb}$  : Türbülans viskozitesidir

## KISALTMALAR LİSTESİ

HAD : Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

CFD : Computational Fluid Dynamics



## 1. GİRİŞ

Günlük hayatta içten yanmalı motorlar binek otomobiller, kamyonet, motorsiklet, uçak, gemi, tren gibi taşıma araçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. İçten yanmalı motorlar, birden fazla parçadan oluşan karmaşık yapılar olup içten yanmalı bir motorun performansı birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu faktörlerden en önemlisi silindirlerdeki yanmanın, ideal yanma koşullarını sağlamasıdır. İdeal yanma, silindir içinde reaksiyona giren hava ve yakıtın yeterli oranlarda karışması ile mümkündür. Bir motorun yüksek performansta çalışması için, yakıt ve havanın yeterli oranda karışması gerekmektedir. Bu hava ve yakıt karışımı emme manifoldu tarafından gerçekleşir. Emme manifoldunun temel görevi, hava yakıt karışımını yanma odasına taşımaktır. Emme manifoldları bütün silindirlere üniform hava yakıt karışımını sağlayabilecek şekilde tasarlanırlar. Üniform dağıtım, motor verimi ve üstün performans için çok önemlidir. Bu nedenle yakıt hava karışımı dağılımı mümkün olduğu kadar iyi yapılmalıdır. Bu tamamen emme manifoldu tasarımına bağlıdır.

Emme manifoldu tasarımı yapılırken motorun performans ihtiyacına göre değişiklikler yapılabilir. Tasarım yapılırken tüm yük ve hızlarda silindirlerin yeterli miktarda hava ile beslenmesine imkân sağlanabilir. Bu da çok yollu emme manifoldu sistemi ile mümkündür. Emme manifoldu temelde üç parçadan oluşmaktadır. Birinci kısım, giriş kısmı olan ram borusudur. İkinci kısım, dolgu hacmi ve üçüncü kısım dört adet emme kanalıdır. Emme kanalları, taze dolgunun ayrı ayrı her bir silindire ulaşmasını sağlar.

Bu çalışmada, emme manifoldu sayısal modeli tasarımı için dört silindirli bir aracın manifold modeli kullanılmıştır. Analizlerde akışkan olarak hava kullanılmıştır. Emme manifolduna farklı hızlar verilerek emme kanallarının giriş açılarının etkileri ve çıkış debileri incelenmiştir. Sayısal çözümlemede ANSYS Fluent yazılımı emme manifoldu iç akışını analiz etmek için kullanılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda emme manifoldu için en iyi iç akış koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda emme kanalları çıkış hızları eşit olan tasarım belirlenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İçten yanmalı motorlarda motor performansını iyileştirmek için literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı şu şekilde özetlenebilir;

Devender vd. çalışmalarında; emme manifoldu çıkışlarındaki düzensiz hız dağılımının verim kaybına sebep olmasından yola çıkarak, emme manifoldu tasarımında büyük bir değişiklik yapmadan, çıkışlardaki hızı arttırarak düzensiz hız dağılımını yaklaşık olarak eşit duruma getirmeyi amaçlamışlardır. 4 çıkıştaki hava akış hızının farklılıklarını incelemek için yapılan deneysel teste benzinli bir motorun emme manifoldu kullanılmıştır. Emme manifoldu üzerinde değişiklik yapmak için öncelikle mevcut emme manifoldunun tasarımı bir tasarım programında yapılmış ve daha sonra tasarlanan modelin tanımlanması HAD yazılımı FLUENT ile yapılmıştır. İstenilen sonuçları elde etmek için aynı emme manifoldunun iki farklı tasarımı bir tasarım programı ile yapılmış ve daha sonra bu iki modelin orijinal tasarıma göre basınç ve hız kayıpları incelenmiştir. Emme manifoldunun dolgu hacmi kısmının yeniden tasarlanmasıyla, tüm emme kanallarına yaklaşık olarak eşit hızlar elde edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki; hava akışındaki hızın birinci çıkışta %14 ve diğer çıkışlarda yaklaşık olarak %5-%7 arasında değişen oranlarda arttırılmasıyla, 4 dağıtıcıda da yaklaşık olarak eşit dağıtım gerçekleştiği görülmüştür [1].

Shinde araştırmasında; emme manifoldu içerisinde konumlandırılmış olan bir kısıtlayıcının (venturi) optimizasyonunu hedeflemiştir. Emme manifoldundaki 20 mm' lik kısıtlayıcının esas amacı; motora kütle akışı geçişini kısıtlamak ve böylece maksimum gücü azaltmak amacıyla mümkün olan maksimum kütle akış oranını sağlayacak bir venturi tasarımı yapılmıştır. Maksimum kütle akış oranı elde etmek için analitik hesaplamalar standart sonuçlara göre yapılmıştır. Venturinin değişen açı değerleri ile minimum basınç düşüşünü hesaplamak için HAD yöntemi kullanılmıştır. HAD sonuçlarından 12 derece ve 6 derecenin birbirine yaklaşıp uzaklaşması ile minimum basınç düşmesine ulaşıldığı gözlenmiştir [2].

Martins vd. küçük bir benzinli motorda, girdap etkisi ile türbülansın daha iyi olması amacıyla emme portunu yeniden tasarlamışlardır. Çalışmada; supap kılavuzu, supap, supap oturma yüzeyi ve silindirden oluşan emme manifoldunun en uygun tasarımı ile Solidworks, Gambit ve Fluent programlarını kullanmışlardır. Manifold montajının tasarımını; 1.5 mm, 2 mm ve 2.5 mm olmak üzere üç farklı supap kalkma yüksekliği ile

belirlemek için modeli FLUENT modülünde simülasyon için kullanmışlardır. Simülasyon, buji ateşlemeli motorda türbülans ölçmek için yapılmıştır. Bunun sonucunda gerekli türbülans miktarının 1.5 mm ile 2 mm arasındaki değer için uygun olduğu yorumu yapılmıştır [3].

Holkar ve arkadaşları, Ansys Fluent programı ile bir motorun hava emiş sistemini sayısal olarak incelemişlerdir. Analizlerinin neticesinde, hava emme kayıplarının emme manifoldundaki plenum haznesi, port ve valften kaynaklandığı belirtilmiştir [4].

Khan ile Salim, emme manifoldu içerisindeki akış rejiminin belirlenmesinde hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizinin kullanımının uygun olacağını ifade etmişlerdir. Ancak, doğru parametrelerin uygulanması ve ekonomikliği sağlayabilen simülasyon sonuçlarının bulunacağı CFD modellerinin kullanılması önemli olduğundan dolayı emme manifoldu içerisindeki akışı başarılı bir şekilde öngörebilmek için, farklı CFD türbülans modellerini belirlemek ve gerçek parametrelerin önemini değerlendirmektedir. Her bir modelin deneysel sonuçlarının farklılık gösterdiği görülmüştür [5].

Phaneendra vd. 4 zamanlı, hava soğutmalı dizel bir motorun emme manifoldunun yönünü ve tasarımını değiştirmek suretiyle deneysel olarak incelemesini gerçekleştirmişlerdir. Motorun performans karakteristikleri iyileşmiş ve emisyon değerleri azalmıştır. Deneyler; 10-15- 20-25 mm olmak üzere farklı vida adımlarına sahip çeşitli dişli manifoldlar kullanılarak yapılmıştır. Normal manifold ile karşılaştırıldığında, 10 mm vida adımlı dişli manifold ile daha iyi performans ve emisyon değerlerinin sağlandığı görülmüş ve ispatlanmıştır [6].

Paul ve Ganesan; tek silindirli, 4 zamanlı bir motorda 3000 d/d'da helisel, spiral ve helisel spiral birleşimli emme manifoldu tasarlanarak üç farklı şekilde volumetrik verim karşılaştırması üzerinde çalışmışlardır. Silindirin ve manifoldun üç boyutlu modeli GAMBIT kullanılarak oluşturulmuş ve ağ örme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu manifoldun akış karakteristikleri sürekli olmayan şartlar altında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanılarak incelenmiştir. Türbülans k-ε modeli kullanarak modellenmiştir. Katı model; süpaplara birlikte silindir geometrisi ve emme manifoldundan oluşturulmuştur. Analizler sonucunda; manifoldun helisel-spiral bütünleşik olması durumunda, spiral manifolda göre daha fazla girdap olduğu bulunmuş ve daha yüksek motor performansı ile daha düşük emisyon değerleri için önerilmiştir [7].

Prasad ve Pandurangadu, emme manifoldundaki hava akışını yönlendirerek oluşan hava girdabının motor performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Denede tek silindirli, 4 zamanlı, su soğutmalı bir motor sabit 1500 d/d ile kullanılmıştır. Hava akışını yönlendirmek için; emme manifoldunda 1 mm genişliğinde ve 2 mm derinliğinde ve farklı eğimlerde helisel kanallar açıldığında emme manifoldunda türbülans elde edilmiştir. Emme manifoldundaki helisel kanalın eğimleri, 2 mm'den 10 mm'ye kadar ikişer mm aralıklarla değiştirilerek farklı durumlarda testler tekrarlanmıştır. Sonuçlar 8 mm'lik kanalın türbülansı arttırdığını göstermiştir, dolayısıyla tüm durumlardaki en iyi hava-yakıt karışımı sağlanmış ve is emisyonları azalmıştır [8].

Dal ve Deniz, çalışmalarında bilgisayar destekli tasarım programı ile manifold geometrisi oluşturup, GAMBIT ve FLUENT programlarını kullanarak akış analizleri yapmışlardır. Oluşturdukları manifold geometrisini fluent programına gönderdikten sonra, silindir hacmine bağlı olarak her bir silindir için gerekli hava miktarını hesaplayarak toplam hava miktarını manifold girişine sıcaklık ve basıncıyla birlikte data olarak girmişlerdir. Toplam üç adet emme manifoldu geometrisi ve bir adet emme kanalları dahil manifold analizi yapılarak homojen bir akışın sağlanması amaçlanmıştır. İlk olarak incelenen birinci tasarımda hava dağılımının çok düzensiz olduğu görülmüş ve nedeninin hava emme kanalının konumundan kaynaklandığı tespit edilmiştir. İkinci emme manifoldu tasarımında yapılan analizlerde akışın daha düzenli olduğu görülmüş fakat havanın köşedeki dağıtıcı kanallara düzgün bir şekilde dağılmadığı ve havanın kanal içerisine girişinde türbülans olduğu gözlenmiştir. Üçüncü emme manifoldu tasarımında ise daha düzenli akış için eğim artırılmış ve köşeler türbülansı önleyecek şekilde kavisli yapılmıştır. Bu tasarım kullanılarak yapılan analizlerde en homojen akış dağılımı sağlanmıştır [9].

Krishna ve Mallikarjuna, düz yüzeyle pistonlu içten yanmalı bir motorda, emme ve sıkıştırma zamanlarında farklı motor hızlarında, parçacık görüntü cihazı kullanarak silindir içi akışların görüntülenmesinin deneysel çalışmasını yapmışlardır. İki boyutlu silindir içi akış ölçümleri ve akışların analizleri yanma odası içerisinde silindir eksenine dik düzlemde yapılmıştır. Akış analizlerini yapmak için ortalama hız vektörleri kullanılmıştır. Dönüş akışını tanımlamak için dönüş hızı tahmin edilmiştir. Sonuçlardan, dönüş hızının esas olarak krank açısı ile değiştiği bulunmuştur. Sıkıştırma zamanının

sonunda; daha yüksek motor motor hızlarında maksimum türbülans kinetik enerjinin daha fazla olduğu görülmüştür [10].

Sulaiman vd. 4 zamanlı 200cc bir Go-Kart motorunun emme manifoldunun çeşitli tasarımlardaki hava akışlarının analizleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma; yanma odası içerisinde emme manifoldunun 6 tasarımının hava akışının üç boyutlu simülasyonları ile HAD yazılımı FLUENT kullanılarak yapılmıştır. Simülasyon sonuçları akış makinesi ile yapılan bir deneysel çalışma ile doğrulanmıştır. Aynı zamanda bu çalışma; emme manifoldu geometrisindeki değişikliklerin, yanma odasına giren havanın kütle akış oranında %20 artış olabileceğini ortaya koymuştur. İki manifold ile yapılan deneysel çalışma ve simülasyon arasındaki karşılaştırmalar mantıklı bir biçimde birbiriyle örtüşmektedir. Bu durum; simülasyonun güvenilirliğini göstermiş, ayrıca emme manifoldu biçimlerinin ve supap kalkma yüksekliğinin etkisini ispatlamıştır [11].

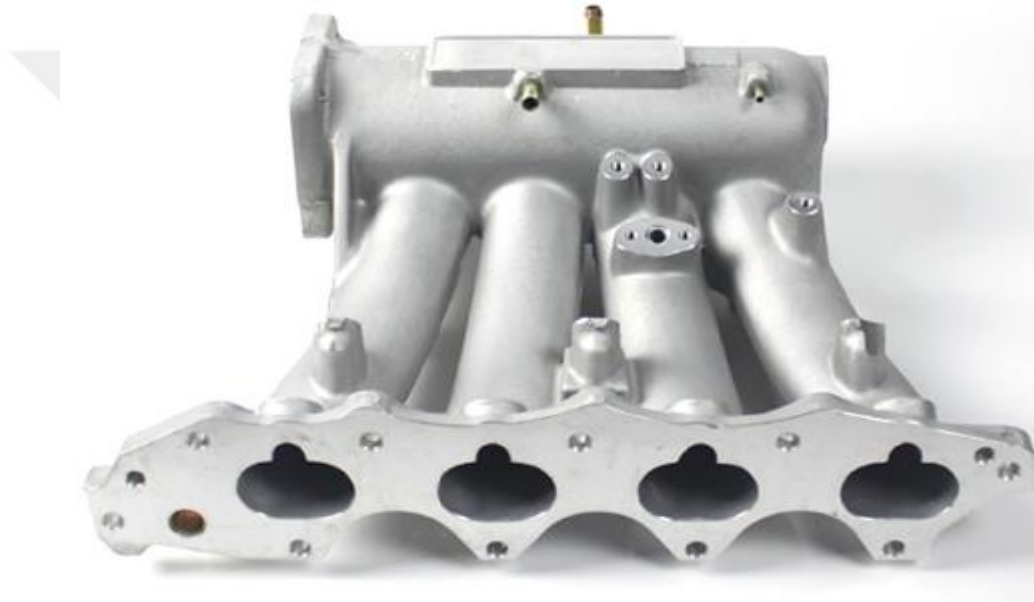
Prasad ve Pandurangadu, emme manifoldundaki hava akışını yönlendirerek oluşan hava girdabının motor performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Denede tek silindirli, 4 zamanlı, su soğutmalı bir motor sabit 1500 d/d ile kullanılmıştır. Hava akışını yönlendirmek için; emme manifoldunda 1 mm genişliğinde ve 2 mm derinliğinde ve farklı eğimlerde helisel kanallar açıldığında emme manifoldunda türbülans elde edilmiştir. Emme manifoldundaki helisel kanalın eğimleri, 2 mm'den 10 mm'ye kadar ikişer mm aralıklarla değiştirilerek farklı durumlarda testler tekrarlanmıştır. Sonuçlar 8 mm'lik kanalın türbülansı arttırdığını göstermiştir, dolayısıyla tüm durumlardaki en iyi hava-yakıt karışımı sağlanmış ve is emisyonları azalmıştır [12].

Literatürde manifold ile ilgili çok sayıda deneysel ve sayısal çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda emme manifoldlarına debilerin eşit dağılımı ile ilgili açığı kapatmak üzere manifoldlar üzerinde birtakım iyileştirmeler yapılmış ve değişik açılı ve giriş uzunlukları için analizler yapılmış ve en uygun tasarım parametreleri elde edilmeye çalışılmıştır.

### 3. EMME MANIFOLDU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

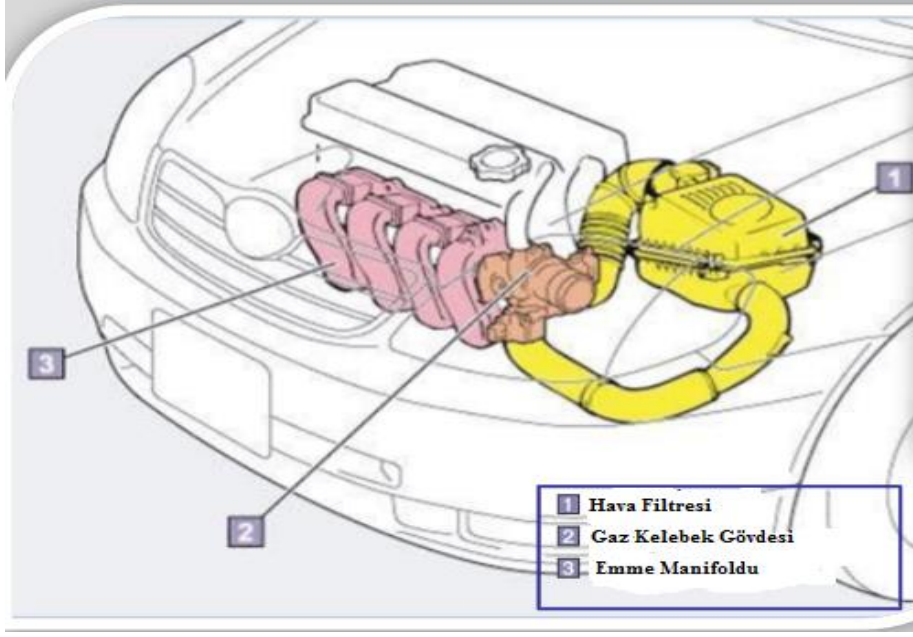
#### 3.1. Emme Manifoldları

Hava filtresinden temiz havayı alarak, motor çeşidine göre hava ya da hava-yakıt karışımı ihtiyacını karşılayacak miktarda, emme subapları vasıtasıyla yanma odasına gönderen parçaya emme manifoldu denir. Emme manifoldunun görseli Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Emme Manifoldu

Emme manifoldu motorun hava ihtiyacını sağlayan en önemli parçalardan birisi olup motor içerisinde yakıtın yanmaya dönüşmesi için havaya ihtiyaç vardır. İhtiyaç duyulan hava direk olarak sisteme girdiği zaman sıkıntı oluşacağından dolayı bu işlem emme subapları aracılığıyla silindirlere yollanır ve yakıt ile hava karışarak yanmaya başlar. Şekil 3.2’de emme manifoldunun motor üzerinde bağlı olduğu hava filtresi ve gaz kelebek gövdesi görülmektedir.



Şekil 3.2. Emme Manifoldu

### 3.2. Emme Manifold Malzemeleri

Emme manifoldları malzeme olarak genelde alüminyum, magnezyum, dökme demir ve polyamidden yapılır. Motorun yan kısmında yer alan emme manifoldları önceki dönemlerde alüminyum ve dökme demirden üretilirken günümüzde daha kullanışlı olduğu için sert plastikten üretilmektedir. Son zamanlarda magnezyum, polyamid ve kompozit plastik malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Boru kanal sistemiyle oluşturulan emme manifoldları her silindire aynı miktarda hava gönderdiği için kavis şeklinde olan bu borular hava direnci oluşturmaz. Emme manifoldları sızdırmalara karşı silindir kapağına özel contasıyla civatalandığı üretildiği için uzun süre sorunsuz bir şekilde kullanılmaktadır.

#### 3.2.1. Alüminyum

Dünyada en fazla bulunan metallere biri alüminyumdur. Alüminyum yer kabuğunun tahmini olarak yüzde 8'ini oluşturur. En fazla bulunan kimyasal elementler arasında üçüncü sırada yer almaktadır. Atom numarası 13 ve atom ağırlığı 26.97 olan alüminyumun kimyasal sembolü ise "Al" şeklinde gösterilir. Gümüş renginde parlak bir elementtir.



**Şekil 3.3.** Alüminyum Emme Manifoldu

Diğer metallerle kimyasal tepkimeye kolayca girebilir. Alüminyum, demirle kıyaslanacak olursa yaklaşık 3 kat daha hafif ve neredeyse çelik kadar sağlamdır aynı zamanda demir gibi manyetik özelliği yoktur. Alaşım ve bileşiklerine göre ham hali daha yumuşaktır. Elektrik ve ısı iletkenliği de yüksek bir malzemedir. İşlenebilmesi için malzemenin ısıtılmasına gerek yoktur soğuk olarakta işlenebilmektedir. İklim şartlarına ve çeşitli kimyasal malzemelere karşı dayanıklıdır. Alüminyum emme manifoldunun görseli Şekil 3.3’de görülmektedir.

Emme manifoldunda alüminyum tercih edilmesinin nedeni; hem hafif olması hem kolay şekil verilebilir olması, hem de iyi bir ısı transferi sağlamasıdır. Etkin ısı transferi emme manifoldunda önemlidir. Çünkü emişteki havanın sıcaklığı eksoz gazını doğrudan etkiler. Isının etkin bir şekilde yayılması alüminyum manifold ile kolaylıkla sağlanır [13].

### **3.2.2. Magnezyum**

Magnezyumun simgesi Mg olup en hafif elementlerden biridir. Magnezyumun rengi gümüş beyazlığında olan bir metaldir ve diğer metallerle alaşım olarak kullanılır. Magnezyum kolay tutuşabilen toz şeklinde ki bir malzemedir.

Magnezyum alaşımları kendileri kadar hafif olan alüminyum malzeme ile karşılaştırıldıklarında belirli karakteristikleri yüzünden yapı malzemesi olarak kendilerine farklı kullanım alanları bulabilmektedir. Magnezyumun iyileştirilmeye çalışan özellikleri de vardır bunlar da alaşımlarının, yorulma, sürünme ve korozyon dirençleridir. Bu özellikler içerisinde bazı alaşımların korozyon ve sürünme özellikleri açısından iyi geliştirilmiş olup, otomotiv sektöründe de kullanılmaktadır.

Günlük hayatta özellikle havacılık ve otomotiv sektöründe yakıt tüketiminden tasarruf edilebilmek için ağırlık azaltılma yoluna gidilmiştir. Bu amaçla düşük ağırlıklı ve yüksek dayanımlı malzeme üretimi için yapılan çalışmalar artış göstermekte ve magnezyum üzerine yoğunlaşmaktadır. Magnezyum alüminyumdan %35, çelikten ise %78 daha hafif bir metaldir. Bunun sonucunda magnezyum ve alaşımları hafifliğin önem arz ettiği kara ve hava taşıtlarında kullanılmaktadır. Motor parçalarının (emme manifoldları, vites kutusu, karterler, silindir üst kapağı, dişli kutuları, yağ pompası gövdesi vb.) üretimi için Mg alaşımları tercih edilebilmektedir.

### 3.2.3. Dökme Demir

Ham demirde ki karbon sayısının azaltılarak makul düzeye çekilmesiyle elde edilen yapıya dökme demir denir. Karbon elementinin sayısı ne kadar çok olursa sertliği o derece artar ve kırılabilirliğe sebep olacağı içinde endüstride kullanılması tavsiye edilmemektedir. Dökme demir içerisinde belli oranlarda karbon ve silisyum elementlerini içermektedir. Dökme demirler kolay eritilebilirler ve eridiklerinde çok akışkan oldukları için harika döküm alaşımlarıdır. Katılaştıkları zaman istenilmeyen yüzey filmi oluşturmazlar. Döküm esnasında dökme demir soğuduğu anda büzülme gösterirler fakat bu büzülme çok aşırı değildir. Dökme demir içinde bulunan karbon, dökme demire sertlik ve kırılabilirliklerini artırdıklarından dolayı kolaylıkla talaş kaldırma işlemini yaparak şekil verilmesini sağlar. Yüksek sertlik aynı zaman da yüksek aşınma dayanımını da sağlar. Tek dezavantajı düşük süneklik ve tokluk özellikleridir.



Şekil 3.4. Dökme Demir Emme Manifoldu.

Şekil 3.4’de dökme demir emme manifoldu görülmektedir. Manifold üretiminde tercih edilmesinin en önemli sebebi ise; hava ile ısıyı en iyi şekilde dağıtması ve kolay şekillendirilebilir olmasıdır. Dökme demirden yapılmış emme manifoldları havayı en iyi şekilde dağıtarak silindirlerde homojen bir karışımın oluşabilmesini sağladıklarından, emme manifoldu tasarımında sıklıkla kullanılırlar. Koruyucu bir tabaka ile kaplanarak ayrıca paslanmaya karşı da önlem alınabilir. Bunun yanı sıra; karbon eşdeğeri de dökme demirin sınıflandırmasında önemlidir.

### 3.2.4. Polyamid

Polyamid makine, sanayi ve birçok endüstri dallarında en çok kullanılan malzemelerden biridir. Kimyasal mukavemeti orta düzeyde olup asit ve bazlara karşı mukavemeti vardır. Poliamid 6' nın su toplama özelliğinden dolayı avantaj ve dezavantajları vardır. Avantajı parçanın titreşim ve ani darbelere karşı dayanımının yüksek olmasıdır. Böylece parçanın kullanımı anında oluşan dinamik gerilmeler giderilir. Dezavantajı ise malzemede ölçü stabilitesine sağlamak zorlaşır. Kısacası malzeme havadaki nemden bile etkilenip ölçü değişikliklerine sebep olur. Her türlü parça (basit dişlilerde, yataklarda, civatalarda, emme manifoldlarında, flanşlarda, makara kayış kasnaklarında, kesim plakası, filtre plakası, tazgah tablası vb.) imalatında kullanılırlar. Şekil 3.5’de polyamidden yapılmış emme manifoldu görülmektedir.



Şekil 3.5. Poliamid Emme Manifoldu.

### **3.3. Emme Manifold Çeşitleri**

Emme manifoldları kendi aralarında değişken yollu emme manifoldu, ıslak akışlı manifoldlar, tek bölgeli manifoldlar, kuru akışlı manifoldlar, çift bölgeli manifoldlar olarak beş şekilde sınıflandırılmaktadır.

#### **3.3.1. Değişken Yollu Emme Manifoldu**

Son yıllarda değişken geometrili emme manifoldu daha popüler olmuştur, bu sayede düşük hızlarda tork dağılımı daha iyi olmakta ve yüksek hızlardaki güç azalması engellenebilmektedir. Çoğu sürekli değişken emme manifoldu, üretim zorluğundan dolayı, farklı uzunluklardaki iki emme kanalından oluşmaktadır. Bunlardan uzun olanı düşük devirler için, kısa olanı ise yüksek devirler için kullanılmaktadır. Bu değişkenlik, toplamda ideal tork değişimi ile iyi hızlanma ve esneklik değerlerinin temelidir. Dolgu hacminin, motorun performansı ve kirletici emisyonlar üzerinde çok büyük etkisi bulunmaktadır. Değişken dolgu hacimli manifoldlar kullanılarak motorun performansı artırılabilir.

#### **3.3.2. Islak Akışlı Manifoldlar**

Bu tür manifoldlarda hava ve yakıt beraber akmaktadır. Karbüratör ve emme manifolduna direkt enjeksiyon sistemleri buna örnektir. Emme kanalı şekli çok önemlidir, hava yakıt karışım oranı bozulmamalıdır. Bundan dolayı ıslak akışlı manifold dizaynı daha karmaşıktır. Eğer dört silindirli bir motorun emme manifoldunu incelersek karbüratörün altındaki, manifold bağlantısı eğimi çok fazladır. Karbüratörün alt kısmından geçen hava silindirlere gelmeden önce yaklaşık 90° dönüş yapar. Yüksek devirlerde yakıtla havanın karışım durumunda kalması zorlaşır. Çok düşük hızlarda karışımın ayrılmasına sebep olur. Bu durum özellikle geniş kanallarda ve düşük devirlerde oluşur. Düşük hız demek yakıtın daha yavaş olarak akışı anlamına gelir. Yakıt havadan daha ağırdır ve yavaş hareket uzadıkça daha çok ayrılma gerçekleşir. Yüksek akış hızı elde etmek kolaydır fakat belirli sınırlara bağlı olarak bunun gerçekleştirilmesi gereklidir. Yüksek devirlerde akışın

daha iyi olması için geniş kanallar gereklidir, fakat bu durumda ise geniş kanallar hızı düşürür ve gücü azaltır [20].

### **3.3.3. Tek Bölgele Manifoldlar**

Bütün emme kanalları genel bir dolgu hacmine doğru birleşirler. Açık dolgulu manifoldlar, çift bölgele manifoldlara göre daha yüksek güç sağlarlar. Yüksek devirli araçlarda tek bölgele emme manifoldları performansı daha çok artırmaktadır. Tek bölgele emme manifoldlarında, manifold içerisine hava girişi farklı şekillerde olabilmektedir [14].

### **3.3.4. Kuru Akışlı Manifoldlar**

Hava ve yakıt emme sırasında hareket ederken, sert kenarlar dönüş esnasında hız artmasına neden olurlar. Hava yakıttan daha hafiftir ve daha keskin dönüşler yapar. Bir hava yakıt karışımı sert bir dönüşe geldiği zaman, yakıt ayrılır ve dönülen kenarın dış kısmına doğru savrulur. Emme kanallarının yeterince uzun olması düşük ve yüksek tork değerlerini sağlamak için yeterlidir. Çok noktadan yakıt enjeksiyonu bize yakıtın direkt olarak emme portuna enjeksiyonunu sağlar, bu da emme manifoldundan sadece havanın geçmesi demektir. Bundan dolayı emme manifoldunda daha keskin eğimler yapabiliriz. Hava düz bir yolda boru veya kanal daha iyi akar fakat eğimli durumda da yakıttan ayrışma problemi ortadan kaldırılabilir [14].

### **3.3.5. Çift Bölgele Manifoldlar**

Bu tür manifoldlarda iki adet dolgu hacmi bulunur. Bu özellik düşük devirde gücü artırır ve diğer manifoldlara göre gaz tepkisini artırır. Çift bölgele manifoldlar, özellikle büyük hacimli kalbüratörlerde kullanılmaktadır. Şekil 3.6'da çift bölgele emme manifoldu genel gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Çift Bölge Emme Manifoldu

### 3.4. Emme Manifoldundan Bulunması Gereken Özellikler

#### 3.4.1. Ağırlık

Otomobilin manifold ağırlığı mümkün olan en düşük seviyede tutmak otomobilin genel performansını artıracaktır. Bu yüzden manifold üretiminde kompozit malzemeler kullanılır.

#### 3.4.2. Dayanıklılık

Emme manifoldları, çalışma sıcaklığı ve basıncı durumları göz önüne alınarak, bu etkileri karşılayabilecek uygun özellikte malzemelerden üretilmelidirler. Üretilen manifoldun kalitesi ve uzun ömürlü olması bu parametre ile doğrudan ilişkilidir.

#### 3.4.3. Yanmaya Direnç

Emme manifoldu her ne kadar doğrudan bir ısıya maruz kalmıyor olsa da, termoplastik ve kompozit manifoldlarda kullanılan malzemenin motordan yayılan yüksek ısıya, yanmaya karşı dayanıklı olması gerekir.

#### **3.4.4. Tasarım Esnekliği**

Üretimin ilk safhası olan prototip aşamasındaki bir manifoldun esnek bir dizayna sahip olması, farklı manifold dizaynlarının kalıpta çok fazla değişikliğe gerek duyulmadan denenmesini sağlar.

#### **3.4.5. Hava Akışı**

Emme manifoldunun performansını ve verimliliğini arttırmak için tasarım esnasında mümkün olduğu kadar keskin köşe ve kenarlardan olabildiğince kaçınmak ve yeterli hava hacmini belirlemek gerekir. Bununla beraber emme manifoldu içerisindeki pürüzlülüğü de en aza indirmek manifold performansına katkı sağlar. Manifolddaki pürüzlülüğün fazla olması sürtünmeyi artırır ve manifold cidarlarına temas halinde bulunan havanın hızını düşürür.

#### **3.4.6. Montaj Kolaylığı**

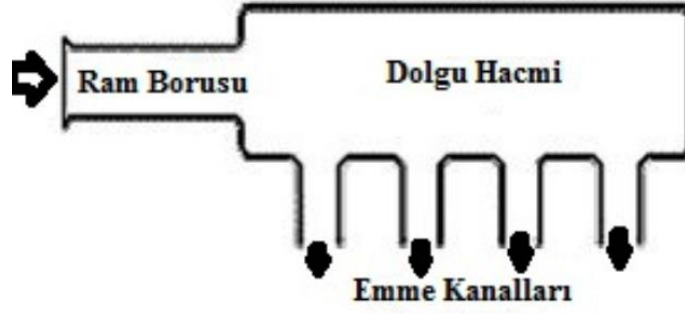
Manifold dizayn edilirken motor bloğu ile otomobil gövdesi arasındaki boşluğa dikkat edilmeli ve bağlantı elemanlarının ve manifoldun konumu buna göre belirlenmelidir.

#### **3.4.7. Yüksek Sıcaklık Performansı**

Yüksek sıcaklıklarda emme manifoldu geometrisinde deformasyon oluşumunu engellemek için belirli bir oranda genişmesine ihtiyaç duyulur. Bu ihtiyaç, emme manifoldunun uzun ömürlü olması açısından önemlidir.

### **3.5. Emme Manifoldunun Bölümleri**

Emme manifoldları dolgu hacmi, ram borusu ve emme kanallarından oluşmaktadır. Emme manifoldunun bölümleri Şekil 3.7 'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Emme Manifoldu Bölümleri

### 3.5.1. Dolgu Hacmi

Dolgu hacmi emme kanal dağıtıcılarının birleştiği bölümdür. Tek bir dolgu hacminde bütün emme dağıtıcılarının birleşebildiği gibi, iki dolgu alanı da olmaktadır. Dolgu hacmi aracın performans geliştirme aracıdır.

### 3.5.2. Emme Kanalları

Emme kanalları ortak dolgu hacimli dağıtıcı kanallar ve birbirinden bağımsız emme kanalları olarak ikiye ayrılır. Bunlar silindir başları ile dolgu alanı arasındaki bağlantılardır. Motor maksimum devirde iken yeterli miktar ve hızda havanın ve düşük devirlerde ise düşük hızlarda havanın silindire akmasını sağlamaktadırlar. Benzinli motorlarda emme kanallarında yön değişimleri maksimum  $15^\circ$  kadar olmalıdır ve kanallar mümkün olduğu kadar düz bir geometriye sahip olmalıdır. Birbirinden bağımsız dağıtıcı kanalların dolgu bölümü yoktur. Her bir silindir için bir besleme kanalı vardır ve bağlayıcı bir şey yoktur. Bu düşük devirlerde dikkate değer bir gücün oluşmasını sağlar, çünkü besleyici borunun içerisine en yüksek hızda akışkanın girmesini sağlar fakat yüksek devirlerde bu problemlere yol açar. Yüksek akış hızına bağlı olarak birbirinden bağımsız dolgu besleyicilerinin fazladan hava akış hacmine ihtiyacı olur.

### 3.6. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

Akışkan mekaniği problemlerinin analizi ve çözümlenmesi için sayısal yöntem ve algoritmalarının kullanıldığı bilim dalına, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) denir. Sonuçlar bilgisayar programlarından yapıldığı için gerçek durumları, kullanılan bilgisayara ve ya bilgisayarın performanslarına bağlıdır.

Genelde HAD metodunda tahmini hesap yapılır bu nedenle analitik çözümde ki sonuç gibi net çözümler veremezler. Yapılan analizin hassasiyeti ise en başta hesaplama için elemanların büyüklüklerine, konumlarına, türlerine ve eleman formülasyonuna bağlıdır. HAD yazılımlarının hesaplamalarının çok fazla zaman alması, problemlerin şekillenmesi, çözümlenmesi, sonuçların doğru değerlendirilmesinin kolay olmaması ve ilk tercih edilen örneklerin sonuçlarının yeteri kadar hassasiyeti olmaması gibi nedenlerden dolayı bu metod henüz çok fazla tercih edilmemektedir. HAD uygulaması 4 aşamadan oluşur.

1. Önişlem; geometrinin oluşturulması, problemin modellenmesi, hesaplama örgüsünün oluşturulması, sınır şartlarının belirlenmesi.

2. Çözüm; problemin türüne uygun bir çözüm yöntemiyle yaklaşık olarak hesaplanması.

3. Sonuçlar; çözümde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi.

4. Deneysel doğrulama; bazı verilerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılarak sonuçların yeterli hassasiyette olduğunun doğrulanmaya çalışılması. HAD' in zaman içinde gelişimi kabaca şu sırada gerçekleşmiştir; 1920'lerde ilk temeller, sayısal analiz araştırmalarının başlaması 1950'ler; temel gelişmeler, önemli sayısal yöntemler geliştirildi. 60'larda ve 70'lerde hızlı gelişmeler, çok sayıda HAD algoritmasının geliştirilmesi, 80'lerde gerçek uygulamaların başlaması, ilk hava dinamiği çözümlerinin gerçek uygulamalar için denenmesi, araştırmacılar kendi konularına yönelik uygulamalar için kendi yazılımlarını meydana getirdiler.

Akışın özellikle farklı geometrilerdeki türbülans yapısı modellenmeli ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için önceden elde edilen deneyimlerden de faydalanılmalıdır. Bu çalışmada Fluent yazılım paketi kullanılmış ve teknik genel olarak tanımlanmıştır.

Bir CFD yönteminin gerçekleştirilebilmesi için bazı adımların atılması gereklidir. Bunlardan ilk olarak, akışın önemli özellikleri modellenmeli, bir model geometrisi oluşturulmalı ve bunun sonlu hacimde ağ hücreleri oluşturulmalıdır. Eşitliklerin

çözümünün gerçekleştirilebilmesi için akış özellikleri ve sınır şartları gereklidir. Bir katı modelleme aracı olan SOLIDWORKS manifoldun geometrisinin oluşturulması için kullanılmıştır. Daha sonra ise bu model fluent programına gönderilmiştir. Standart k-ε modeli olan uygulamalı mühendislik türbülans modeli uzun yıllardır kullanılmakta olup, basitlik ve daha az zaman alması yönünden kullanışlıdır. Sınır şartları, emme esnasında içeri alınacak havanın; hız, sıcaklık, basıncına göre programa girilmektedir. Buna bağlı olarak emme kanalı için hız profili ve türbülans yoğunluğu belirlenmiştir. Çıkış kısımlarındaki toplam basınç düşümü atmosferik basınca eşit olarak alınmıştır. Her bir çıkıştaki basınç düşümü uç kısımlardaki hıza bağlı olarak yani çıkıştaki akış oranının bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

### 3.7. Akışkanlar Mekaniğinin Temel Diferansiyel Denklemleri

Akışkan hareketlerinin diferansiyel denklemlerini çözmek kolay değildir ve bu akışkan hareketlerinin matematiksel özellikleri çok bilinmemektedir. Denklemler çözülmemiş olsada bu denklemlerin akışkan hareketlerini oluşturan boyutsuz parametreleri ortaya çıkarmışlardır. Sıkıştırılamaz ve daimi akış olarak seçilirse çok sayıda yararlı çözümler oluşturulabilir. Sürtünmesiz akış olarak çözüm oluşturulursa ve Bernoulli denklemini geçerli kılar ve çok çeşitli idealleştirilmiş akışkan için gereken çözümleri verir. Bu kısımda akışkan hareketlerini analiz etmek için akışkanlar mekaniğinin diferansiyel denklemleri aşağıda verilmiştir. Kütle korunumu kanununun diferansiyel denklemi aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3.1)$$

Newton tipi akışkan için, momentum denklemleri:

$$\rho \left( u_i \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( (\mu + \mu_{turb}) \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad j = 1,2,3 \quad (3.2)$$

Bu tezde laminar akım çözümlemesi yapıldığından bu iki denklem yeterlidir. Ancak türbülanslı akım çözümlerinde ilave olarak transport denklemleri de kullanılır. Örneğin kayma gerilmesi transport denklemi olan SST (Shear Stress Transport) denklemleri şu şekilde verilir:

$$\frac{\partial(\rho u_i \kappa)}{\partial x_i} = \gamma \cdot P_\kappa - \beta_1 \rho \kappa \omega + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_{turb}}{\sigma_\kappa} \right) \frac{\partial \kappa}{\partial x_i} \right] \quad (3.3)$$

$$\frac{\partial(\rho u_i \omega)}{\partial x_i} = A \rho S^2 - \beta_2 \rho \omega^2 + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_{turb}}{\sigma_\omega} \right) \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \right] + 2(1 - F_1) \rho \frac{1}{\sigma_{\omega 2} \omega} \frac{\partial \kappa}{\partial x_i} \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \quad (3.4)$$

Denklem (2)'de verilen  $\mu_{turb}$  türbülans viskozitesidir.

SST denklemlerindeki  $\omega$  türbülans bozulmasının özgül oranıdır.  $P_\kappa$  türbülanslı kinetik enerji olan  $\kappa$ 'nın üretim oranıdır.  $\sigma_\kappa$ ,  $\sigma_{\omega 2}$ ,  $\sigma_\omega$  terimleri  $\kappa$  ve  $\omega$  iletimleri için Prandtl sayısına benzer parametrelerdir.  $F_1$  standard k- $\epsilon$  modelinde ve Wilcox k-w modelinde kullanılan bir bağlayıcı fonksiyondur.  $S$  terimi ise kayma gerilmesinin mutlak değeridir.  $A$  ve  $\beta$  terimleri model sabitleridir.

#### Türbülans k- $\epsilon$ Denklemleri,

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k - \rho \epsilon + S_k \quad (3.5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \epsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} G_k - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} - S_\epsilon \quad (3.6)$$

Bu denklemlerde,  $T$  sıcaklık,  $u$  hız bileşeni,  $C_d$  sabit basınçta özgül ısı  $G_k$  kinetik enerji üretimi, “k” olarak belirtilen kısmi türbülans kinetik enerji değerini ifade eder

( $m^2/s^2$ ),  $\epsilon''$  olarak belirtilen kısım türbülans dağılım oranını ifade eder ( $m^2/s^3$ ), P basınç,  $\alpha$  ısı yayılım katsayısını,  $Sk$  ile  $Se$  ise kaynak terimlerini göstermektedir.

Denklem (3) ve (4)'de geçen  $k$  ve  $w$  için türbülans viskozitesi bilinmelidir.  $\mu_t$  şöyle hesaplanır:

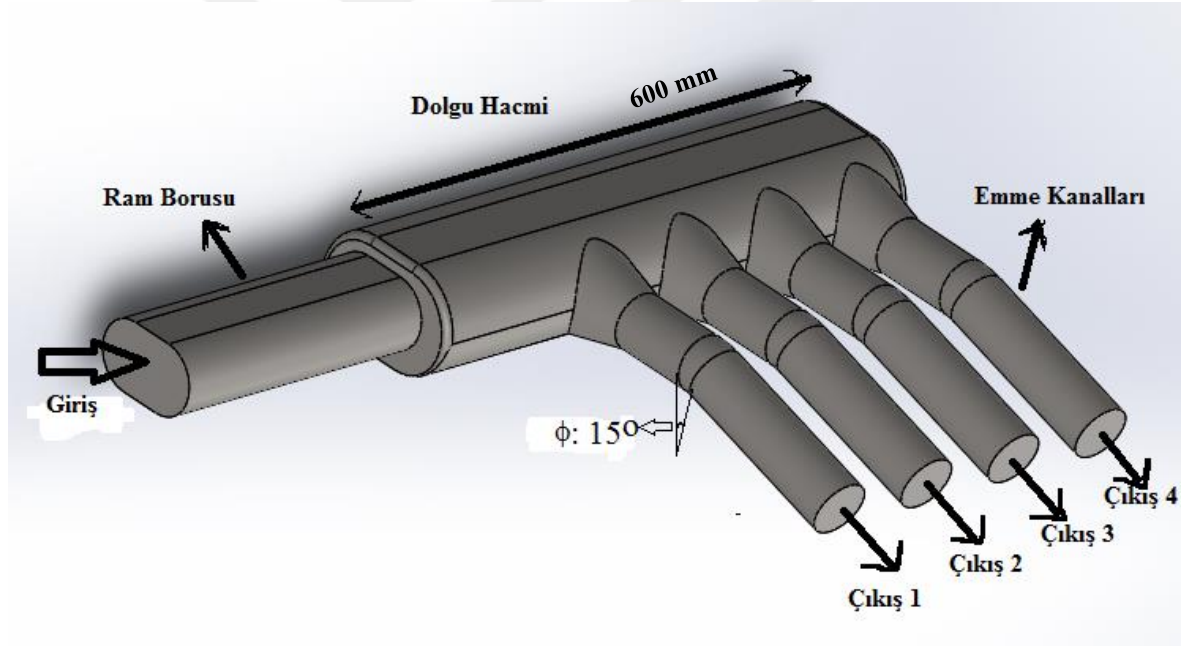
$$\mu_t = \frac{\alpha \rho \kappa}{\max(a\omega, SF_2)} \quad (3.7)$$



## 4. METARYAL ve METOT

### 4.1. Emme Manifold Tasarımı

Bilgisayar destekli emme manifoldu dizaynı bize çeşitli otomobil modellerinin tasarlanması ve manifold dizaynının gerçekleştirilmesini sağlanarak üretim ve lojistik avantajı ile çok büyük mali kazançlar sağlanabilmektedir. Tasarım programlarının gelişmesi ile birçok ürün gibi emme manifoldunun da tasarlanabiliyor olması üretim ve taşıma açısından büyük kazançlar elde edilmesini sağlamıştır. Bilgisayar destekli modellemenin hayatımızda olmadığı dönemlerde, bir manifolddan beklenen özelliklerin yerine getirilip getirilmediğini belirlemek için uzun sürelere ihtiyaç duyulmaktaydı. Günümüzde ise, tasarım, üretim ve testler de dâhil olmak üzere tüm işlemler kısa süre içerisinde tamamlanabilmektedir.



Şekil 4.1. Emme Manifoldu Solidworks Tasarımı ( $\phi: 150^\circ$ )

Bu çalışmamızda emme manifoldunu tasarlamak için SolidWorks 2015 programı kullanılmış olup tasarımı yapılan emme manifoldlarının geometrileri yukarıdaki şekilde verilmiştir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi dört zamanlı bir motor için tasarımı yapılan emme manifoldu, ram borusu, dolgu hacmi ve dört adet emme kanalından oluşmaktadır. Tasarımın emme manifold giriş kısmi oval olup ve emme kanalları yuvarlak tasarlanmıştır.

Üç farklı uzunluğa sahip tasarım yapılmıştır. Dolgu hacmi uzunluğu 350 mm, 400 mm ve 450 mm olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Analizler sonucunda emme kanallarından çıkan debilerin birbirine en yakın olduğu tasarım, 400 mm kenar uzunluğuna sahip kare prizma şeklinde, toplam uzunluğu 600 mm olarak belirlenmiştir. Emme kanallarının, dolgu hacmi orta eksenini ile yaptığı açı ise 15°, 30°, 60° olmak üzere üç farklı açılı model tasarlanarak simülasyon yapılmıştır.

#### 4.2. Çalışmanın Sınır Şartları

Emme manifoldunun alüminyum malzemeden yapıldığı varsayılmıştır. Çözümde oluşan akışın basınç farkı ile oluştuğu varsayılmıştır. Bundan dolayı emme manifoldunun giriş borusu ile emme kanalları arasında basınç farkı oluşturularak çözüm yapılmıştır. Tablo 4.1’de çalışmanın sınır şartları görülmektedir. Giriş hızlarımız 60 m/s, 120 m/s ve 180 m/s alınmıştır. Akışkan olarak havanın özellikleri kullanılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalara paralel olarak emme manifoldu giriş basıncı 101325 Pa alınmış, emme kanallarındaki çıkış basıncı 90000 Pa olarak alınmıştır. 300 K sıcaklıkta çözüm yapılmıştır.

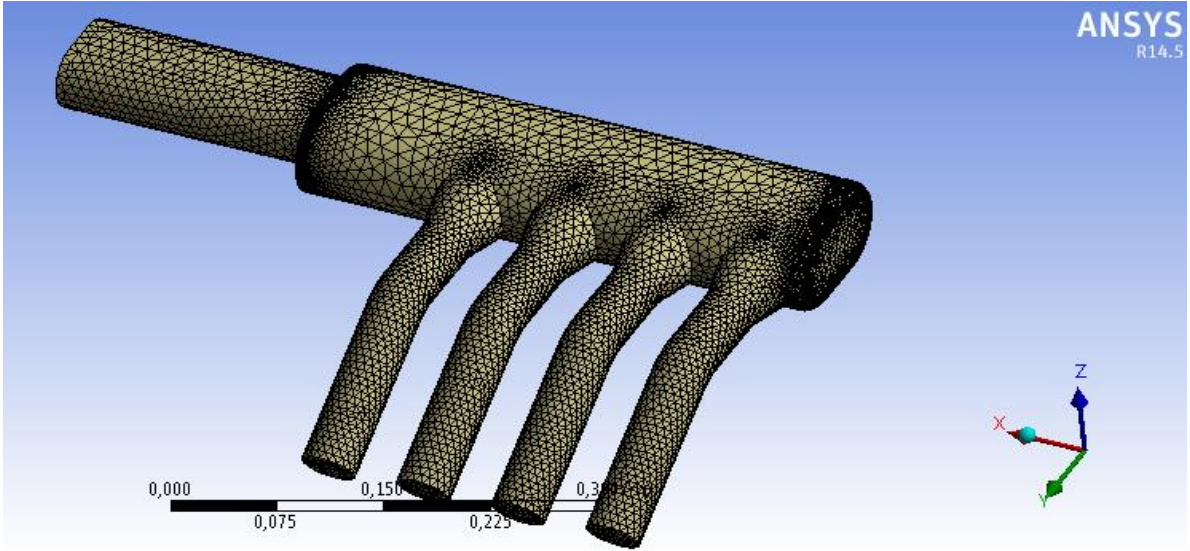
**Tablo 4.1.** Çalışmanın sınır şartları

Parametre	Değer
Giriş Hızı	60 m/s -120 m/s-180 m/s
Giriş Basıncı	101325 Pa
Çıkış Basıncı	90000 Pa
Sıcaklık	300 K

Havanın özellikleri  $\mu:1.78 \times 10^{-5}$  Ns/m<sup>2</sup>  $\rho:1.225$  kg/m<sup>3</sup> ve fluent modülü içinde bu değerler tanımlıdır. Deneysel sabitler:  $C = 0.09$ ,  $C_{2\varepsilon} = 1.92$ ,  $C_{1\varepsilon} = 1.44$ , Türbülans Prandtl sayıları  $\sigma_k = 1.0$ ,  $\sigma_\varepsilon = 1.3$  dir.

### 4.3. Emme Manifoldunun Ağ Yapısı

Solidworks programında çizilen modelin problemin çözümünde kullanılan mesh (ağ) yapısı Şekil 4.2’de verilmiştir. Basınç ve hız değişkenlerin değişimlerinin çözüm içerisinde bulunan yoğun olduğu yerlerde daha sık, aynı şekilde hız sınır bölgelerinin olduğu yüzeylere yakın kısımlara çok sık, geri kalan yerlerde daha gevşek bir mesh (ağ) oluşturulmuştur [4]. Farklı eleman sayılarına sahip ağ yapıları için simülasyonlar yapılmıştır ve ağ yapısından farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu amaçla üç farklı manifold geometrisi tasarlanıp ağ yapıları elde edilmiştir.



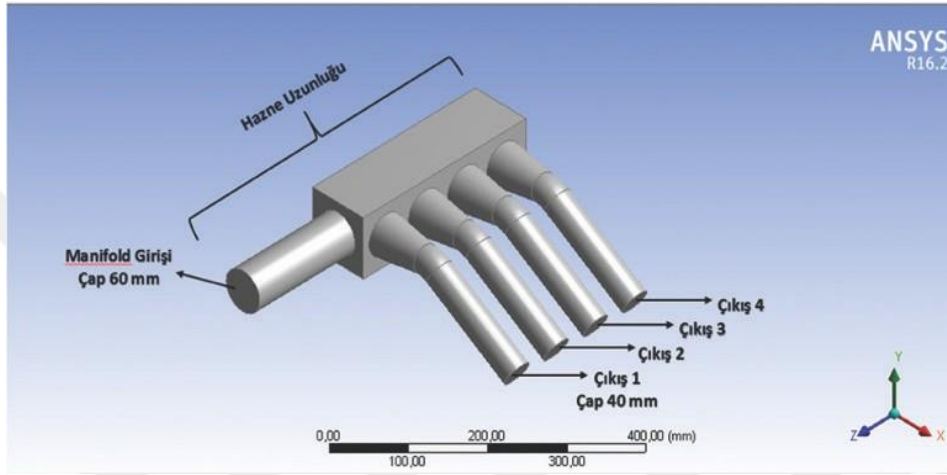
Şekil 4.2. Emme Manifoldu Ağ Yapısı

### 4.4. Çalışmanın Ağ Yapısının Doğrulanması

Bu çalışmada ki problemin çözümünde kullanılan ağ yapısı Şekil 4.2’ de görülmektedir. Çalışmanın düğüm sayısından bağımsız olduğunu göstermek için üç ayrı düğüm sayısı test edilmiştir. Üç farklı geometri için 30000, 40000, 50000 düğüm sayılarına sahip ağ yapıları için simülasyonlar yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Üç farklı tasarım içinde 135000 ile 170000 eleman sayılarına sahip ağ yapıları belirlenmiştir. Sonuçlar neticesinde farklı düğüm noktalarında elde edilen verilerin değişmediği görülmüştür.

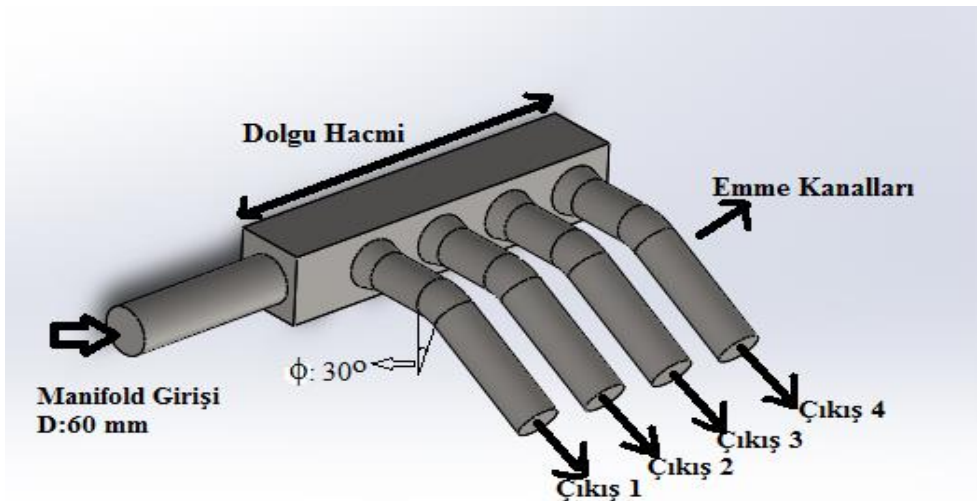
#### 4.5. Mevcut Çalışmanın Literatür İle Karşılaştırılması

Literatürde yapılan çalışmadaki tasarım ile aynı ölçüler ve aynı hızlar verilerek analiz yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda karşılaştırma yapılarak tasarım için yapılacak iyileştirmeler belirlenmiştir. Aşağıda literatür, aynı ölçülerdeki çalışma ve iyileştirilmiş üç çalışmanın tasarımı verilmiştir.



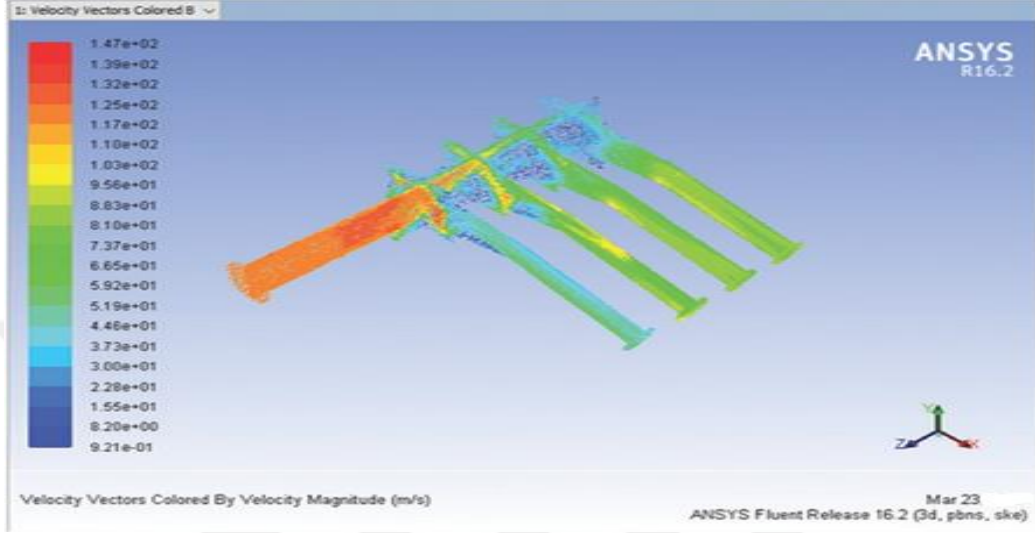
Şekil 4.3. Emme manifoldu solidworks tasarımı [4].

Şekil 4.3’de verilen tasarım literatürde incelenen hazne uzunluğu 460 mm, emme kanalları boru çapları 40 mm ve manifold giriş çapı 60 mm’dir.



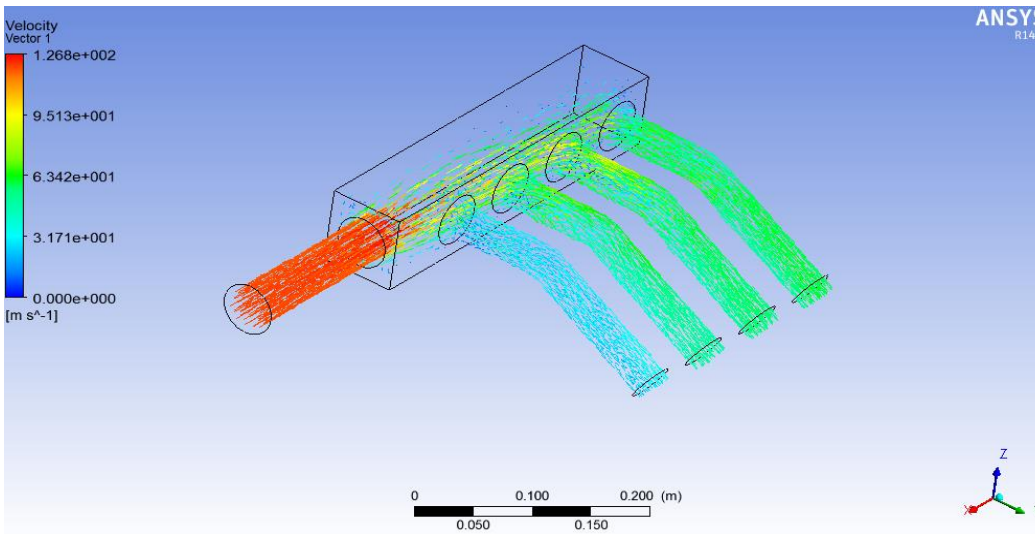
Şekil 4.4. Emme manifoldu solidworks tasarımı

Şekil 4.4’de verilen tasarım literatürdeki ile aynı ölçülerde yapılan tasarımdır. Ansys fluentte iki tasarımın sonuçları elde edilerek karşılaştırılmıştır. Aşağıda iki tasarım için elde edilen vektör dağılımları görülmektedir.



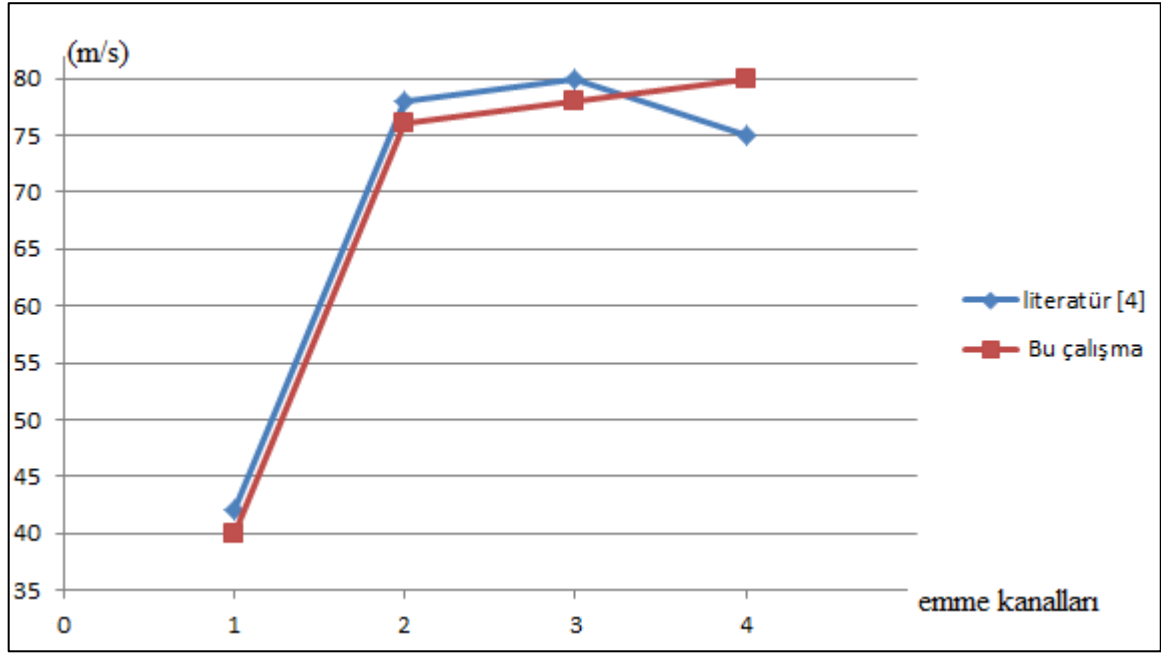
Şekil 4.5. Literatürdeki çalışmanın vektör dağılımları [4].

Şekil 4.5’de literatürdeki çalışmanın ansys fluentte yapılan analizler sonucunda elde edilen vektör dağılımları görülmektedir [4].



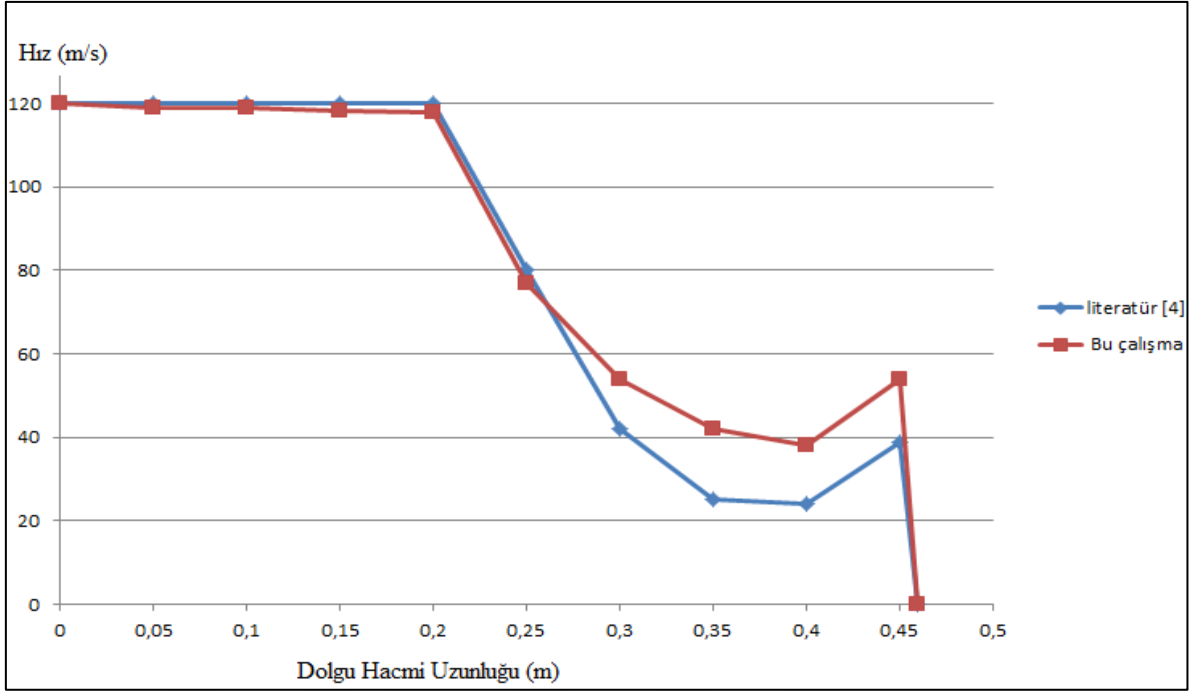
Şekil 4.6. Literatürdeki çalışma ile aynı ölçülerde ve hızda elde edilen vektör dağılımları

Şekil 4.6'da literatürdeki çalışma ile aynı ölçülerde ve hızda gönderilen akışkanın ansys fluentte yapılan analizler sonucunda elde edilen vektör dağılımları görülmektedir. Yukarıda verilen tasarımların analizleri karşılaştırıldığında, literatürdeki çalışmada dört emme kanalından çıkan hava hızlarının eşit olmadığı ilk emme kanalının hızı diğer üç emme kanalına göre daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 4.7. Dört emme kanalından çıkan ortalama akışkan hızları ( $V_{giriş}:120$  m/s,  $\phi:30^\circ$ )

Şekil 4.7'ye bakıldığında iki çalışmanın da manifold giriş hızı 120 m/s ve emme kanallarının dolgu hacmiyle açısı  $30^\circ$  iken emme kanallarından çıkan akışkanın hızları karşılaştırılmıştır. Birinci emme kanalı ortalama çıkış hızı iki çalışmada da düşük olduğu, ikinci ve üçüncü emme kanalında birbirine yakın olduğu ve dördüncü emme kanalında da üç emme kanalına göre çıkan akışkanın ortalama hızının yüksek olduğu görülmektedir. Çıkış hızlarına bakılarak birinci emme kanalının motor performansı açısından iyi sonuçlar vermeyeceği görülmektedir. Bu nedenle birinci emme kanalına iyileştirme yapılmalıdır.



Şekil 4.8. Dolgu Hacmi uzunluğu boyunca ortalama akışkan hızları ( $V_{giriş}:120 \text{ m/s}$ ,  $\phi:30^\circ$ )

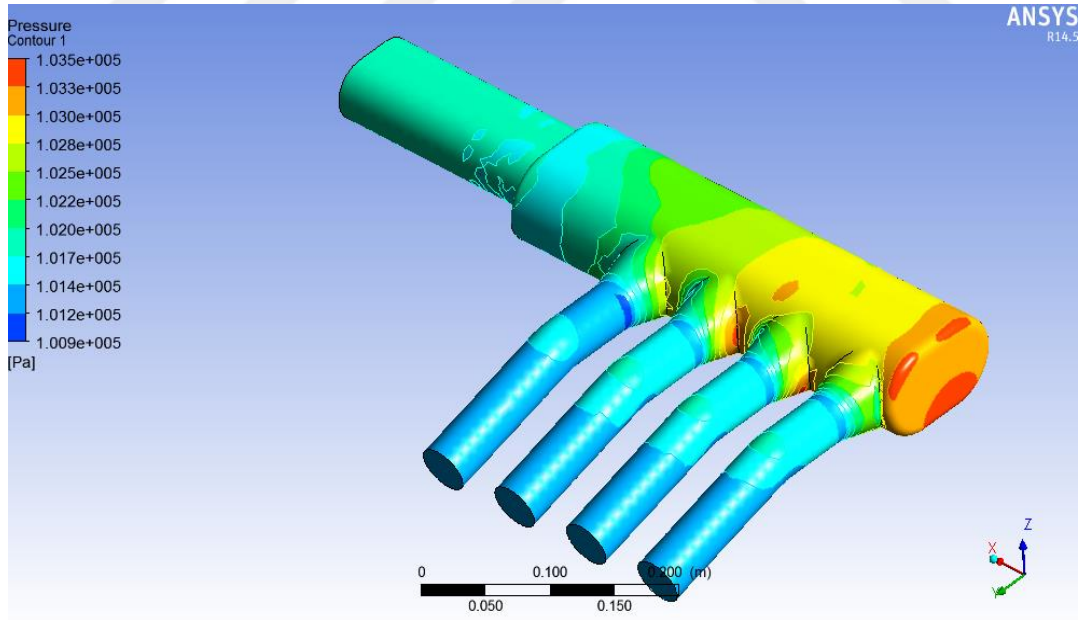
Şekil 4.8'e bakıldığında iki çalışmada manifold giriş hızı  $120 \text{ m/s}$  ve emme kanallarının dolgu hacmiyle açısı  $30^\circ$  iken dolgu hacmi boyunca akışkanın hızları karşılaştırılmıştır. Grafiğe bakıldığında, bu çalışma ve literatürdeki çalışmanın dolgu hacmi boyunca hızlarının birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın hızlarının dolgu hacmi boyunca daha yüksek hızlı olduğu görülmektedir. Manifold giriş kısmında  $0.2 \text{ m}$ 'ye gelene kadar iki çalışmanın sonuçların birbiriyle yakın değerlerde olduğu görülmektedir.  $0.2 \text{ m}$ 'den sonra tüm modeller için küçük farklılıklar aynı yapıda ve aynı değerlerde olduğu şekile bakarak görülmektedir. Akışkanın manifold giriş borusundan dolgu hacmine geçişinden sonra basınç düşüşü görülmektedir. Bu basınç düşüşü iki model için benzer olarak giriş borusundan dolgu hacmine geçtikten sonra düşmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda elde edilen sonuçların güvenilirliği ve doğruluğu kabul edilebilir.

## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Literatürdeki çalışma ile bu çalışma karşılaştırıldığında elde edilen sonuçları geliştirmek için yeni bir tasarım yapılmıştır. Bu amaçla yeni tasarım ölçüleri belirlenmiş, dolgu hacmi genişletilmiş ve uzunluğu arttırılmıştır. Manifold giriş hızı 60 m/s, 120 m/s, 180 m/s, emme kanallarındaki açılar 15°, 30°, 60° için analizler yapılarak dört emme kanalının hızlarının eşit değerlere yakın olması için en uygun tasarım belirlenecektir. Literatürdeki çalışmanın sonuçları iyileştirilerek, yanma odasına girecek hava hızları eşitlenerek, motor verimi için iyi sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

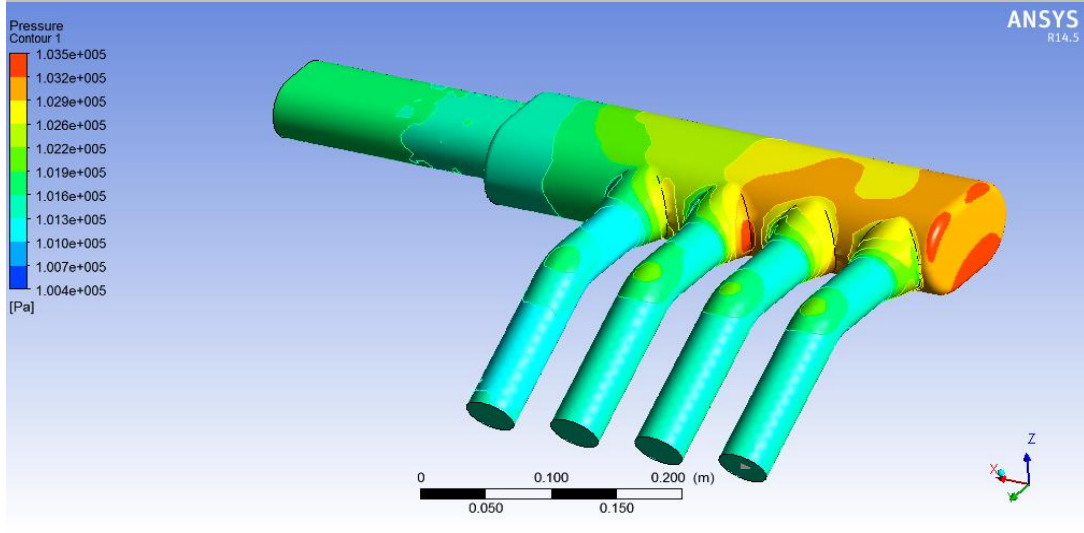
Bu üç farklı model için simülasyonlar yapıp sonuçları aşağıda verilmiştir. Tasarımı yapılmış üç modelin aşağıda basınç değerleri görülmektedir.

Emme kanallarının giriş kısımları basıncın düştüğü ve emme kanalının eğiminin arttığı yerlerde tekrar basıncın arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum üç model içinde aynı olduğu sadece Şekil 5.1’de farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.



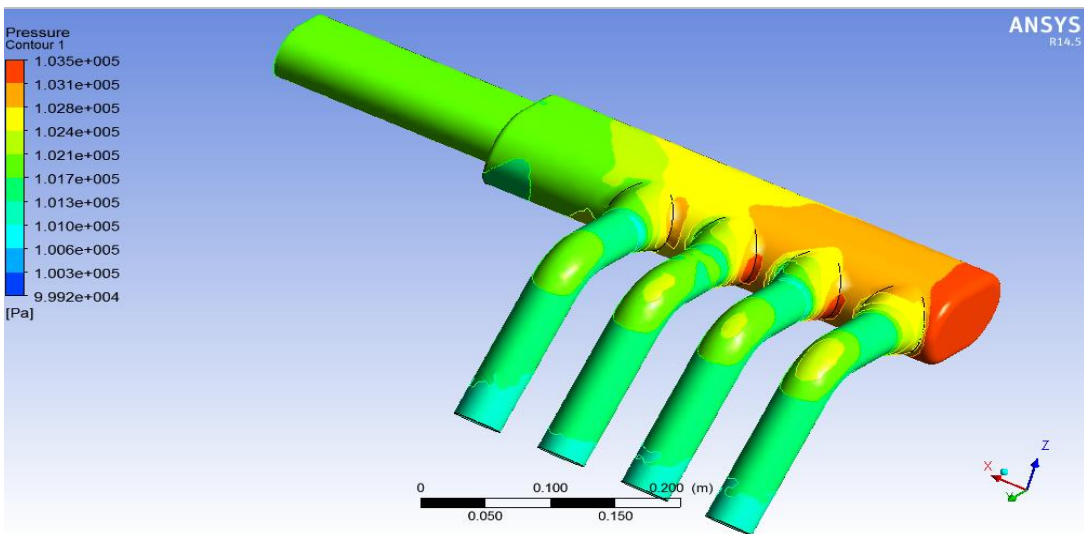
Şekil 5.1. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{giriş} = 60 \text{ m/s}$ )

Şekil 5.2’de manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s) akışkanın giriş borusundan dolgu hacmine geçtikten hemen sonra basıncın düştüğü bunun nedeninin aniden hacmi genişmesinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir.



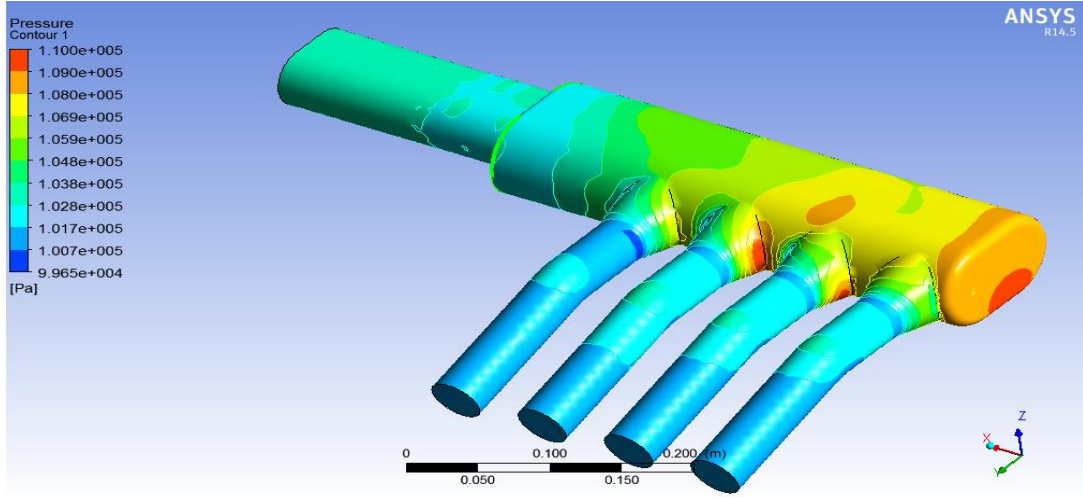
Şekil 5.2. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s)

Şekil 5.3’de manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s) emme kanallarının giriş kısımlarda basıncın düştüğü ve emme kanalının eğiminin arttığı yerlerde tekrar basıncın arttığı gözlemlenmiştir.



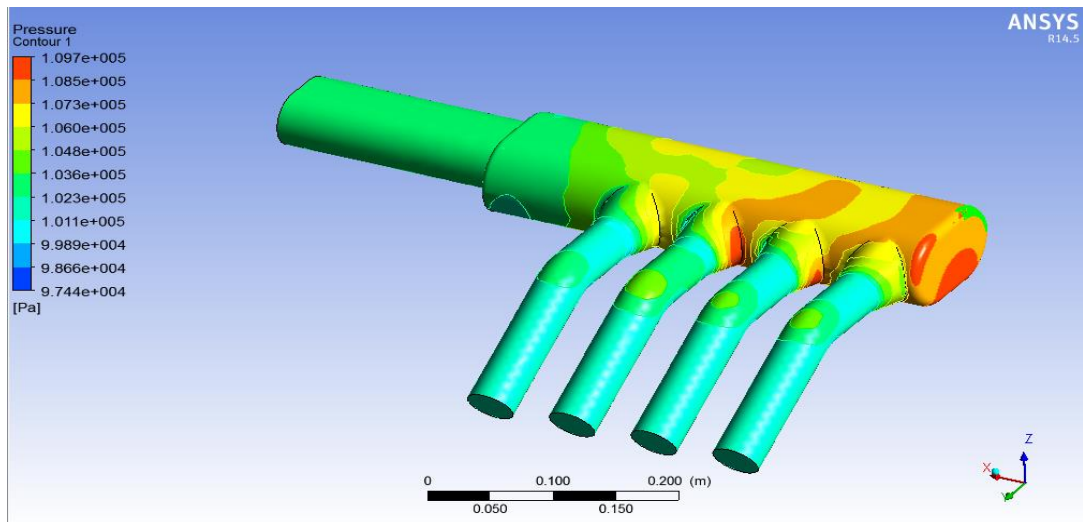
Şekil 5.3. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s)

Şekil 5.4’de manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s) akışkanın giriş borusundan dolgu hacmine geçtikten hemen sonra basıncın düştüğü ve dolgu hacminin sonuna doğru tekrar arttığı gözlemlenmiştir. Emme kanallarının açıları değişse de aynı basınç dağılımları görülmektedir.



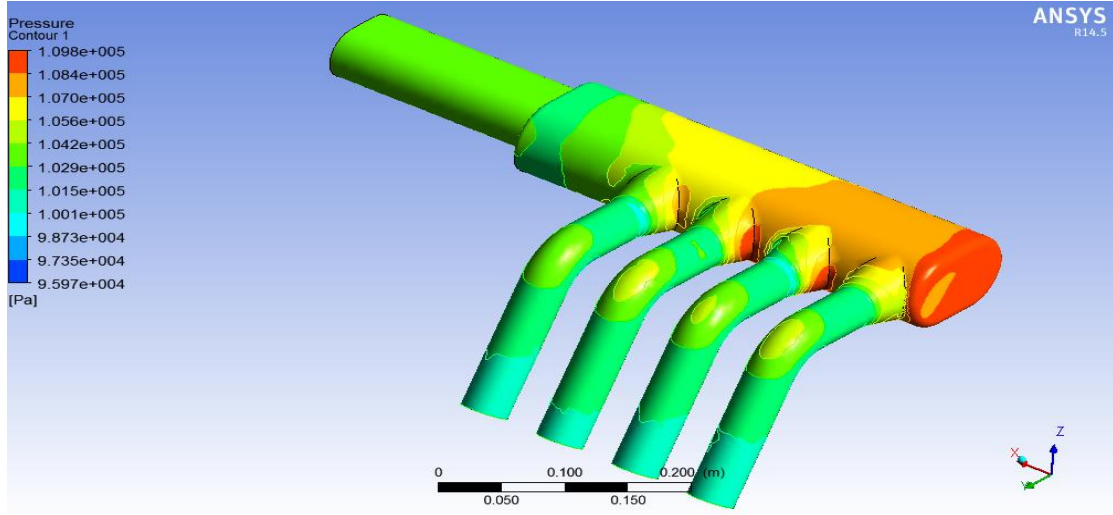
Şekil 5.4. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s)

Şekil 5.5’de manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{giriş} = 60$  m/s) emme kanalının eğiminin arttığı yerlerde tekrar basıncın arttığı gözlemlenmiştir.



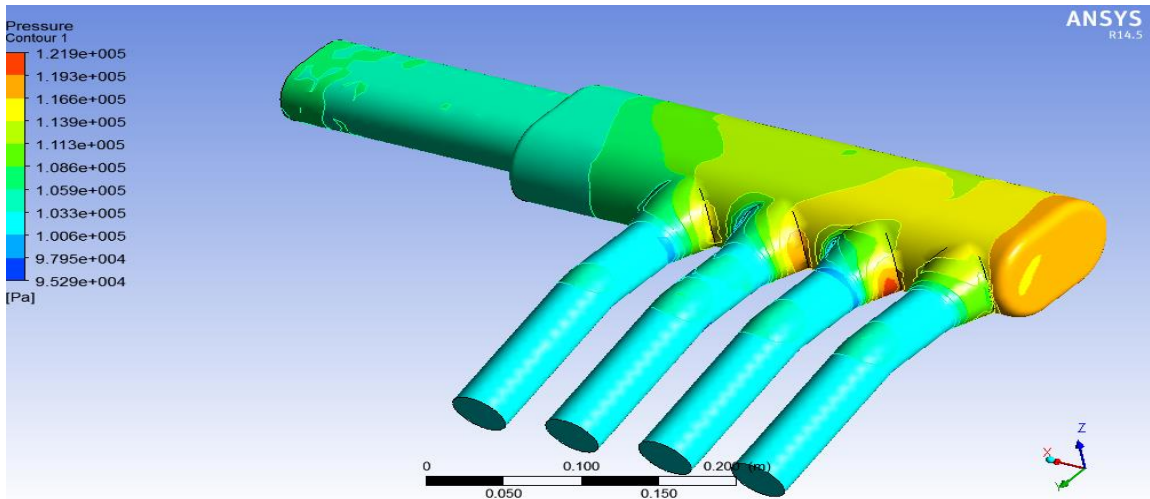
Şekil 5.5. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s)

Şekil 5.6’da manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s) emme kanalında eğimin arttığı bölümlerde basınç artmış ilerleyen bölümlerde tekrar düşüşe geçtiği üç modelde de görülmektedir.



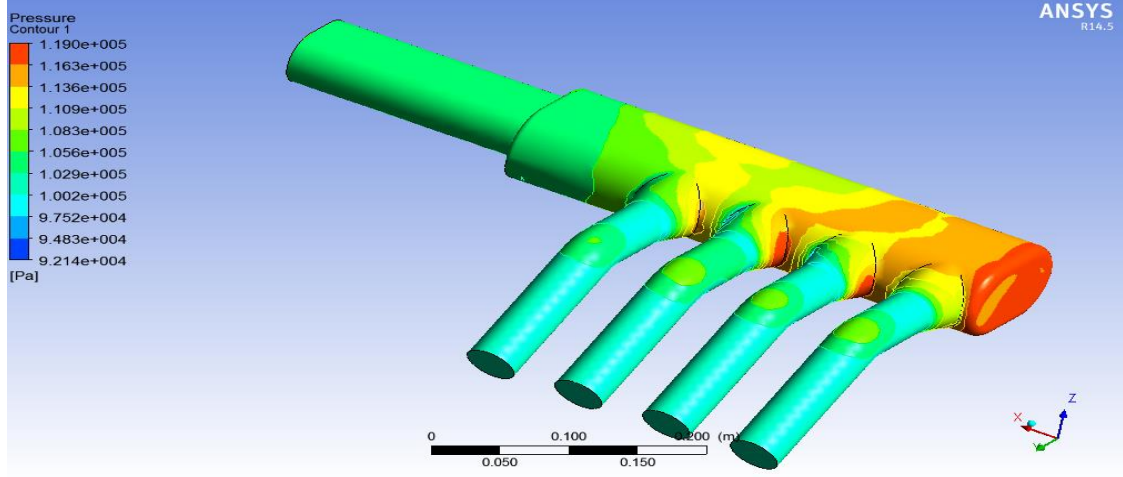
Şekil 5.6. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s)

Şekil 5.7’de emme kanalarındaki açı  $\phi:15^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s iken analizler sonucunda elde edilen manifold içindeki basınç dağılımı görülmektedir.



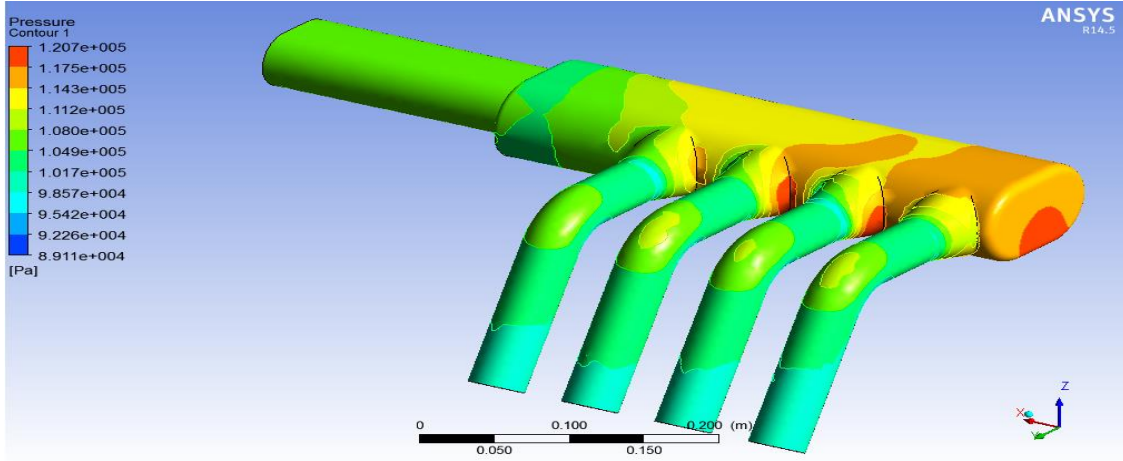
Şekil 5.7. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:15^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Şekil 5.8’de emme kanallarındaki açı  $\phi:30^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s iken analizler sonucunda elde edilen manifold içindeki basınç dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.8. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:30^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Şekil 5.9’da emme kanallarındaki açı  $\phi:60^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s iken analizler sonucunda elde edilen manifold içindeki basınç dağılımı görülmektedir.

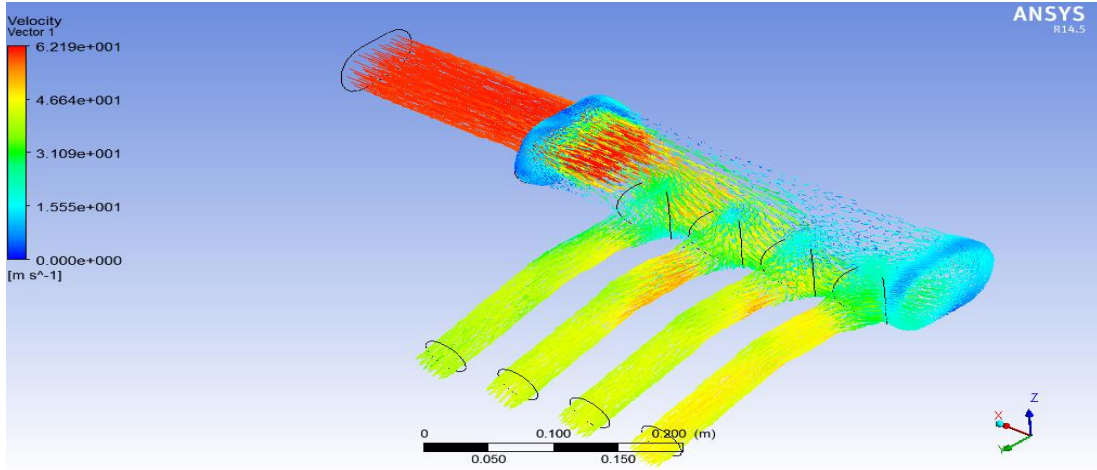


Şekil 5.9. Manifold içindeki basınç dağılımı ( $\phi:60^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Şekil 5.7, Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’a bakıldığında akışkanın basıncının dolgu hacminden emme kanalına geçerken ilk emme kanalında üç modelde de düşük olduğu net bir şekilde görülmektedir. Birince emme kanallarının üç farklı tasarımda da düşük olduğu net bir şekilde görülmektedir. Diğer üç emme kanalından üç model içinde basınç dağılımları

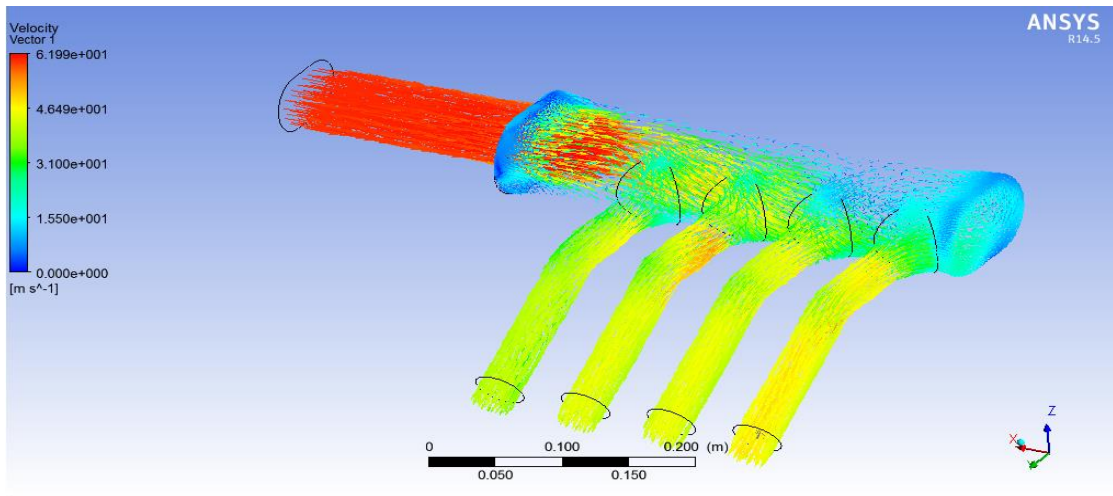
benzer olduğu görülmektedir. Emme kanalında eğimin arttığı bölümlerde basınç artmış ilerleyen bölümlerde tekrar düşüşe geçtiği üç modelde de görülmektedir. Basınç dağılımlarının dolgu hacminin sonuna doğru arttığı, emme kanallarında ise açılara göre farklılık gösterdiği aşağıdaki sonuçlardan görülmektedir.

Şekil 5.10'a bakıldığında manifold giriş hızı 60 m/s, emme kanallarındaki açı 15° iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



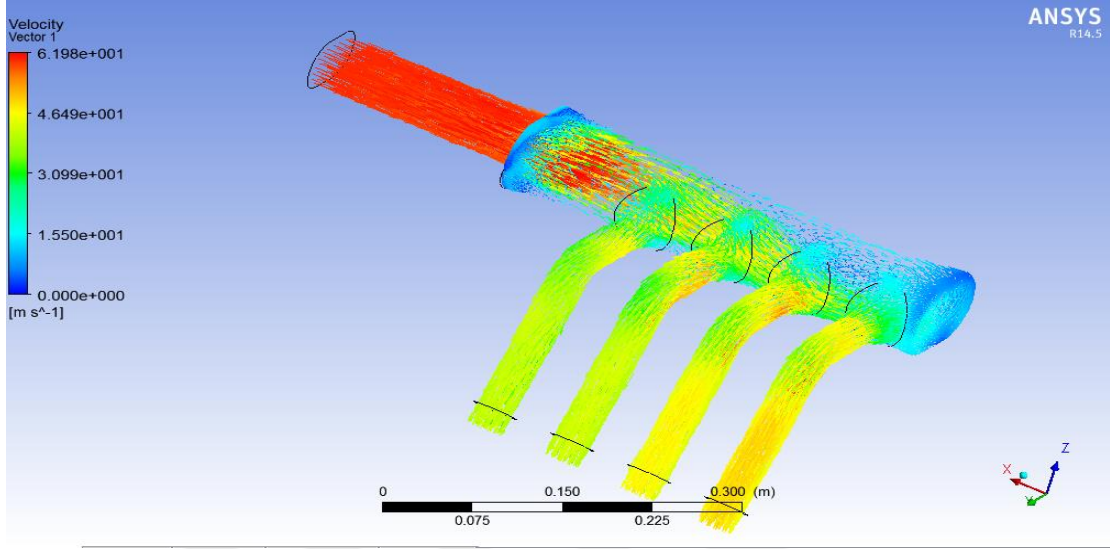
Şekil 5.10. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{giriş} = 60$  m/s)

Şekil 5.11'e bakıldığında manifold giriş hızı 60 m/s, emme kanallarındaki açı 30° iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



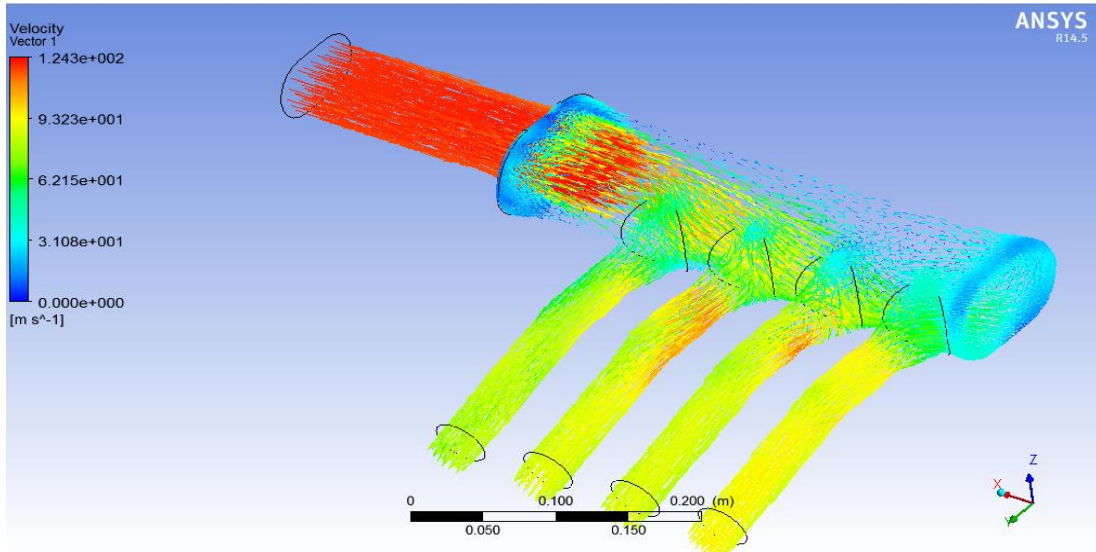
Şekil 5.11. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{giriş} = 60$  m/s)

Şekil 5.12'ye bakıldığında manifold giriş hızı 60 m/s, emme kanallarındaki açı  $60^\circ$  iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



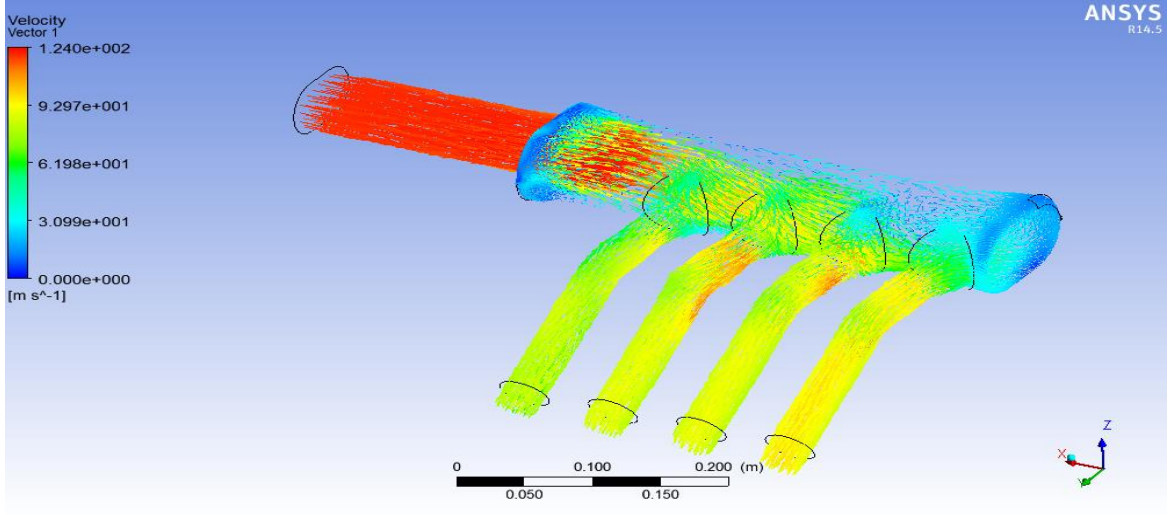
Şekil 5.12. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s)

Şekil 5.13'e bakıldığında manifold giriş hızı 120 m/s, için emme kanallarındaki açı  $15^\circ$ , iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



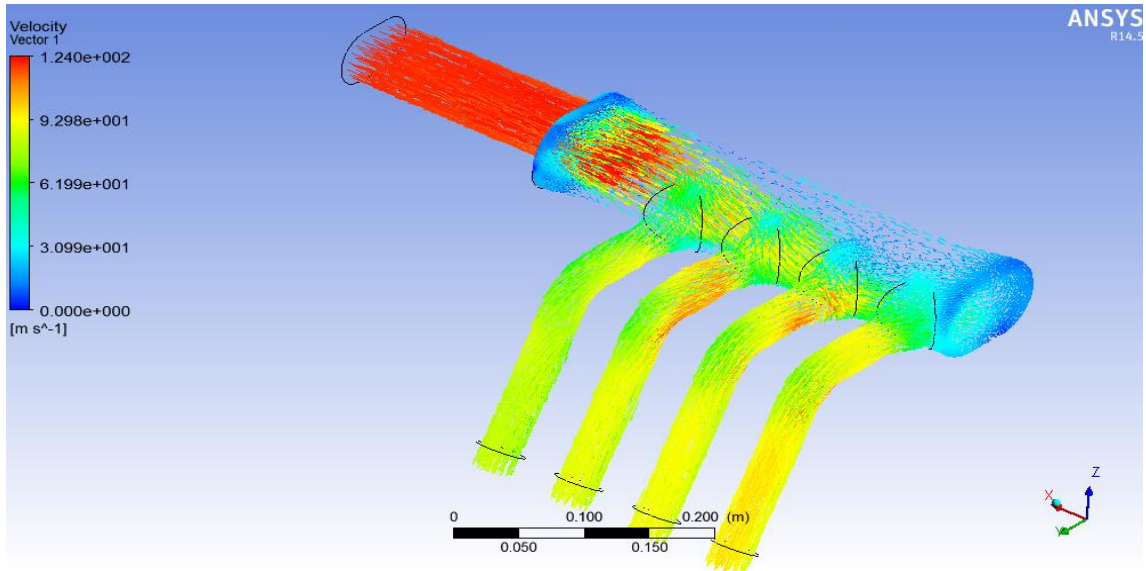
Şekil 5.13. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 120$  m/s)

Şekil 5.14'e bakıldığında manifold giriş hızı 120 m/s, için emme kanallarındaki açı 30°, iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



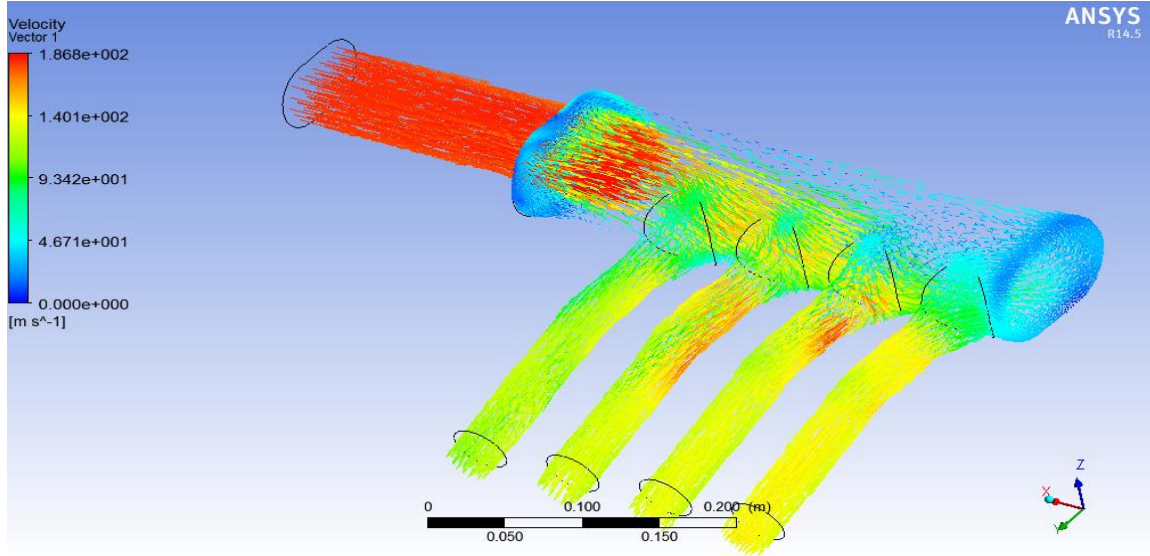
Şekil 5.14. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 120$  m/s)

Şekil 5.15'e bakıldığında manifold giriş hızı 120 m/s, için emme kanallarındaki açı 60°, iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



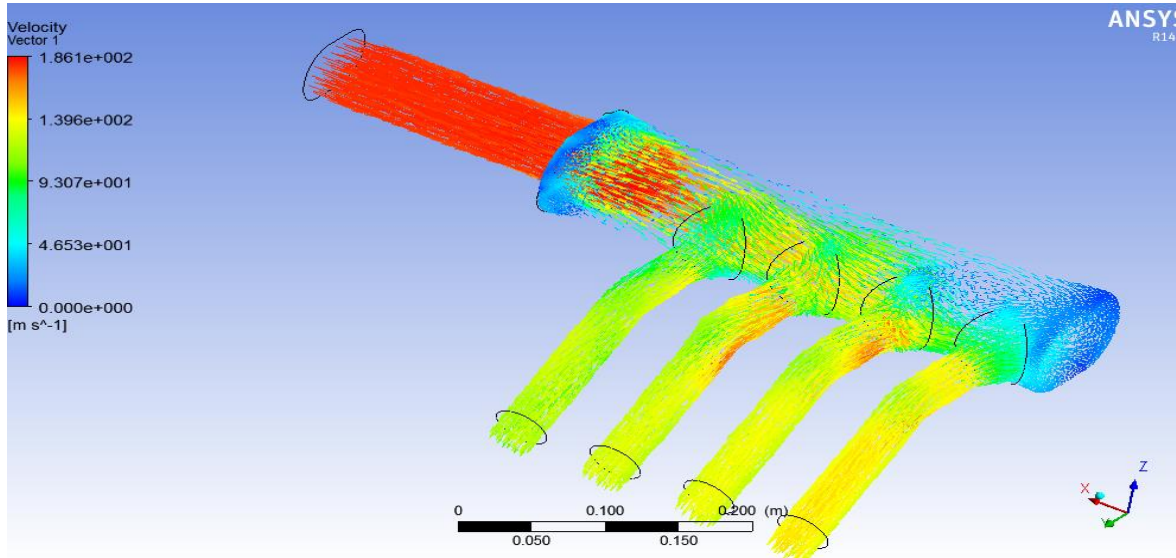
Şekil 5.15. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 120$  m/s)

Şekil 5.16'e bakıldığında manifold giriş hızı 180 m/s, için emme kanallarındaki açı  $15^\circ$ , iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



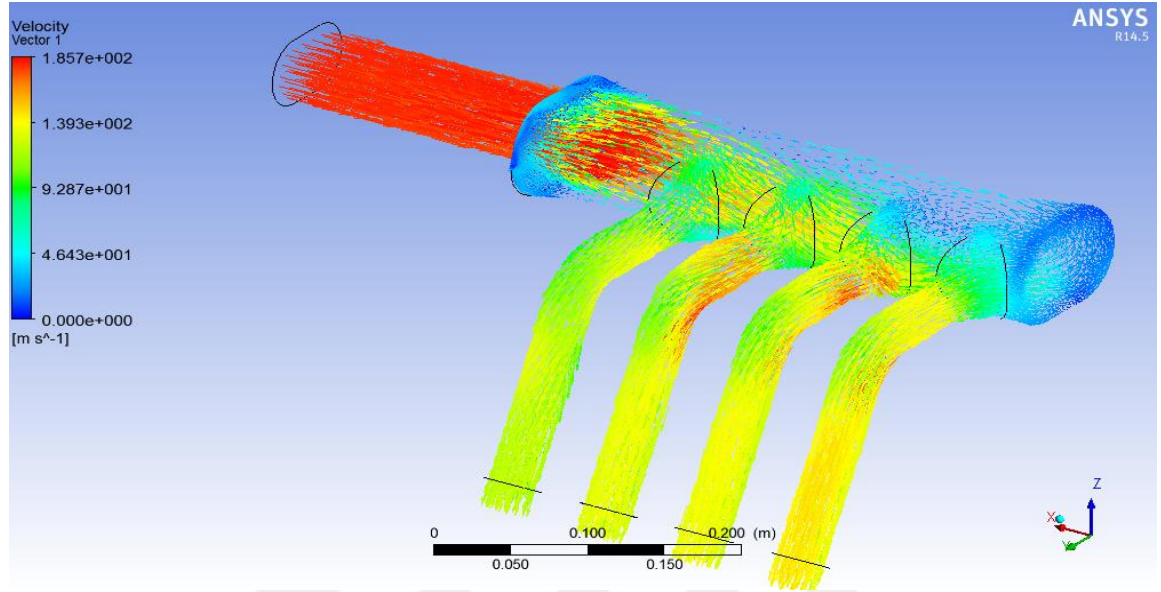
Şekil 5.16. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Şekil 5.17'ye bakıldığında manifold giriş hızı 180 m/s, için emme kanallarındaki açı  $30^\circ$ , iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



Şekil 5.17. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

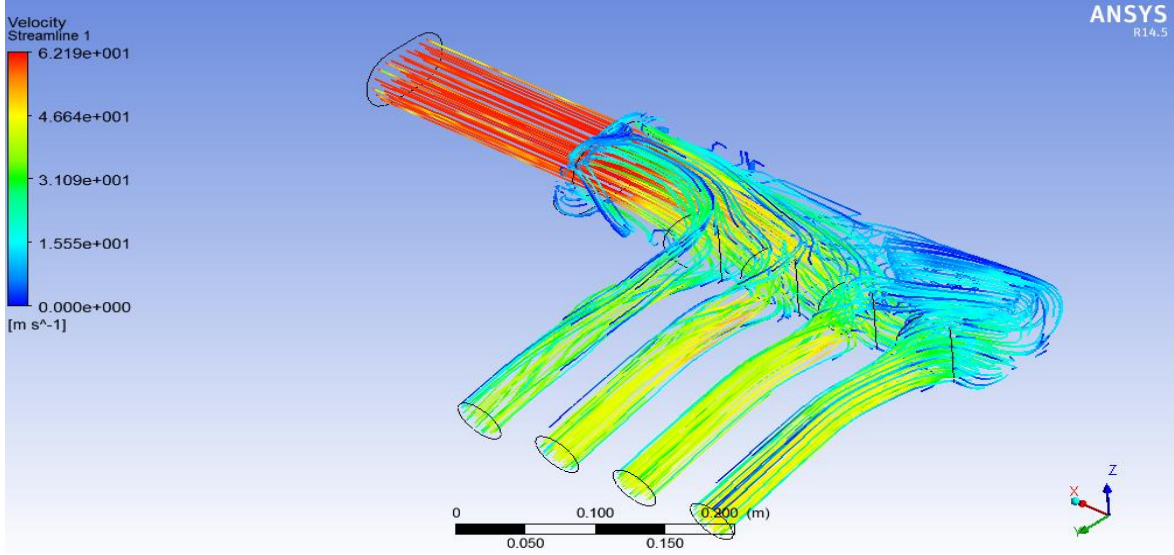
Şekil 5.18'e bakıldığında manifold giriş hızı 180 m/s, için emme kanallarındaki açı 60°, iken hız vektörleri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



Şekil 5.18. Manifold içindeki hız vektörleri ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

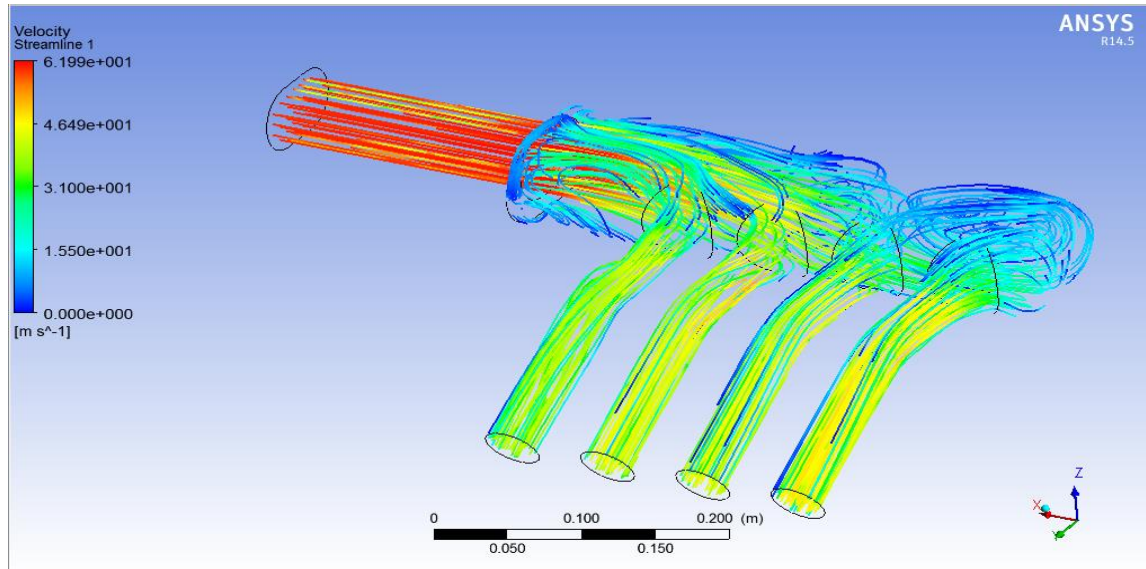
Tasarımı yapılan üç farklı model için hız vektör dağılımları yukarıda verilmiştir. Üç farklı emme manifoldunun giriş kısmında oluşan hız dağılımları tüm eğim açıları için benzer yapıda olduğu görülmektedir. Akışkanın giriş borusundan dolgu hacmine geçerken ani bir hız kaybı olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni dolgu kısmının hacminin artmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum dolgu hacmi boyunca devam etmektedir. Hazne bitiminde Vena contracta (jet çekiği) oluşmaktadır. Sonuç olarak hız düşse bile emme kanallarının hızlarının birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Bu durum emme kanallarının çıkış bölgelerinde açı farklılıklarında dolayı oluşan basınç farklılıklarından bölgeye göre farklı oranda etkilenmesinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.19'a bakıldığında manifold giriş hızı 60 m/s, için emme kanallarındaki açı 15°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



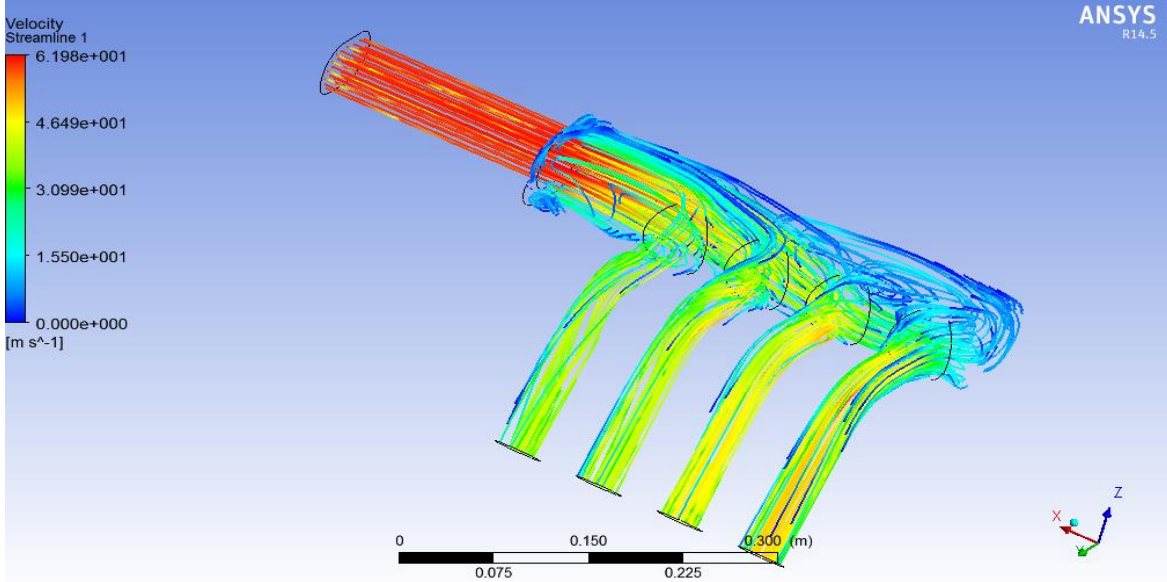
Şekil 5.19. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s)

Şekil 5.20'e bakıldığında manifold giriş hızı 60 m/s, için emme kanallarındaki açı 30°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



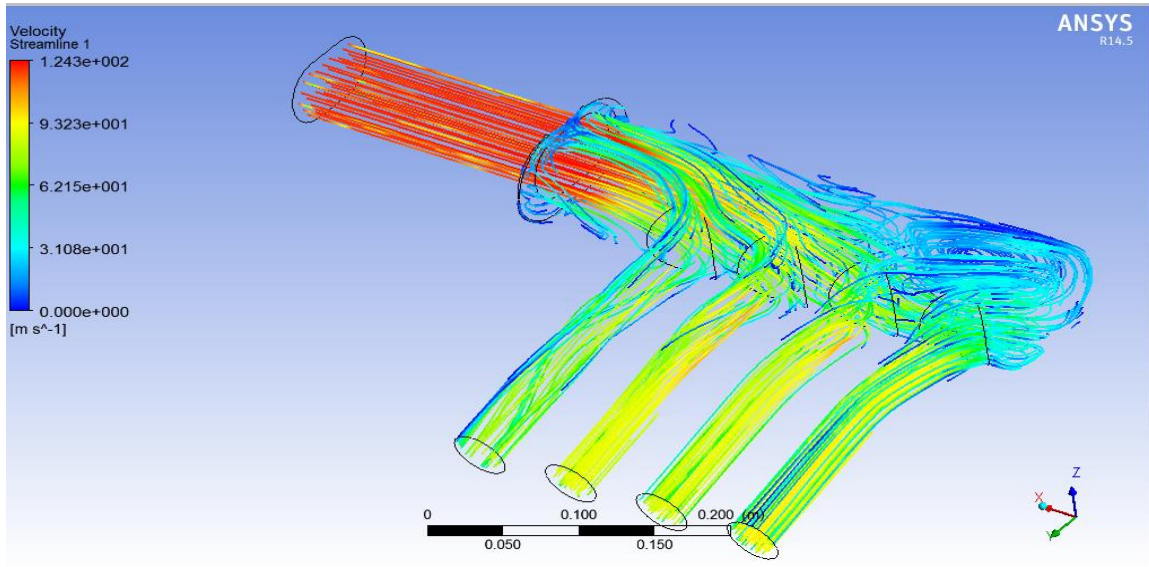
Şekil 5.20. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{\text{giriş}} = 60$  m/s)

Şekil 5.21'e bakıldığında manifold giriş hızı 60 m/s, için emme kanallarındaki açı  $60^{\circ}$ , iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



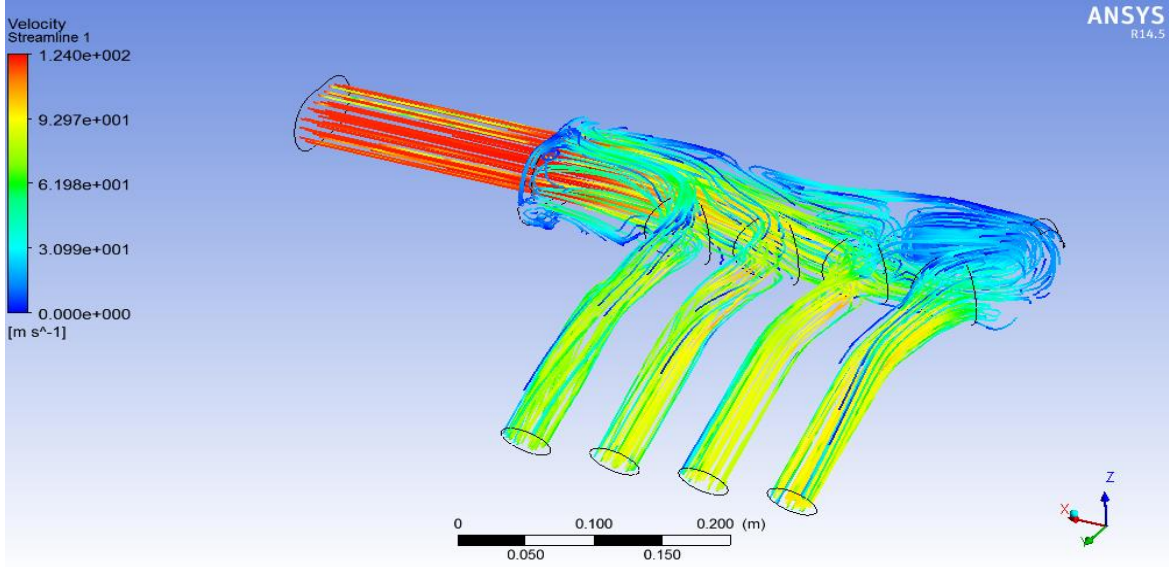
Şekil 5.21. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:60^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 60$  m/s)

Şekil 5.22'e bakıldığında manifold giriş hızı 120 m/s, için emme kanallarındaki açı  $15^{\circ}$ , iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



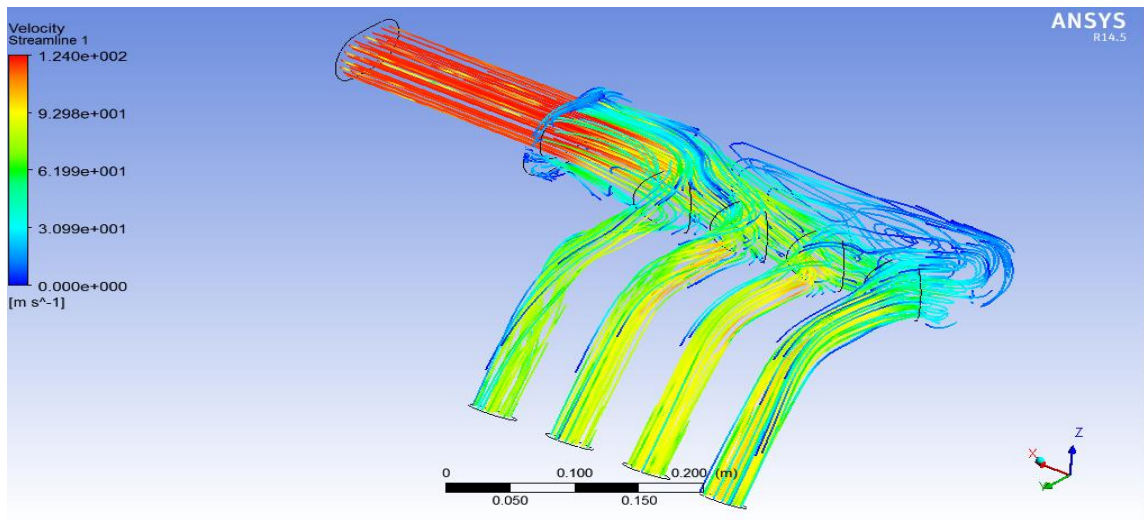
Şekil 5.22. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:15^{\circ}$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s)

Şekil 5.23'e bakıldığında manifold giriş hızı 120 m/s, için emme kanallarındaki açı 30°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



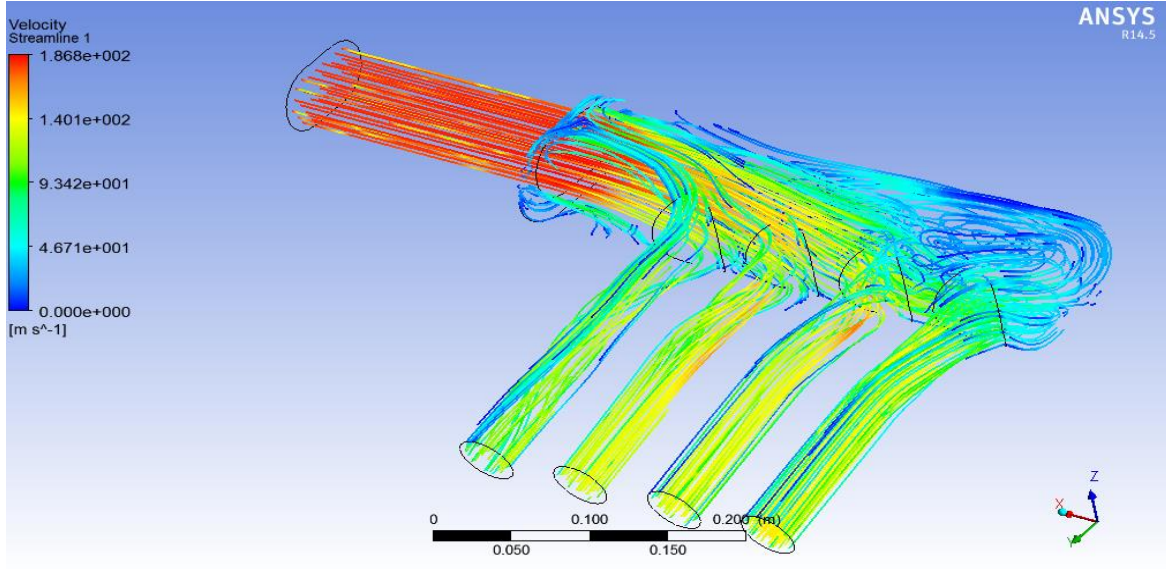
Şekil 5.23. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s)

Şekil 5.24'e bakıldığında manifold giriş hızı 120 m/s, için emme kanallarındaki açı 60°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



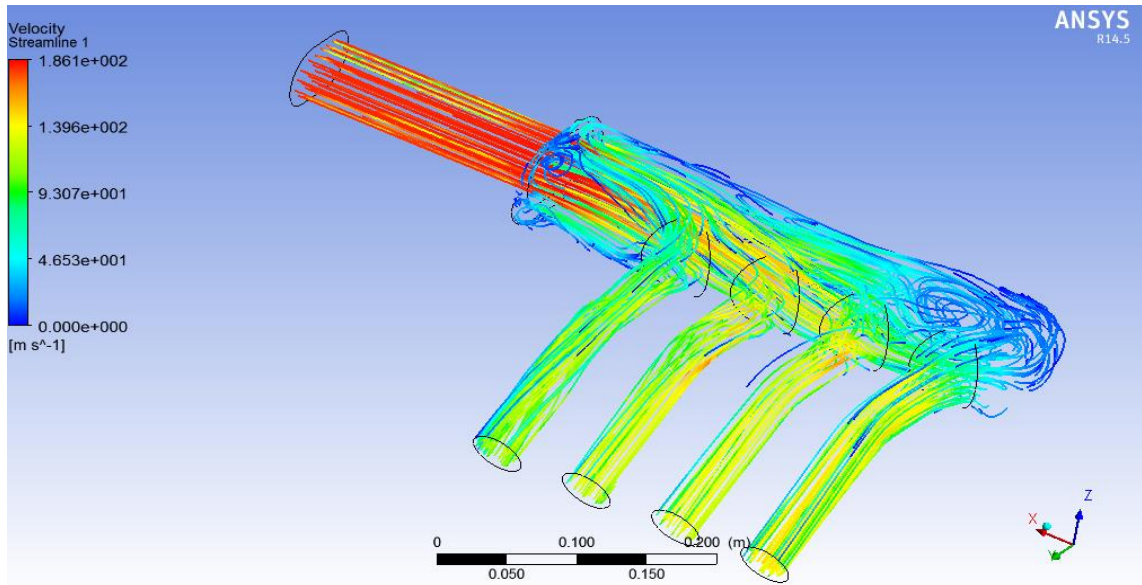
Şekil 5.24. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{giriş} = 120$  m/s)

Şekil 5.25'e bakıldığında manifold giriş hızı 180 m/s, için emme kanallarındaki açı 15°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



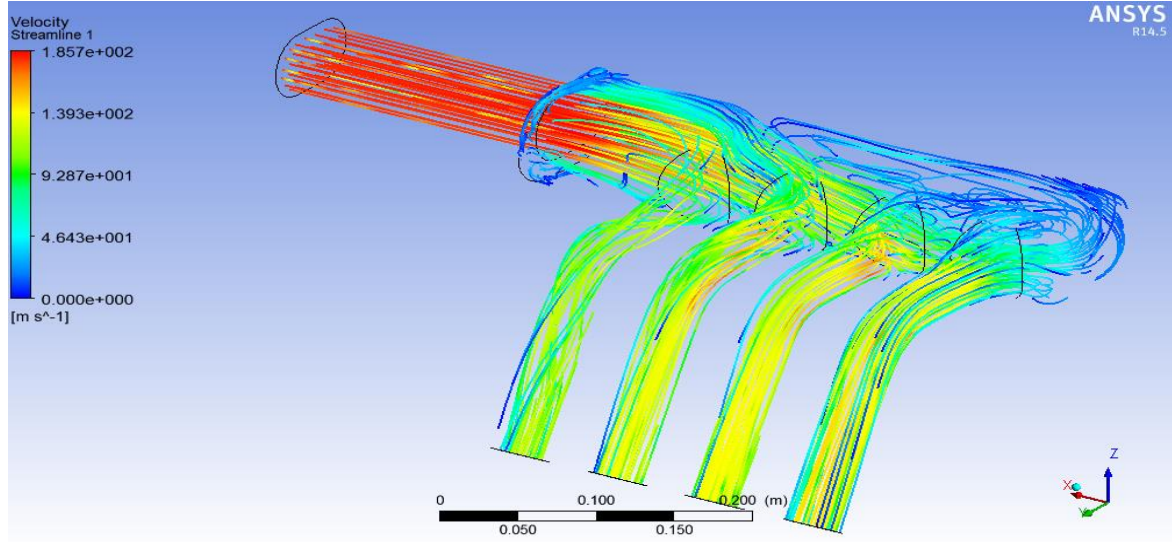
Şekil 5.25. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:15^\circ$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Şekil 5.26'a bakıldığında manifold giriş hızı 180 m/s, için emme kanallarındaki açı 30°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



Şekil 5.26. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:30^\circ$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Şekil 5.27'e bakıldığında manifold giriş hızı 180 m/s, için emme kanallarındaki açı 60°, iken akım çizgileri için ansys fluentte yapılan analiz sonucu görülmektedir.



Şekil 5.27. Manifold içindeki akım çizgileri ( $\phi:60^\circ$ ,  $V_{giriş} = 180$  m/s)

Emme manifold boruları, silindirlere karışım ve hava akışını engellemeyecek şekilde, iç yüzeyleri düzgün ve köşeleri tatlı kavisli olarak yapılmış olup emme manifold boruları silindirlere aşırı karışım veya hava gönderecek şekilde biçimlendirilmiştir. Tasarımı yapılan emme manifoldlarının, emme kanallarından silindirlere gönderilen hava hızlarının eşit olması gerekmektedir. Bu nedenle hızların aynı olması için farklı tasarım ve farklı manifold giriş hızları verilmiştir. Ansys Fluent analizleri sonucunda üç farklı hız verilmiştir. Manifold giriş hızları 60 m/s, 120 m/s ve 180 m/s verilerek, emme kanallarına farklı açılar (15°, 30°, 60°) yardımıyla en uygun tasarım belirlenmiştir. Bu çalışmada emme manifoldunun malzemesi, hem hafif olması hem kolay şekil verilebilir olması, hem de iyi bir ısı transferi sağlaması alüminyum olarak seçilmiştir. Ansys Fuent programı yardımıyla gerekli sınır şartları verilerek manifold çıkış hızları elde edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda silindirlere gönderilecek hava hızlarının birbirine en yakın olduğu açı yukarıda tablolardan bakıldığında 60° olduğu, en yakın olduğu hız değeri 60 m/sn olduğu görülmektedir. Aşağıda grafiklerde farklı hızlarda manifolda giren havanın dört emme kanalından çıkış hızları görülmektedir.

Aşağıda tasarımı yapılan emme manifoldunun giriş ve çıkış debileri hesaplanarak tablo haline getirilmiştir.

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V_{ort} \quad (5.1)$$

formülünden hesaplanarak giren ve çıkan debiler hesaplanmıştır. Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3’de analiz sonuçlarında elde edilen debiler görülmektedir. Akışkan olarak havanın özellikleri kullanılmıştır.

**Tablo 5.1.** Manifold çıkış debileri ( $V_{giriş} = 60$  m/s)

Manifold Giriş Hızı 60 m/s ( $\dot{m}_{giriş} = 0.25853625$ kg/s)						
Emme Kanal Açısı	$\dot{m}_1$ (kg/s)	$\dot{m}_2$ (kg/s)	$\dot{m}_3$ (kg/s)	$\dot{m}_4$ (kg/s)	$\dot{m}_{top}$ (kg/s)	$\dot{m}_{top} - \dot{m}_{giriş}$
15° aç1	0.059534	0.066438	0.066142	0.0676806	0.259793841	0.001258
30° aç1	0.057007	0.064564	0.06561	0.072733	0.25991339	0.001377
60° aç1	0.058869	0.063418	0.066017	0.0707327	0.259035619	0.000499

**Tablo 5.2.** Manifold çıkış debileri ( $V_{giriş} = 120$  m/s)

Manifold Giriş Hızı 120 m/s ( $\dot{m}_{giriş} = 0.5170725$ kg/s)						
Emme Kanal Açısı	$\dot{m}_1$ (kg/s)	$\dot{m}_2$ (kg/s)	$\dot{m}_3$ (kg/s)	$\dot{m}_4$ (kg/s)	$\dot{m}_{top}$ (kg/s)	$\dot{m}_{top} - \dot{m}_{giriş}$
15° aç1	0.116578	0.130546	0.132334	0.1397357	0.519194108	0.002122
30° aç1	0.117118	0.128991	0.131641	0.1415803	0.519330582	0.002258
60° aç1	0.118329	0.129753	0.131698	0.1399137	0.519693999	0.002621

**Tablo 5.3.** Manifold çıkış debileri ( $V_{giriş} = 180$  m/s)

Manifold Giriş Hızı 180 m/s ( $\dot{m}_{giriş} = 0.77560875$ kg/s)						
Emme Kanal Açısı	$\dot{m}_1$ (kg/s)	$\dot{m}_2$ (kg/s)	$\dot{m}_3$ (kg/s)	$\dot{m}_4$ (kg/s)	$\dot{m}_{top}$ (kg/s)	$\dot{m}_{top} - \dot{m}_{giriş}$
15° aç1	0.17583	0.195807	0.197733	0.2095004	0.778870092	0.003261
30° aç1	0.175853	0.194041	0.197919	0.2117452	0.779557846	0.003949
60° aç1	0.180815	0.194601	0.198169	0.2061047	0.779688627	0.00408

Yukarıdaki Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3'e bakıldığında dört emme kanalından çıkan debilerin farklı eğim açıları ve farklı hızlara göre değişimleri verilmektedir. Şekiller incelendiğinde akışkan hızının 60 m/sn olduğu tasarımda 1. Emme kanalının debilerin üç eğim açısında da düşük olduğu görülmektedir. 2. Emme kanalında debinin daha arttığı görülmektedir. 3. ve 4. Emme kanalından tüm eğim açılarında debilerinin değişimin daha az olduğu görülmektedir. Emme kanallarının çıkış debilerinin eğim açılarına göre farklılık göstermesi akışkanın hız ve basınç dağılımlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Yukarıdaki tüm tablolar incelendiğinde üç farklı akışkan hızında da 60° eğim açısına sahip tasarımlarda dört emme kanalından çıkan debi miktarının diğer eğim açılarına sahip tasarımlara oranla debi değerlerinin yakın olduğu görülmektedir. 60° eğim açısında motor performansı için en iyi değerler elde edilecektir.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada üç farklı emme manifoldu tasarlanarak, bu tasarımlara farklı hız parametreleri verilerek, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) analizi yapılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Öncelikle literatür incelenmiş emme kanallarından çıkan akışkan debilerinin farklı olduğu görülmüştür. Bunun da motor performansını etkilediği bilinmektedir.
- Bu çalışmada eşit debilerin sağlanması amacıyla, tasarım ölçüleri içinde kalarak, bir motorun emme manifoldu Solidworks programında farklı kesit ve giriş mesafesi tasarımları yapılarak, Ansys Fluent programın aktarılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.
- Bunun için birinci emme kanalından çıkan akışkanın debisi emme kanalının yeri değiştirilerek, dolgu hacmi genişletilerek yeni tasarım yapılmıştır
- Karşılaştırma yapılan literatürde [4] dolgu hacmi ve emme manifoldları dikdörtgen iken bu tasarımda mümkün olduğu kadar iç yüzeyleri düzgün ve köşeleri tatlı kavisli olarak yapılmış olup emme manifold boruları silindirlere aşırı karışım veya hava gönderecek şekilde biçimlendirilmiştir.
- Tasarımı yapılan emme manifoldlarının, emme kanallarından silindirlere gönderilen hava debilerini eşit olması tasarım açısından önemlidir. Bunun için manifoldun giriş kısmı olan ram borusunu genişletilmiş, akışkanın emme kanallarından eşit debi değerleri elde edilmiştir.
- Ayrıca geliştirilen yeni tasarıma üç farklı hız ve üç farklı eğim açısı verilerek sonuçlar elde edilmiş ve tüm sonuçlarda emme manifoldlarındaki eşit dağılım elde edilmiş ancak göreceli olarak en iyi dağılım  $60^\circ$  ve  $60$  m/s için elde edilmiştir.
- Geliştirilen yeni tasarımın motor performansını önemli ölçüde iyileştirebileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Kumar, D., Sharma, S. and Gangacharyulu, D.**, “Studies on improvement of intake manifold for compressed natural gas automobile internal combustion engine”, Thapar University Department of Mechanical Engineering, India (2004).
- [2] **Shinde, P. A.**, “Research and optimization of intake restrictor for Formula SAE car engine”, International Journal of Scientific and Research Publications, 4 (4): 1-5, Pune (2014).
- [3] **Martins, J., Teixeira, S. and Coene, S.**, “Design of an inlet track of a small I.C. engine for swirl enhancement”, 20th International Congress of Mechanical Engineering, Brazil, 15-20 (2009).
- [4] **Holkar, R., Sule-Patil, Y. N., Pise, S. M., Godase, Y. A. and Jagadale, V. S. (2015).** Numerical simulation of steady flow through engine intake system using CFD. Journal of Mechanical and Civil Engineering, 2015: 12(1): 30-45.
- [5] **Khan, M., Salim, S. M.**, “Evaluation of CFD sub-models for the intake manifold port flow analysis”, EURECA 2013, 93-94 (2013).
- [6] **Phaneendra, V., Pandurangadu, V and Chandramouli, M.**, “Performance evaluation of a four stroke compression ignition engine with various helical threaded intake manifolds” International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering (IJARME), 2 (1): 53-60 (2012).
- [7] **Paul, B. and Ganesan, V.**, “Flow field development in a direct injection diesel engine with different manifold”, International Journal of Engineering Science and Technology, 81-90 (2010).
- [8] **Dal, M.**, “Emme manifoldu dizaynının motor performansına etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2009).
- [9] **Prasad, S.L.V., and Pandurangadu, V.**, “Reduction of emissions by intensifying air swirl in a single cylinder diesel engine with modified inlet manifold”, International Journal of Applied Engineering and Technology, 1 (1), 18-23 (2011).

- [10] **Murali, B. and Mallikarjuna, J. M.**, “Effect of engine speed on in cylinder tumble flows in a motored internal combustion engine an experimental investigation using particle image velocimetry”, *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 4 (1): 1-14 (2011).
- [11] **Sulaiman, S. A., Murad, S. H. M. and Karim, Z. A.**, “Study of flow in air intake system for a single cylinder go-kart engine”, *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, (1): 91-104 (2010).
- [12] **Prasad, S.L.V., and Pandurangadu, V.**, “Reduction of emissions by intensifying air swirl in a single cylinder diesel engine with modified inlet manifold”, *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 1 (1), 18-23 (2011)
- [13] **Kandemir, K. ve Can, A. Ç.**, “Otomotiv endüstrisi için magnezyum alaşımlarının kullanım potansiyeli”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9 (1): 37-45 (2003).
- [14] **Binczewski, G. J.**, “The point of a monument: A history of the aluminum cap of the Washington Monument”, *Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, 47 (11): 20-25 (1995).
- [15] **Tolga DEMİRCAN, Zahir Emre POLAT, Hasan Tahir POLAT**, İçten Yanmalı Bir Dizel Motorun Emme Manifoldunun Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile Tasarımı 2017.

## ÖZGEÇMİŞ

Ferhat ÖZTEKİN 1992 yılında Elazığ'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Elazığ lisesinden mezun oldu. 2009 yılında Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği başlayıp 2013 yılında mezun oldu. 2015 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programına devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Sürsürü Mah. Cihan Sokak. No: 44/B D:8  
Merkez/ELAZIĞ

Tel : (536) 362 27 22

E-posta : ferhatoztekin@hotmail.com