

**GAZLI AMORTİSÖRLERDE ORİFİSİN İÇ  
BASINÇ DAĞILIMINDAKİ ETKİSİNİN  
NUMERİK İNCELENMESİ**

**CANBERK ÇELİK**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GAZLI AMORTİSÖRLERDE ORİFİSİN İÇ BASINÇ DAĞILIMINDAKİ  
ETKİSİNİN NUMERİK İNCELENMESİ**

Canberk ÇELİK

501810060

Prof. Dr. A. Alper ÖZALP

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022  
**Her Hakkı Saklıdır**

**Fen bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına göre uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçlar bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlarla uygun olarak atıfta bulunduğumu ,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**06/01/2022**

**CANBERK ÇELİK**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GAZLI AMORTİSÖRLERDE ORİFİSİN İÇ BASINÇ DAĞILIMINDAKİ ETKİSİNİN NUMERİK İNCELENMESİ

**Canberk ÇELİK**

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** A. Alper ÖZALP

Gazlı amortisörler çeşitli kullanım alanlarının olmasıyla birlikte uygulama alanındaki yükü belli bir hız kontrolünde, sönümleyici bir kuvvet ile birlikte açılıp kapanma fonksiyonunu yerine getirmekte olan bir sanayi ürünüdür.

Bu çalışmanın amacı; gazlı amortisörlerin kapama konumuna geçmesi sırasında, durum fonksiyonelliğini hız ve bununla bağlantılı olarak akışkanın hareketi belirlemektir. Bu durumdan yola çıkarak gazlı amortisör kapama hareketine benzer bir yapı oluşturularak gazlı amortisör iç yapı elamanlarından orifisin, akış sırasında etkileri gözlemlenecektir. Farklı yapılarda orifis tasarımları, piston hızına bağlı olarak orifisin gazlı amortisör iç yapısına göstereceği etki, akışkan kesitinin orifis üzerindeki etkisi analizin başlıca adımlarını oluşturacak ve karşılaştırmalar yapılarak, sonuçlar hakkında değerlendirme yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Gazlı amortisör, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, CFD, Azot gazı, dinamik mesh, orifis

## **ABSTRACT**

Numerical Investigation of the Effect of Orifice on Internal Pressure Distribution  
in Gas Springs

**Canberk ÇELİK**

Bursa Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** A. Alper ÖZALP

Gas springs are an industrial product that performs the function of opening and closing with a damping force under a certain speed control in the application area, although it has various usage areas.

The aim of this study is to determine the state functionality of the gas springs during the closing position, the velocity and the movement of the fluid in connection with it. Based on this situation, a structure similar to the gas spring closing movement will be created and the effects of the orifice, one of the gas spring internal structure elements, during flow will be observed. Orifice designs in different structures, the effect of the orifice on the gas spring internal structure depending on the piston speed, the effect of the fluid cross-section on the orifice will be the main steps of the analysis and comparisons will be made and the results will be evaluated.

**Keywords:** Gas spring, HAD, CFD, Nitrogen gas, dynamic mesh, orifice

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalıőmanın yűrűtűlmesi sırasında desteęini esirgemeyen saygıdeęer danıőmanımız Prof. Dr. A. Alper ŐZALP' e, saygı ve teőekkűrlerimi borç bilirim. Bűnyesinde alıőma firsatı bulduęum ve tez çalıőmasını yapma imkanı saęlayan İnsu Teknik ailesine teőekkűrlerimi iletirim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTIMA DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1.GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	2
3. MATERAL VE YÖNTEM .....	4
3.1.Materyal .....	4
3.1.1.Gazlı amortisör çalışma prensibi.....	4
3.1.2.Gazlı amortisör çeşitleri .....	5
3.1.3. Dinamik amortisör .....	5
3.1.4. Hidrolik amortisör.....	7
3.1.5. Gazlı amortisörlerde kuvvet oluşumu .....	7
3.1.6. Amortisör iç yapısı.....	8
3.1.7.Azot gazının amortisör sektöründe kullanımı .....	11
3.2.Yöntem.....	12
3.2.1. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği .....	12
3.2.2.Süreklilik denklemi .....	12
3.2.3. Momentum denklemi .....	12
3.2.4. Coutte akış.....	13
3.2.5. Lokal kayıp hesaplaması .....	14
3.2.6. k-w SST modeli .....	14
3.2.7. Smoothing method .....	15
3.2.8. Remeshing method.....	16
3.2.9. Hesaplamalı akışkanlar mekaniği ile analiz adımları.....	16
3.2.10. Analiz Tanımlaması .....	16
3.2.11. Modelleme.....	17
3.2.12. Mesh.....	18

3.2.13. Ağdan bağımsızlık çalışması.....	19
3.2.14. Sınır Şartları, Hareketli bölge, Türbülans modelleri.....	20
3.2.15. Analiz Sonlandırma.....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	24
4.1. Farklı Sınır Şartlarında Orifis Tasarımlarının Karşılaştırılması.....	24
4.1.1. 0,4 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0.08s).....	24
4.1.2. 0,4 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0.06s).....	28
4.1.3. 0,6 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0,08 s).....	31
4.1.4. 0,6 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0,06s).....	35
4.2. Farklı Akış Alanlarında Orifis Etkisi .....	40
5.SONUÇ .....	41
EKLER.....	43
ÖZGEÇMİŞ .....	44



## SİMGELER VE KISALTMA DİZİNİ

### Simgeler

$P$	Basınç
$\frac{\partial p}{\partial x}$	Basınç gradyanı
$\mu$	Dinamik viskozite
$u, v, w$	Hız
$x, y, z$	Konum
$F$	Kuvvet
$Re$	Reynolds sayısı
$k-w-SST$	Türbülans modeli
$\rho$	Yoğunluk
$A_o$	Orifis yüzey alanı
$A_a$	Akışkan yüzey alanı

### Kısaltmalar Dizini

HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
$N_2$	Azot gazı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1. Çeşitli amortisör tasarımları.....	4
Şekil 3.2. Dinamik amortisör kanal formu.....	5
Şekil 3.3. Deliksiz orifis ve sızdırmazlık halkası.....	6
Şekil 3.4. Dinamik amortisör montajı.....	6
Şekil 3.5. Hidrolik amortisör montajı.....	7
Şekil 3.6. Gazlı amortisörlerde kapanma konumları.....	8
Şekil 3.7. Gazlı amortisör kuvvet oluşum grafiği (Stabilus technical information).....	8
Şekil 3.8. Amortisör yapı elemanları (İnsu Teknik).....	9
Şekil 3.9. Farklı yapılarda orifis çeşitleri.....	10
Şekil 3.10. Orifis geometrisi.....	10
Şekil 3.11. Orifis montajı.....	11
Şekil 3.12. İki paralel levha arasındaki akış.....	13
Şekil 3.13. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği özet şeması.....	16
Şekil 3.14. Orifis etki inceleme şeması.....	17
Şekil 3.15. Akış hacmi ve piston grubu.....	17
Şekil 3.16. Ağ örgüsü bölge isimlendirmesi.....	18
Şekil 3.17. Ağ modelleme.....	18
Şekil 3.18. 254 162 eleman.....	19
Şekil 3.19. 409 340 eleman.....	19
Şekil 3.20. Ağdan bağımsızlık çalışması.....	20
Şekil 3.21. Akışkan seçimi.....	20
Şekil 3.22. Sinüzoidal fonksiyon.....	21
Şekil 3.23. Dinamik Ağ Güncelleme Yöntemleri.....	21
Şekil 3.24. Dinamik Mesh Bölge Tanımı.....	22
Şekil 3.25. URF değerleri.....	22
Şekil 4.1. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	24
Şekil 4.2. Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	25
Şekil 4.3. Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	25
Şekil 4.4. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	26
Şekil 4.5. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	26
Şekil 4.6. Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	27
Şekil 4.7. Hareketin tamamlanması sonucu piston duvar bölgesi (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	27
Şekil 4.8. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	28

Şekil 4.9. Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu) .....	28
Şekil 4.10. Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	29
Şekil 4.11. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	29
Şekil 4.12. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	30
Şekil 4.13. Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu) .....	30
Şekil 4.14. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu) .....	31
Şekil 4.15. Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu) .....	32
Şekil 4.16. Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	32
Şekil 4.17. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,6mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	33
Şekil 4.18. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu).....	33
Şekil 4.19. Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu) .....	34
Şekil 4.20. 0,6 mm çaplı delikli orifis hız grafiği (0,08s) .....	34
Şekil 4.21. 0,4 mm çaplı delikli orifis hız grafiği (0,08s) .....	35
Şekil 4.22. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu) .....	35
Şekil 4.23. Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu) .....	36
Şekil 4.24. Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	36
Şekil 4.25. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	37
Şekil 4.26. Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu) .....	37
Şekil 4.27. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu).....	38
Şekil 4.28. Lokal kayıp katsayıları.....	38
Şekil 4.29. 0,6 mm çapındaki delikli orifis hız grafiği (0,06s) .....	39
Şekil 4.30. 0,4 mm çapındaki delikli orifis hız grafiği (0,06s) .....	39
Şekil 4.31. 13,55 mm çapındaki akış çevresi sonucu oluşan hız vektörleri.....	40

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1. Farklı hızlarda 0,4 mm orifis değerleri.....	30
Çizelge 4.2. Farklı hızlarda 0,6 mm orifis değerleri.....	38

## **1.GİRİŞ**

Çok çeşitli kullanım alanlarının olmasıyla birlikte gazlı amortisörler otomotiv sektöründe çok önemli bir yer tutmaktadır. Gazlı amortisörler otomobil, minibüs, otobüs, kamyon ve karavan gibi araçların ön ve arka kaputlarında, koltuklarında ön ve arka panjurlarında, traktör ve her türlü iş makineleri kabinlerinde, denizcilikte, gıda sanayinde, mobilya sektörü olarak dolap kapaklarının aşağı yukarı veya kullanıcı yönünde açılması ve kapanması fonksiyonun üstlenmektedir. Medikal sektörde ise hasta veya ameliyat yataklarına kadar kullanımı mevcuttur.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gazlı amortisör özelinde akış analizi ile ilgili yaygın bir çalışma bulunmamakla birlikte, referans olabilecek darbe sönümleyici ve damper yapılarıyla ilgili çalışmalar incelenmiş, orifis ile ilgili kaynaklar ile birlikte analiz konusu birleştirilmiştir.

(Ramamurthi & Nandakumar, 1999) Akış analizleriyle, sınır koşulları değişkenlik gösteren parametreler ve yapısı kare olacak şekilde bir orifis incelemesinde kavitasyon etkilerini gözlemlemek için deneysel çalışmalarda bulunmuşlardır.

(Wereley & Pang, 1998) Tıpkı MR damperlerde olduğu gibi gazlı amortisör için de geçerli olan akış çeşitleri bulunmaktadır. Wereley ve Pan' ın yaptığı çalışmalarda da bu konu detaylandırılmıştır. Akış, piston geometrisi ile MR damperinin dış silindiri arasındaki dairesel boşluktan geçer. Bu mod için, piston hareketinin neden olduğu basınç gradyanı bir Pouiseulle akışı yaratırken, piston geometrisinin hareketli sınırı bir Couette akışı yaratır.

(Đurđević et al., 2020) Tek ve çok delikli orifis yapılarında akış geçişini karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırmalara ek olarak, çok delikli orifis plaka deliği dağılımının akış noktaları, basınç değişimi, gibi birçok etken üzerinden karşılaştırma yapmışlardır. Çalışma sonuçları, çok delikli orifis yapısının tek delikli orifis yapısına göre daha kararlı akış özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir.

(YILDIZ et al., 2015) Gazlı amortisör çalışma sisteminin teorik ve deneysel olarak incelenerek, montaj yeri analizi için sistem dört çubuk mekanizması yardımıyla konum analizleriyle beraber, gazlı amortisör açma ve kapama noktalarındaki kullanıcının uygulayacağı kuvvet saptanmıştır.

(Guzzomi et al., 2007) Valf tasarımları damperlerin başlıca yapı elemanlarıdır. Damper verimini etkileyen en önemli faktörlerin başında yapıda oluşan basınçta meydana gelen düşüş ve artışıyla birlikte ortaya çıkacak parametreler gelmektedir. Analiz adımlarıyla birlikte, deformasyon oluşacak valf yapısındaki değişim ve tepkilerin akışkan ile birlikte hareketi ile basınç dağılım ve etkisi numerik olarak kıyaslanmıştır.

(Araoye et al., 2017) Reynolds sayısının belirli aralıkları arasında bulunan değerler için farklı çap ölçüler ile mukayese edilmiş ve basınç dağılım ve dönüşüm ekseninde analiz sonuçlarıyla değerlendirmede bulunmuşlardır.

(Singh & John Tharakan, 2015) Sınır koşulları ve tasarımlarıyla birbirinden ayrılmış olan yapılar üzerinden blokaj faktörünün etkisi incelenmiştir. Temel yapı olarak delik sayıları ve çapları arasındaki farklar üzerinden yola çıkılmıştır. Türbülans ve laminer akış için çeşitli Re sayıları parametreler arasındadır. Yapılan analiz ve deneyler sonucu akış geçiş bölgesi alanın daha fazla olduğu büyük çaplı deliklerde akış devamlılığının sağlandığı ve buna bağlı olarak kıyaslaması yapılan küçük çap ve sayıdaki delikli orifis yapılarına göre basınç kaybı oranının önemli bir ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

(Shah et al., 2012) Orifislerde tasarım parametrelerinin, orifis yüzeyindeki delik alanı, pah ve açılı, konumları, akış sırasında oluşan karşı basınç ve hız vektörleri ile cidar noktasındaki akış kırılmaları ve bu noktalardaki akışkan hareketini noktasındaki güçlüklerin, gözlem ve varsayımı için, CFD tabanlı analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz adımlarıyla ortaya çıkan sonuçlar ve oluşan akış hareketinden detaylı olarak bahsetmişlerdir. Bu sonuçlardan yola çıkarak ölçüm takibi noktasında yeni bir şablon önerisinde bulunmuşlardır.

(Cho & Han, 2012) Gazlı amortisör için açma ve kapama mekanizmalarının işletim süreci hakkında bilgi verilmiş ve ampirik denklemler yardımıyla kapama mekanizmasını tanımlamışlardır. Gazlı amortisör araç üzeri düzenin optime edilmesi yönünde sayısal analiz gerçekleştirerek, üretim süreçleri hakkında referans oluşturmuşlardır.

### 3. MATERAL VE YÖNTEM

Bu kısımda ilk olarak materyal bölümüyle başlanacak ve analizi gerçekleştirilecek yapının genel özellikleri ve analiz için oluşturulan geometriden bahsedilecektir.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Gazlı amortisör çalışma prensibi

Amortisör genel tanım itibariyle kapalı bir piston mekanizması olarak tanımlanabilir.

Avantajları, normal yayların aksine; elastik deformasyona dayanıklı, titreşim veya esnemesi olmayan, hızı sabit veya değişken şekilde ayarlanabilen bir mekanizma olmasıdır.

Gazlı amortisör çalışma prensibi, mekanik bir helezon yayına benzer. Mekanik bir yay, enerjiyi iyi depolamaktadır ve daha sonra serbest bırakılmaktadır. Benzer bir yapı da gazlı amortisör özelinde örneklemek yerinde olacaktır. Gazlı amortisör sıkıştırma ve sönümleme sağlamak için azot gazıyla birlikte iç komponentlerin bir bütünü olarak tanımlanabilir. Milin boru hacmi yani içi azot gazı dolu kapalı bir hacim içerisine girmesiyle birlikte iç hacim azalacağından oluşan basınç artışı ve gazlı amortisörün açılma sırasında gazın daha geride kalan boşluğa gitme isteği bir itme kuvveti sağlayacaktır. Böylece gazın sıkıştırılabilme özelliği gazlı amortisörlere fonksiyonunu kazandırmış olmaktadır.



Şekil 3.1. Çeşitli amortisör tasarımları



### 3.1.2. Gazlı amortisör çeşitleri

İki tipten oluşan ürünler hidrolik ve dinamik gazlı amortisör olarak ikiye ayrılmaktadır.

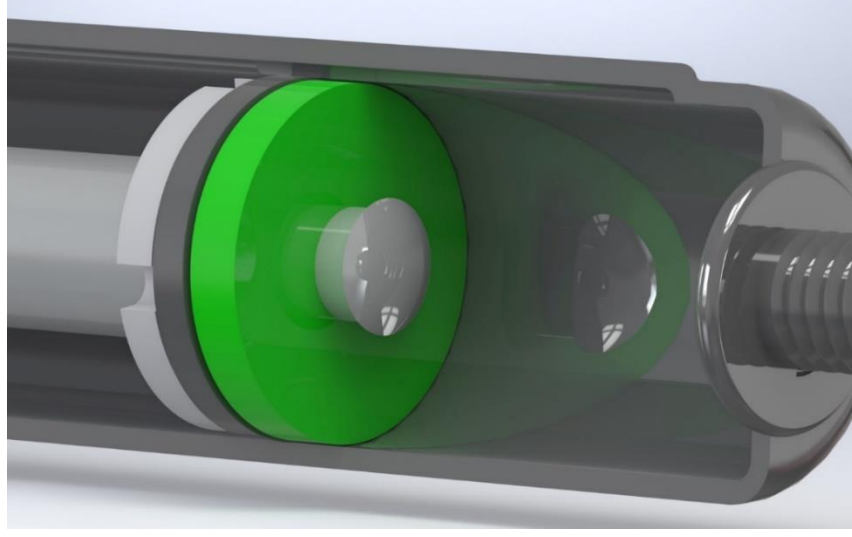
Araç bagaj ve kaputlarındaki montaj ve hareket edebilme yeteneğine göre kullanım tipi belirlenmektedir. Temel ayırım olarak dinamik gazlı amortisör çeşidinin açılma ve kapanma karakteristiğini boru içerisinde yer alan hareket form çizgisi belirlemektedir. Amortisör içerisindeki gaz bu yolu izleyerek çizilmekte olan derinliğe göre açılıp kapanma özelliği kazanır. Hidrolik olarak adlandırılan gazlı amortisör çeşidinde ise bu durum mil üzerinde yer alan orifis üzerinde yer alan delik ve hava kanallarıyla belirlenmektedir.

### 3.1.3. Dinamik amortisör

Boru yüzeyinde kanal formu verilerek, azot gazının bu formdan geçmesiyle birlikte harekete geçme sistemi bulunmaktadır. Bu form çeşitli derinliklerde verilerek gaz geçirme hacmiyle orantılı olarak hız değişkenlik imkanı sağlar. Amortisörün tam açılma halinde hızı 0 mm/sn ye düşürülebilir. Gaz geçişinin sadece kanal formundan gerçekleşmesini sağlamak için iç yapı elemanlarında orifis üzerinde delik bulunmamaktadır. Orifisin hemen arkasında yer alan sızdırmaz halka boru iç yüzeyine yapışır ve gaz sadece kanal formundan geçme imkanı bulur.



Şekil 3.2. Dinamik amortisör kanal formu



**Şekil 3.3.** Deliksiz orifis ve sızdırmazlık halkası

Dinamik amortisörlerin çalışmasındaki bu fonksiyon sayesinde taşıt kaput ve bagaj kullanım yerlerinde montaj ve hareket kolaylığı sağladığı için günümüzde kullanımı giderek daha da artmaktadır.

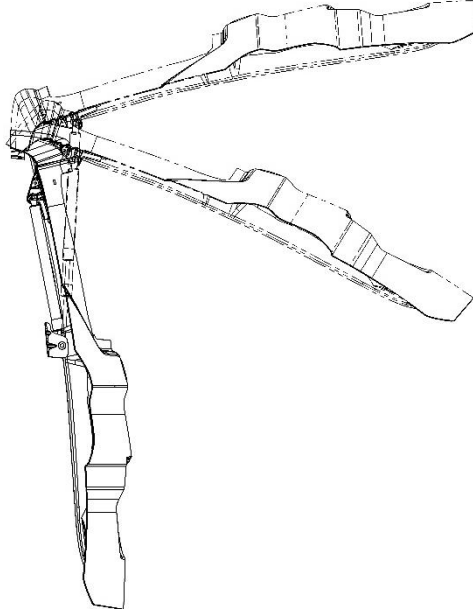


**Şekil 3.4.** Dinamik amortisör montajı

### 3.1.4. Hidrolik amortisör

İçerinde azot gazıyla birlikte, yağ da konularak amortisörün tam açılma esnasında montaj yerinde herhangi bir esneklik ve sallantı yapmama adına orifisin yağ hacmine girmesiyle birlikte damperleme yapmasını sağlayarak bu durumu önleme imkanı sağlar.

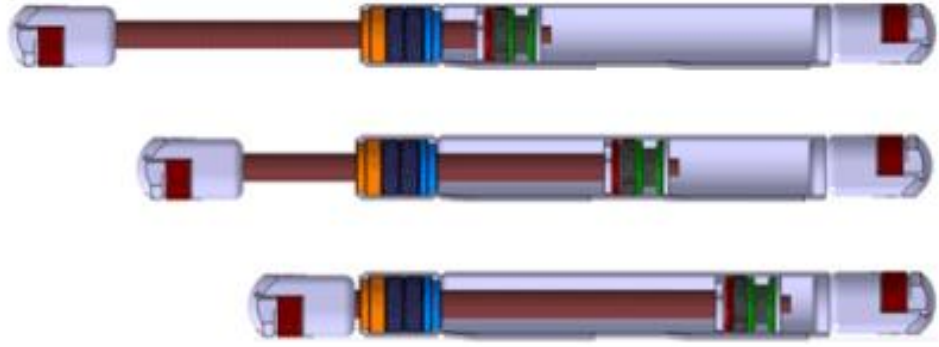
Akışkan, piston çevresinden ve piston üzerinde bulunan orifisten geçerek bir taraftan diğer tarafa doğru akışkan geçişine imkan sağlamaktadır. Boru içerisinde bulunan yağın fonksiyon kazanması için yani amortisör açılma esnasında açılma yerinde ani bir sallantı yapmaması ve yağın hacmi kadar mesafede yavaş açılması adına montajı tek taraflı olup amortisör milinin yağ hacmine girme durumunu yaratacak şekilde yapılmalıdır.



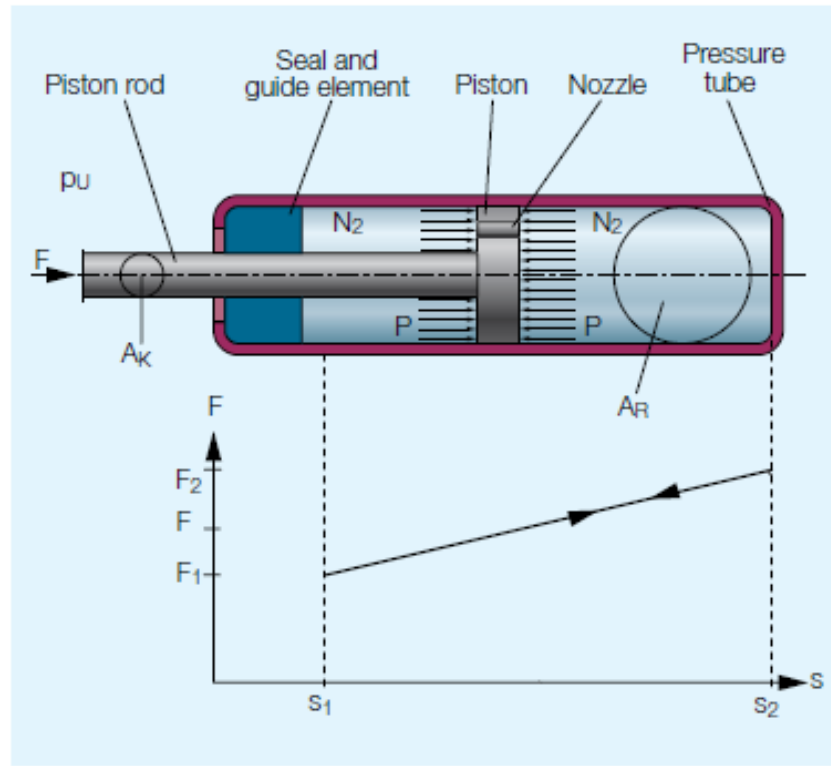
Şekil 3.5. Hidrolik amortisör montajı

### 3.1.5. Gazlı amortisörlerde kuvvet oluşumu

Gazlı amortisörün kapanma hareketi sırasında orifisin perçinli olduğu mil ile birlikte kapalı bir hacme geçiş yapar. Bununla birlikte basınç pistonun iç yüzeyinde dışına göre daha büyük bir alana etki eder. Bu durumda iç yüzeyin dışarıdan daha fazla kuvvet olduğu anlamına gelir. Böylece bir gazlı amortisör içeri doğru ittirildiğinde bir kuvvet üretmiş olacaktır.



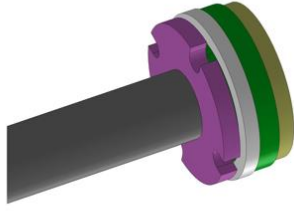
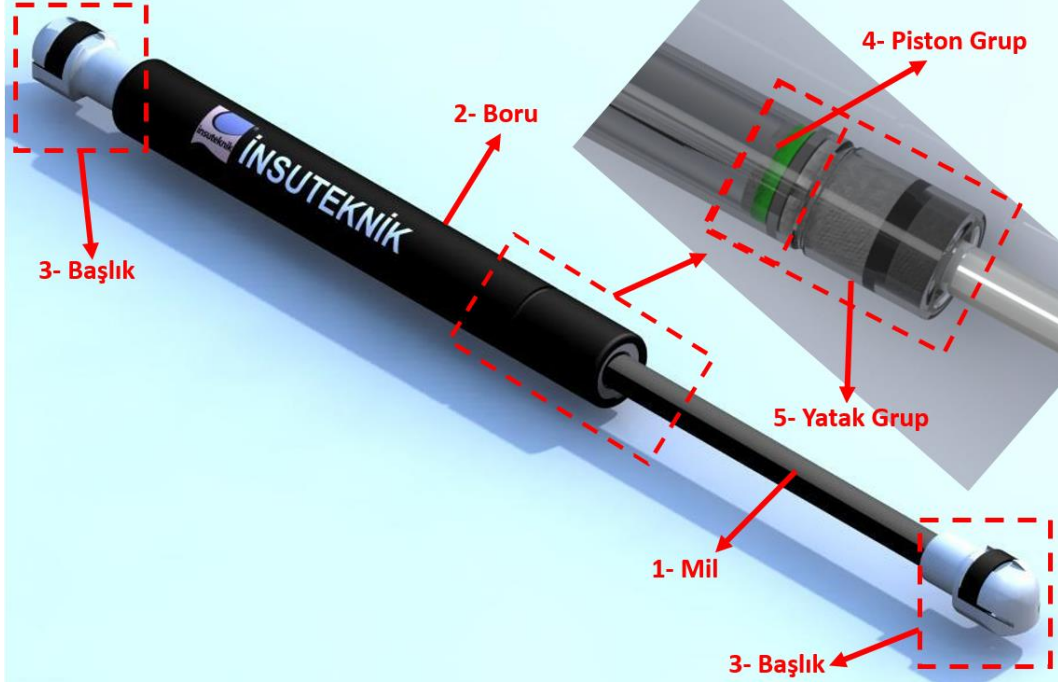
Şekil 3.6. Gazlı amortisörlerde kapanma konumları



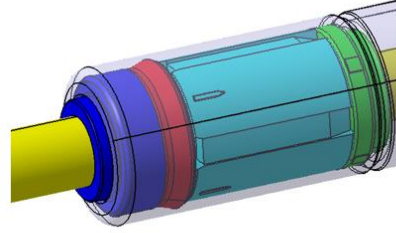
Şekil 3.7. Gazlı amortisör kuvvet oluşum grafiği (Stabilus technical information)

### 3.1.6. Amortisör iç yapısı

Amortisör yapı olarak boru, mil, bağlantı elemanları, yatak grubu ve piston grubundan oluşmaktadır. Çalışma konumu ve çalışma isteğine göre bu gruplar değişkenlik gösterir.



4- Piston Grup



5- Yatak Grup

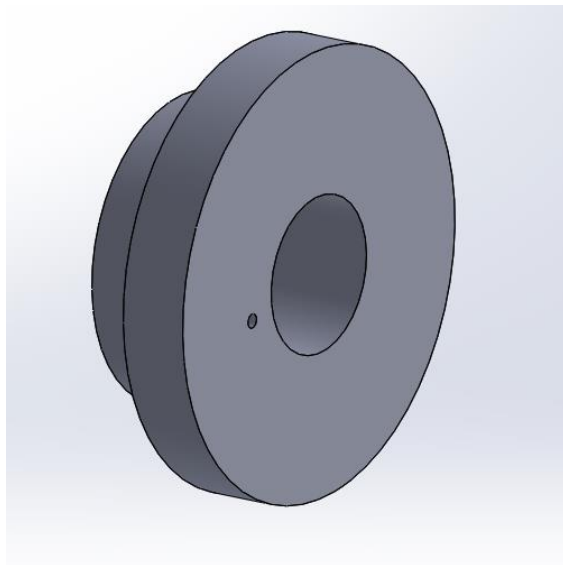
**Şekil 3.8.** Amortisör yapı elemanları (İnsu Teknik)

Yatak grubu 3 temel komponentten oluşmaktadır. Yatak olarak adlandırılan bakalit malzemedeki işlenen eleman mil ile boru birleşim kısmında bulunmaktadır. Verilen genel isminden de anlaşılacağı üzere yataklama ve sabitleme görevi görmektedir. Bir sonraki malzeme ise keçedir ve sızdırmazlık görevi görmektedir. Destek adı verilen bir sonraki eleman ise milin boru içerisinde hareketi esnasında sabitleme görevi görmektedir.



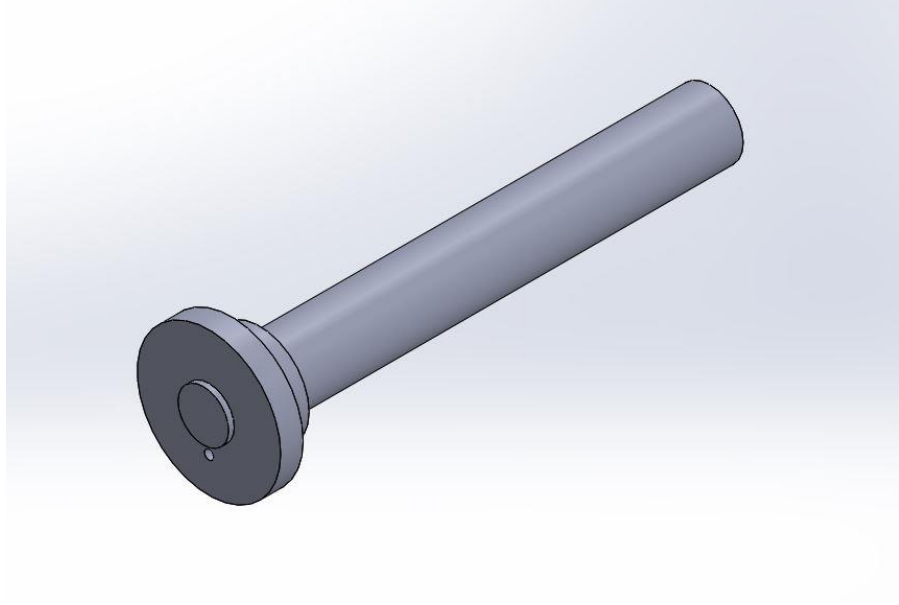
**Şekil 3.9.** Farklı yapılar da orifis çeşitleri

Analizin temeli oluşturan piston grubu Solidworks ile modellenmiş ve montajı gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.10.** Orifis geometrisi

Analizde kullanılacak geometri oluştururken montajlı olması gereken mille birlikte oluşturulmuştur. Gazlı amortisör stroğu olarak adlandırdığımız orifis ile başlangıç konumu arasındaki mesafe 35 mm olarak alınmıştır.



**Şekil 3.11.** Orifis montajı

### **3.1.7. Azot gazının amortisör sektöründe kullanımı**

Oksijen molekülleri azot moleküllerine oranla daha küçük olduğundan difüzyon hızları, azot moleküllerine göre 30-40 kat oranında daha yüksektir. Bu nedendir ki normal havayla doldurulan bir lastik azot gazı doldurulan bir lastiğe göre 3 kat fazla basınç kaybı yaşamaktadır. Düşük molekül ağırlıklı oksijen atomlarının difüzyon hızının azot atomlarına göre çok hızlı olması başlıca etkendir.

Amortisör özelinde ise amortisörün sürekli açılıp kapanması boru içerisindeki sıcaklığı artıracaktır. Bununla orantılı olarak boru iç basıncında da artış görülecektir. Azot gazının önemi burada devreye girmekte ve yapı olarak sıcaklığa diğer gazlara göre daha az duyarlı olduğundan yine diğer gazlara oranla daha az etkilenecek ve iç basınç belirsizliğini ortadan kaldıracaktır. (Karagöz)

### 3.2.Yöntem

Bu kısımda analiz için kullanılan CFD programında kullanılan temel denklemlerden ve analiz için kullanılan dinamik mesh teorisinden, sonraki kısımda ise analiz için oluşturulan geometrinin tasarımı, sınır koşulları ve çözüm methodlarından bahsedilecektir.

#### 3.2.1. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği

Akışkanlar mekaniği ve ısı transferi disiplinlerinden türeyen HAD, mühendislik birimlerince önemli bir yer tutmaktadır. Hesaplamalı simülasyonlar yoluyla yeni ve daha iyi sistem tasarımlarının oluşturulması ve mevcut ekipmanlarının optimizasyonu, verimlilik artışıyla birlikte işletme maliyetlerinde de düşüş olanağı sağlamaktadır.

Had akışkanlar dinamiğindeki temel denklemlere dayanmaktadır. Denklemlerin türetilmesinde aşağıda sıralanan fizik yasaları kullanılmıştır:

-Akışkanın kütlesi korunmaktadır.

-Newton'un ikinci yasası: Momentumdaki değişim hızı, Momentumdaki değişim hızı, akışkana etki eden toplam kuvvetlere eşittir.

#### 3.2.2.Süreklilik denklemi

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial(pu)}{\partial x} + \frac{\partial(pv)}{\partial y} + \frac{\partial(pw)}{\partial z} = 0 \quad (3.1)$$

#### 3.2.3. Momentum denklemi

$$\frac{\partial(p\vec{V})}{\partial t} + \nabla(p\vec{V} \otimes \vec{V}) = -\nabla p + \nabla\tau + \vec{f} \quad (3.2)$$

$$\tau = \mu(\nabla\vec{V} + (\nabla\vec{V})^2 - \frac{2}{3}\delta\nabla\vec{V}) \quad (3.3)$$

$\rho$  ve  $\mu$  sabit olduğunda Navier Stokes denklemleri şu şekilde olmaktadır:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = f_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = f_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (3.5)$$



$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = f_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (3.6)$$

### 3.2.4. Couette akış

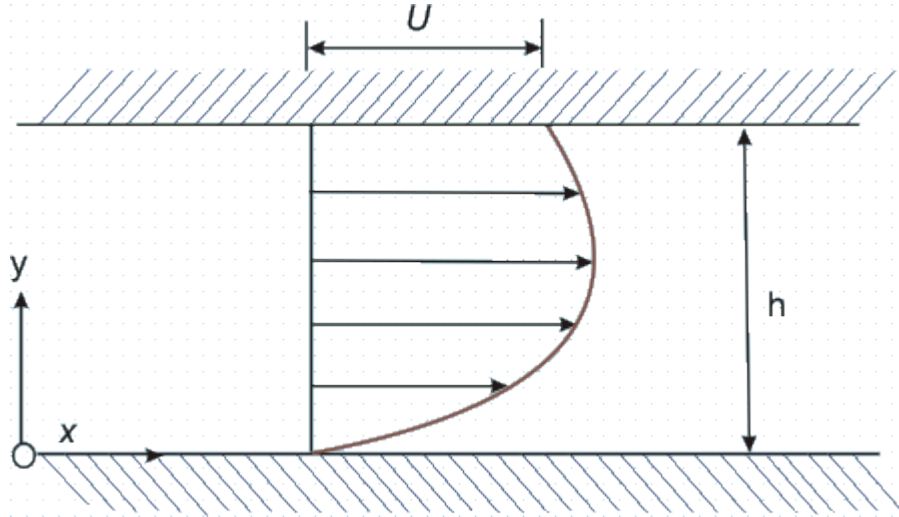
Akışkanlar mekaniğinin klasik bir problemi, şekil ile verildiği gibi sabit (hareketsiz) bir düzlem levha ile  $V$  hızında sürekli olarak hareket eden bir üst düzlem levha arasında oluşan akıştır. Levhalar arasındaki uzaklık  $h$  kadardır ve sıkıştırılamaz akışkan newton tipidir.

$$\frac{dp}{dx} = \mu \frac{d^2 u}{dy^2} \quad (3.7)$$

Sınır koşulları:

$$1) y=0, u=0$$

$$2) y=h, u=U$$



**Şekil 3.12.** İki paralel levha arasındaki akış

$$u = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} y^2 + C_1 y + C_2 \quad (3.8)$$

Sınır koşulu  $y=0, u=0$  için  $C_2=0$

$$u = \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} y^2 + C_1 y$$

Sınır koşulu  $y=h$ ,  $u=U$  için:

$$C_1 = \frac{U}{h} - \frac{1}{2\mu} \frac{dp}{dx} h$$

$$u = \frac{y}{h} U - \frac{h^2}{2\mu} \frac{dp}{dx} \frac{y}{h} \left(1 - \frac{y}{h}\right)$$

$$\frac{u}{U} = \frac{y}{h} - \frac{h^2}{2\mu U} \frac{dp}{dx} \frac{y}{h} \left(1 - \frac{y}{h}\right)$$

$$\frac{u}{U} = \frac{y}{h} + P \frac{y}{h} \left(1 - \frac{y}{h}\right)$$

$$P = -\frac{h^2}{2\mu U} \left(\frac{dp}{dx}\right) \quad (3.9)$$

(National Programme on Technology Enhanced Learning )

### 3.2.5. Lokal kayıp hesaplaması

Borulama sistemindeki basınç kayıpları sadece viskoz kuvvetlerden değil, borulamada kullanılan bağlantılar, valfler, dönüşler, genişleme ve daralma, ayrılma ve birleşme gibi unsurlardan da oluşmaktadır. Bu kayıplar yerel kayıp olarak adlandırılır. Yerel kayıplar genellikle  $K_k$  kayıp katsayısı ile ifade edilir.

$$K_k = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho V^2} \quad (3.10)$$

### 3.2.6. k-w SST modeli

K-w modelinde düşük Reynolds sayılı bir türbülans seçeneğidir. Bu sebeptendir ki duvar sınırlı akışlarda, duvara mesafesi kısa kısımlarda yüksek ağ eleman sayısı oluşturarak çözen sınır tabadaki hız dağılımını çözen bir türbülans modelidir. Duvara akın bölgelerde ağ kalitesinin düşük olduğu kısımlarda duvar fonksiyonları kullanılmış olur. Temel denklemleri ise şu şekildedir:

$$\frac{\partial(p k)}{\partial t} + \nabla(p \vec{V} k) = \nabla \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + P_k - B p k w + P_{kb} \quad (3.11)$$

$$\frac{\partial(pw)}{\partial t} + \nabla(p\vec{V}w) = \nabla \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega} \right) \nabla \omega \right] + \alpha \frac{\omega}{k} P_k - \beta \rho \omega^2 + P_{\omega b} \quad (3.12)$$

k-w türbülans modelinin viskozitesi, türbülans kinetik enerjisi ve türbülans frekansı

$$\mu_t = \rho \frac{k}{\omega} \quad (3.13)$$

### 3.2.7. Smoothing method

ANSYS-Fluent kısmında, sınırlarda tanımlanan harekete maruz kalan deforme olan bölgelerdeki hacim ağlarını güncellemek için smoothing ve remeshing method incelenecektir.

Yay tabanlı yumuşatma yönteminde, herhangi iki ağ düğümü arasındaki kenarlar, birbirine bağlı yaylardan oluşan bir ağ olarak idealleştirilir. Kenarların herhangi bir sınır hareketinden önceki ilk aralıkları, ağın denge durumunu oluşturur. Belirli bir sınır düğümündeki yer değiştirme, düğüme bağlı tüm yaylar boyunca yer değiştirmeye orantılı bir kuvvet üretecektir. Hook Yasasını kullanarak, bir ağ düğümü üzerindeki kuvvet şu şekilde yazılabilir:

$$\vec{F}_i = \sum_j^{Tbi} k_{ij} (\Delta \vec{x}_j - \Delta \vec{x}_i) \quad (3.14)$$

burada ve düğüm noktaları ve bağlı olduğu düğümlerin sayısı ve düğüm arasındaki yay sabiti olan ve kenar bağlantı düğümleri için yay sabiti ve şu şekilde tanımlanır:

$$k_{ij} = \frac{1}{\sqrt{(x_i - x_j)}} \quad (3.15)$$

Dengede, düğüme bağlı tüm yaylar nedeniyle düğüm üzerindeki net kuvvet sıfır olmalıdır. Bu koşul, yinelemeli bir denklemlerle sonuçlanır:

$$\Delta x_i^{-m+1} = \frac{\sum_j^{ni} k_{j\Delta \vec{x}_i}}{\sum_j^{ni} k_{j}} \quad (3.16)$$

Sınırlardaki yer değiştirmeler bilindiğinden (sınır düğüm konumları güncellendikten sonra), Denklem (3.15)'in iç düğümlerde bir Jacobi methodu kullanılarak çözülür. Yakınsamada, pozisyonlar şu şekilde güncellenir:

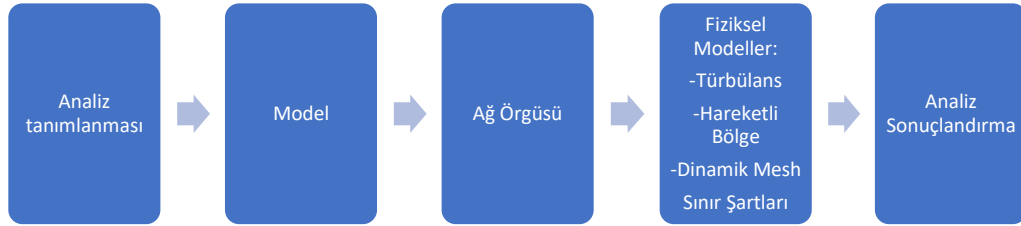
$$x_i^{-n+1} = x_i^{-n+1} + \Delta x_i^{-m,converged} \quad (3.17)$$

### 3.2.8. Remeshing method

Üçgen veya dört yüzlü ağ bulunan bölgelerde, normal olarak yay tabanlı yumuşatma yöntemi kullanılır. Sınır yer değiştirmesi yerel hücre boyutlarına kıyasla büyük olduğunda, hücre kalitesi bozulabilir veya hücreler dejenere olabilir.

Bu sorunu aşmak için fluent, çarpıklık veya boyut kriterlerini ihlal eden hücreleri kümeler halinde toplar ve kümelenmiş hücreleri veya yüzleri yerel olarak yeniden ağlar. Yeni hücreler veya yüzler çarpıklık kriterini karşılıyorsa, ağ yerel olarak yeni hücrelerle güncellenir (çözüm eski hücrelerden enterpolasyonlu olarak). Aksi takdirde, yeni hücreler atılır. (Fluent Dynamic Mesh 18.1)

### 3.2.9. Hesaplamalı akışkanlar mekaniği ile analiz adımları



Şekil 3.13. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği özet şeması

### 3.2.10. Analiz Tanımlaması

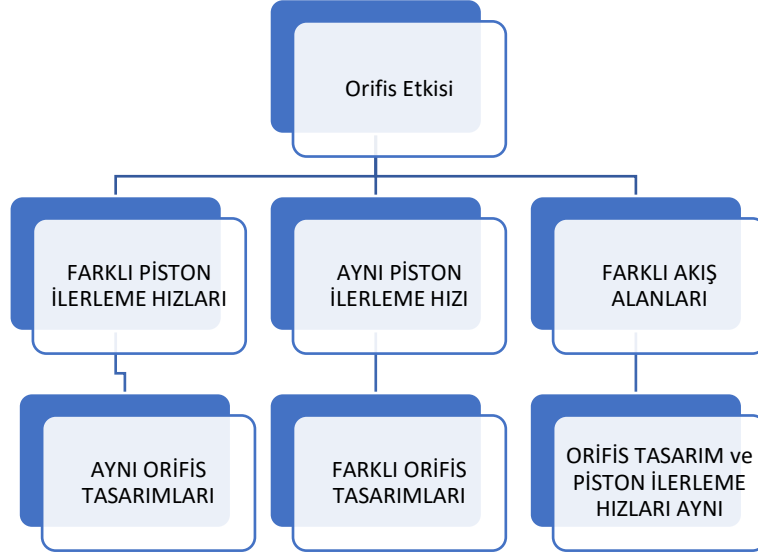
Gazlı amortisörde kapanma hareketinden referans alınarak, gazlı amortisör piston grubunda yer alan mil ve orifisin akışa etkisi simüle edilecektir. Orifis ve mil grubuna hareket verilmesiyle birlikte oluşacak akış ve basınç etkileri;

-Hız değeri

-Orifis çeşitleri

-Akış Alanı

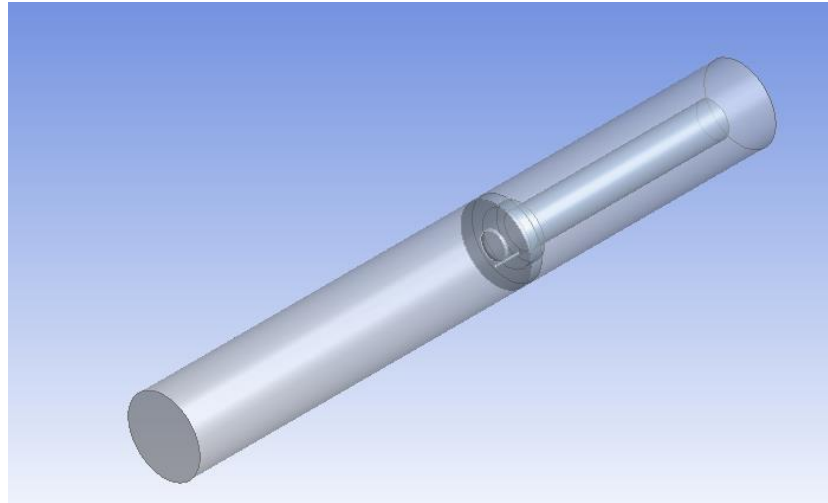
Parametre değişimleriyle birlikte kıyaslamalar yapılacaktır ve çıkan sonuçlar değerlendirilecektir.



**Şekil 3.14.** Orifis etki inceleme şeması

### 3.2.11. Modelleme

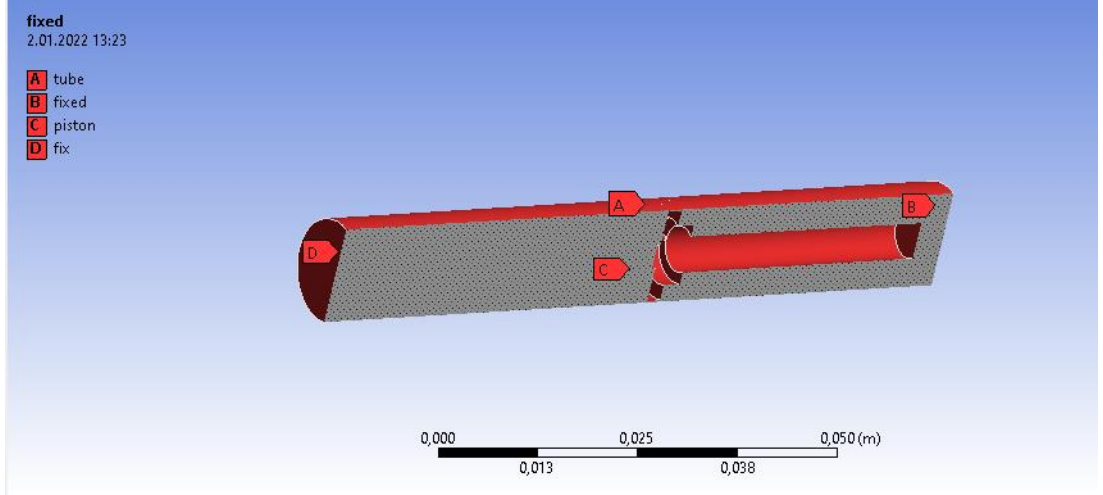
Gazlı amortisör orifis ve akış hacmi, üretimde gerçekleşecek şekilde birebir ölçülülerle tasarımı yapılmıştır. Orifis tasarımları mil ile montajı yapılarak akış hacmi içerisine yerleştirilmiş ve analiz aşamaları için hazırlanmıştır. Mil ile birlikte montajlı olan orifis geometrileri akış hacmi içerisinden çıkartılmıştır.



**Şekil 3.15.** Akış hacmi ve piston grubu

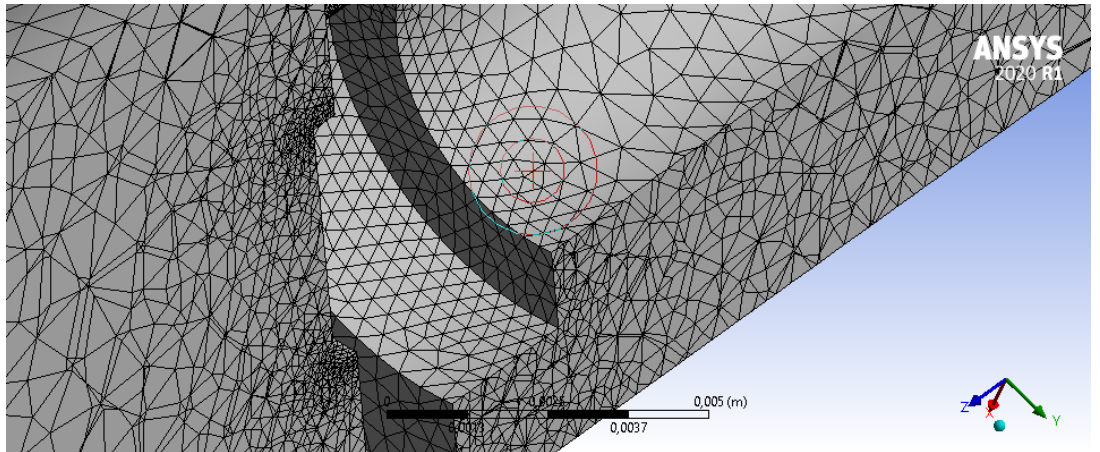
### 3.2.12. Mesh

Kesit alınarak akış hacmi içerisinde yer alan mil ve orifis geometrileri piston olarak adlandırılmıştır.



Şekil 3.16. Ağ örgüsü bölge isimlendirmesi

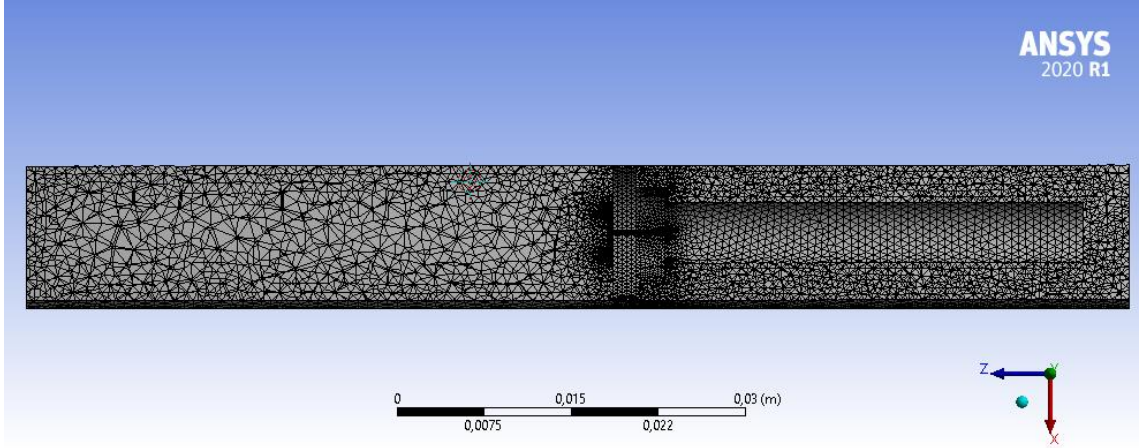
Mesh kısmında nodların örtüşmesi adına Patch conforming method tanımlanmıştır. Dinamik mesh kısmı için de 3D geometrilerde, tetrahedrons yapılı ağ geometrilerinin kullanımı uygun olacaktır.



Şekil 3.17. Ağ modelleme

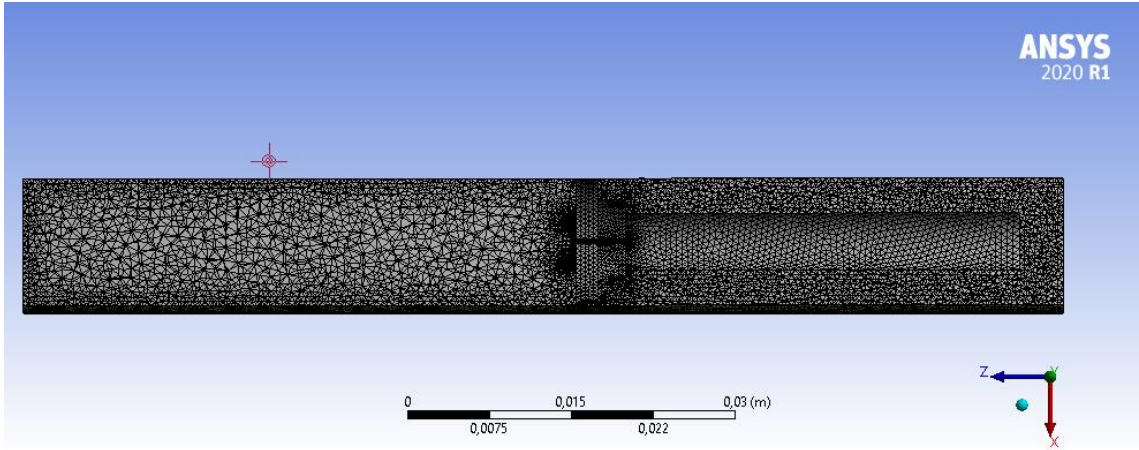
### 3.2.13. Ağdan bağımsızlık çalışması

Analizin mesh sayısını belirlemek için skewness değerinin 0,9 değerinin altındaki değere sahip iki farklı sayıda meshe sahip analizler gerçekleştirilmiştir. Skewness değeri 0,78'dir. İlk olarak 254 162 miktarında ağ örgüsüne sahip analiz gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.18. 254 162 eleman sayılı ağ örgü yapısı

Yapılan ikinci analizde daha sık ağ örgüsü hedeflenmiştir ve 409 340 elemanlı bir analiz gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.19. 409 340 eleman sayılı ağ örgü yapısı

Referans olarak belirtilen konumlar referans alınarak basınç değerleri arasındaki yüzdelik fark alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmada aradaki farkın yaklaşık olarak %1,3 mertebesinde olduğu sonucu çıkmaktadır. Bunun sonucunda daha düşük eleman sayılı yapı kullanarak analizlere devam edilmiştir.

	409340 Mesh	254162 Mesh	
Konum	P[Pa]	P1[Pa]	Fark [%]
50mm	10,683	10,546	1,29
60mm	10,676	10,543	1,26

**Şekil 3.20.** Ağdan bağımsızlık çalışması

### 3.2.14. Sınır Şartları, Hareketli bölge, Türbülans modelleri

HAD Analizi çözümü için akış şekli Viscous Model / SST k-w olarak seçilmiştir. Akış ayrılmasının yerini ve miktarını daha yüksek doğrulukta tahmin etmek için tasarlanmış bir modeldir. Bu sayısal çalışmada duvara sık ağ atıldığından sayısal çalışmada SST çözüm modeli kullanılmıştır.

Çözüm methodu olarak SIMPLE seçilmiş olup, basınç ve momentum 2. derece diyagramı seçilmiştir. 1. derece diyagramları yakınsama olarak daha uygun olsa da kıyaslandığında doğruluk ölçüsü daha az olmaktadır.

Analitik çözümde kullanılan akışkan özelliklerine göre akışkanın tanımı Material sekmesinde oluşturulmuştur. Enerji denklemleri dahil edilmediğinden dolayı değerleri sabit olacak şekilde bırakılmıştır.

**Create/Edit Materials**

Name	nitrogen	Material Type	fluid
Chemical Formula	n2	Fluent Fluid Materials	nitrogen (n2)
		Mixture	none

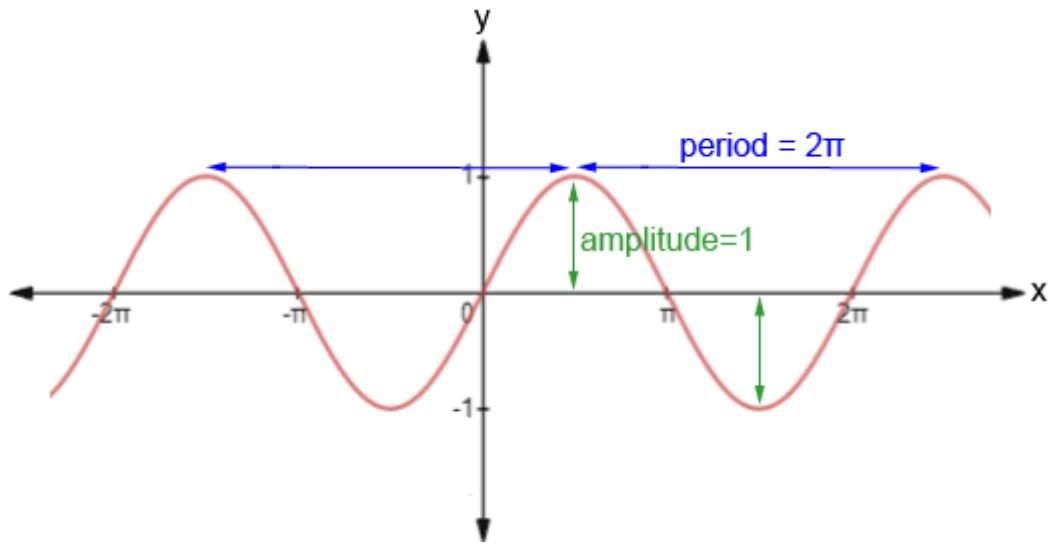
**Properties**

Density (kg/m3)	constant
	1.138
Viscosity (kg/m-s)	constant
	1.663e-05

**Şekil 3.21.** Akışkan seçimi

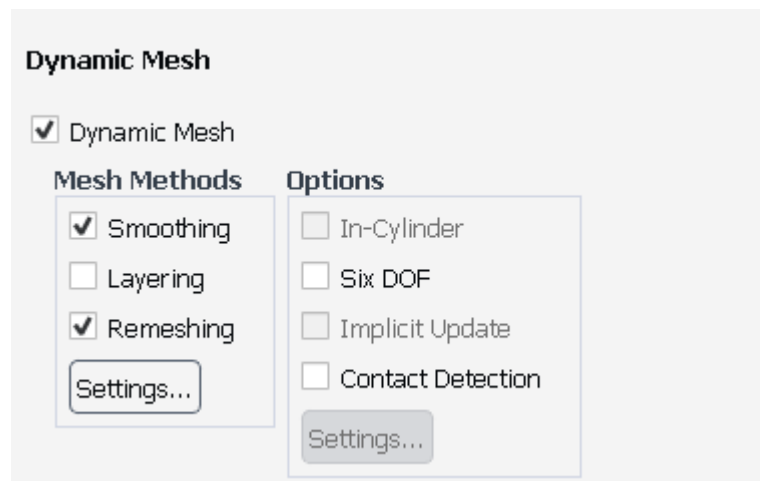


Mil ve orifisin hareketli olduğu ve akışkanın sadece orifisten ve boru kenarlarından geçebileceği bir durum gözlemi için dinamik mesh kullanılmıştır. Tek eksenli bu hareketi gerçekleştirmek için öncelikle sabit hızlı hareket tanımlanmış fakat başlangıç noktalarında ani hızın basınç üzerinde yarattığı ıraksama etkisi ve hatalar üzerine, sinüzoidal fonksiyon hareketi referans alınmış ve tek yönlü hareket için hız, genlik ve periyoduna bağlı olarak analiz aşamasında zaman adımları düzenlenmiştir. Analiz aşamalarında farklı hareket hızları olacağından dolayı denklemler türetilmiştir. Örnek udf fonksiyonu Ek-1’de yer almaktadır.



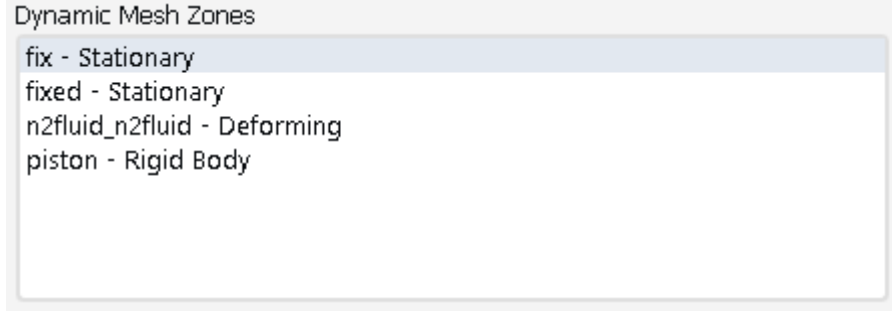
Şekil 3.22. Sinüzoidal fonksiyon

Dinamik mesh oluşturmak için smoothing ve remeshing seçenekleri aktif hale getirilmiştir.



Şekil 3.23. Dinamik Ağ Güncelleme Yöntemleri

Sonraki mil ve orifis hareketiyle birlikte deforme olacak akış yüzeyi ‘deforming’, Hareketli yüzey ise hız profiliyle birlikte ‘rigid body’ seçeneği aktif hale getirilmiştir. Sabit bölgeler için ‘stationary’ seçeneği seçilerek bölge tanımlama tamamlanmıştır.



**Şekil 3.24.** Dinamik Mesh Bölge Tanımı

URF değerleri önceki değişken sonucunun yenisi üzerindeki etkisini kontrol etmektedir, bu durum da değişkenin yinelemeler üzerindeki etkini azaltmaktadır. Şekil 3.25 de analizde alınan değerler gösterilmiştir.

Pressure	0,3
Density	1
Body Forces	1
Momentum	0,7
Turbulent Kinetic Energy	0,4
Turbulent Dissipation Rate	0,4
Turbulent Viscosity	1
Energy	1

**Şekil 3.25.** URF değerleri

### 3.2.15. Analiz Sonlandırma

Her bir iterasyon için tanımlanmış denklemlere yakınsadığını doğrulamak için yinelemeli bir yakınsama gerçekleştirilir. Mutlak yakınsama kriteri uygulanır ve bu değer  $10^{-3}$  alınmıştır. Böylece her iterasyonda yakınsama sağlandığında bir sonraki adıma geçilir.

0,08 s sonucunda ulaşılan değerler için Number of Time step=400 Time step size 0,0002 alınmıştır.0,06s sonucundaki değer için ise Time step size(s)=0,00015 alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Analizlerin amacı gazlı amortisör yapısında bulunan orifis yapı elemanın akış alanı içerisindeki yarattığı etkiyi farklı sınır koşullarıyla birlikte değerlendirmek, bu durumlar arasında kıyaslama yapmak ve ortaya çıkacak sonuçlarla birlikte tasarım konusunda dikkat edilmesi gereken noktalar belirlemek olacaktır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

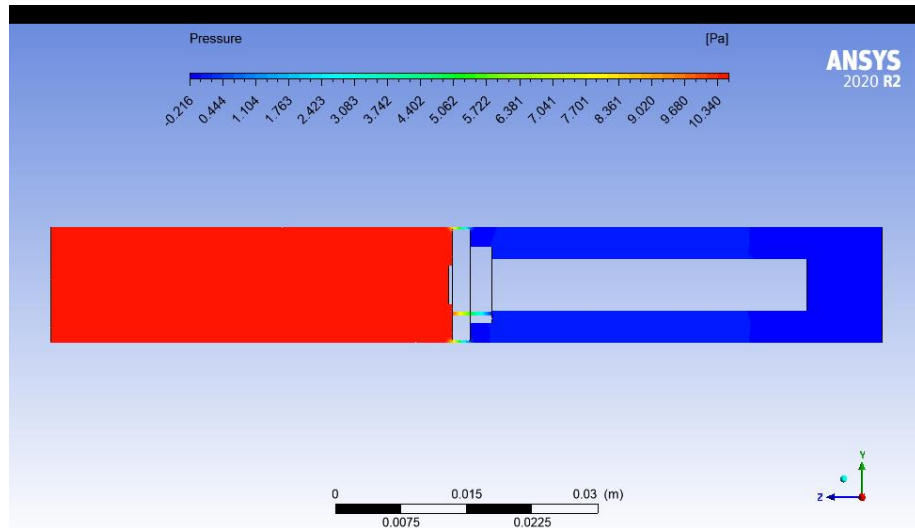
Bu bölümde yapılan analizlerin sonuçları sayısal ve görsel olarak ele alınacak olup, bulgular arasındaki farklar yorumlanacaktır.

### 4.1. Farklı Sınır Şartlarında Orifis Tasarımlarının Karşılaştırılması

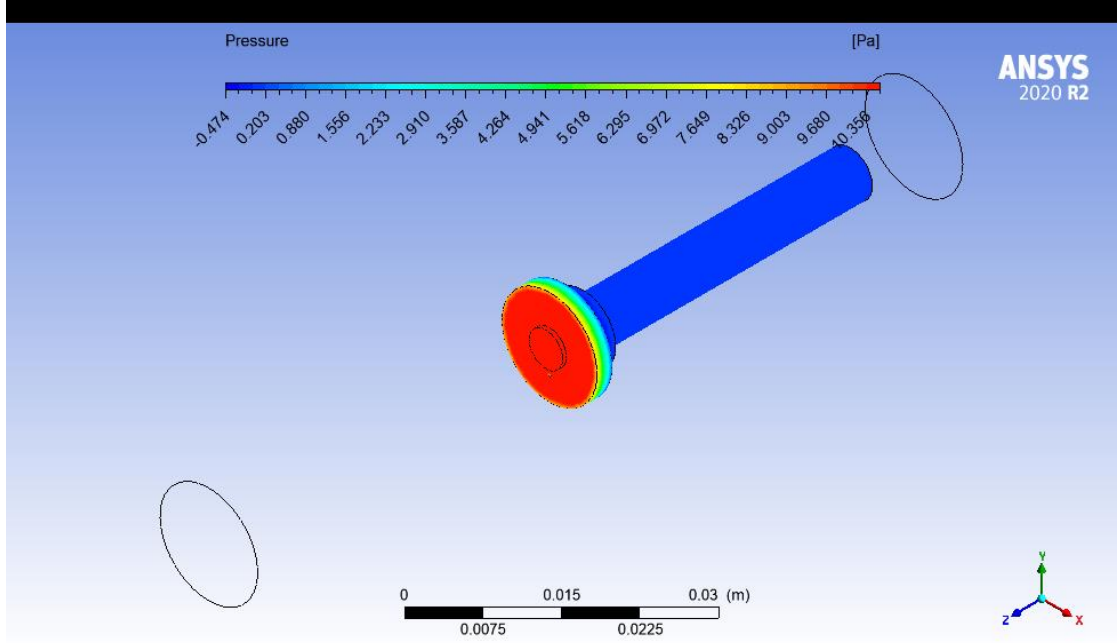
Bu bölümde referans olarak aynı mesafeyi 0,08 saniyede tamamlayıp, sinüzoidal fonksiyon maksimum genlik değeri olan 90 mm/s olan ve yine aynı mesafeyi 0,06 saniye süresinde ve maksimum genlik değeri 150 mm/s olan tasarımların, hareketi tamamlamasıyla oluşan bulgulara yer verilecektir. Orifis çapı, gazlı amortisör üretim çalışma şartları karşılayacak şekilde 12,75 mm ve akış alanının çapı 13 mm olarak alınmıştır. Böylece hem orifis deliğinden hem de piston ve akış alanı çevresinden akış geçişine imkan sağlanmış olacaktır.

#### 4.1.1. 0,4 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0.08s)

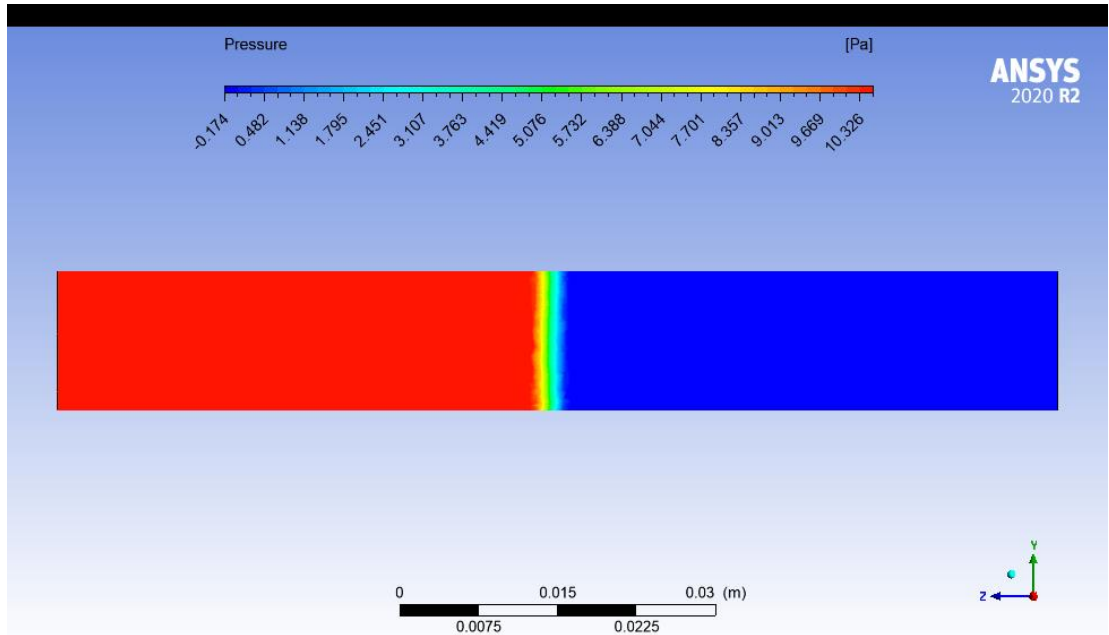
Hareketin tamamlanmasıyla birlikte piston grubunun hareketiyle sıkışan hava bölgesindeki basınç artışı görülmektedir. Tam bir sıkışma yani orifis delik çapı ve cidar bölgesinden hava geçişi olduğu için bu kısımların basınç geçişini absorbe etmeye çalıştığı gözlemlenmiştir.



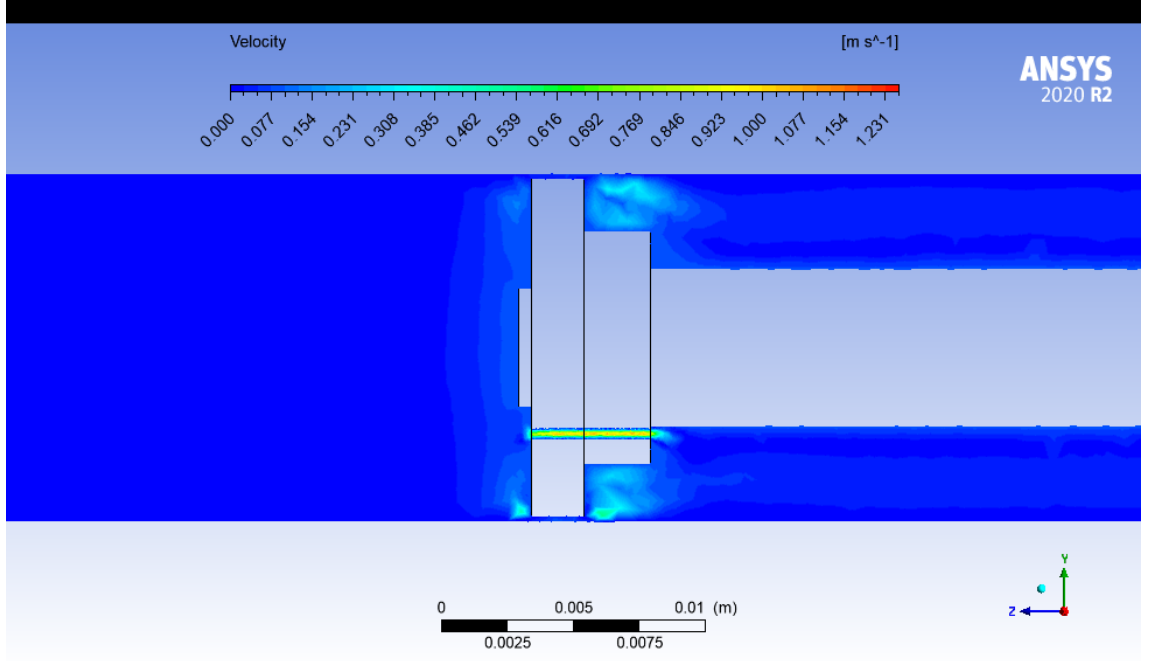
**Şekil 4.1.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



**Şekil 4.2.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

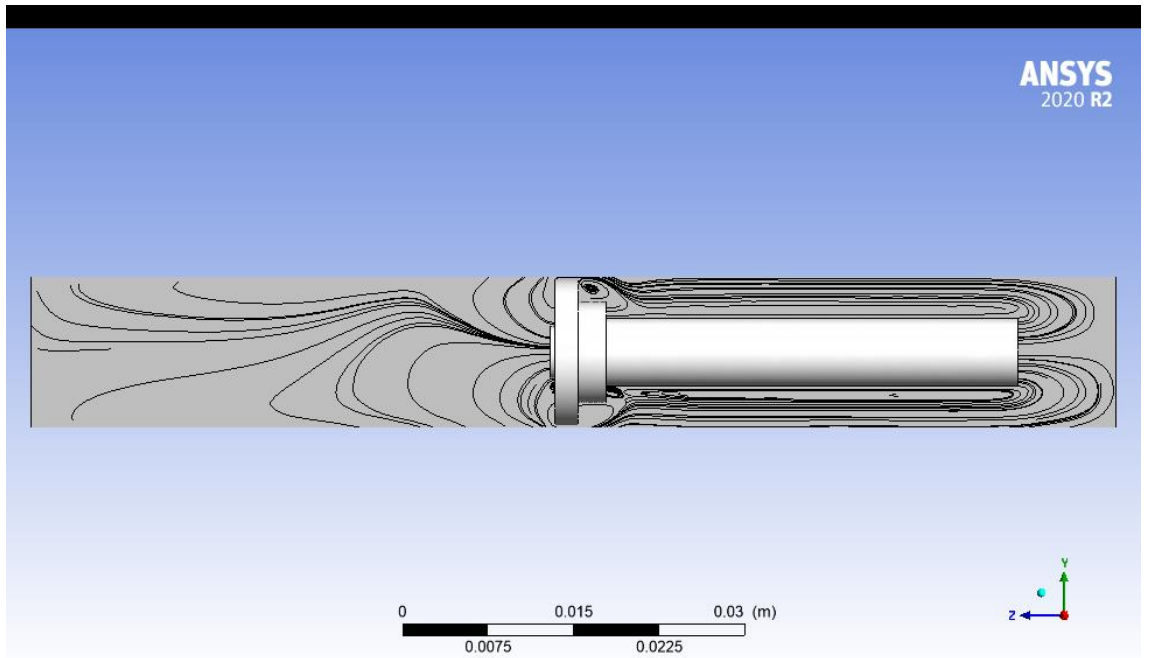


**Şekil 4.3.** Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

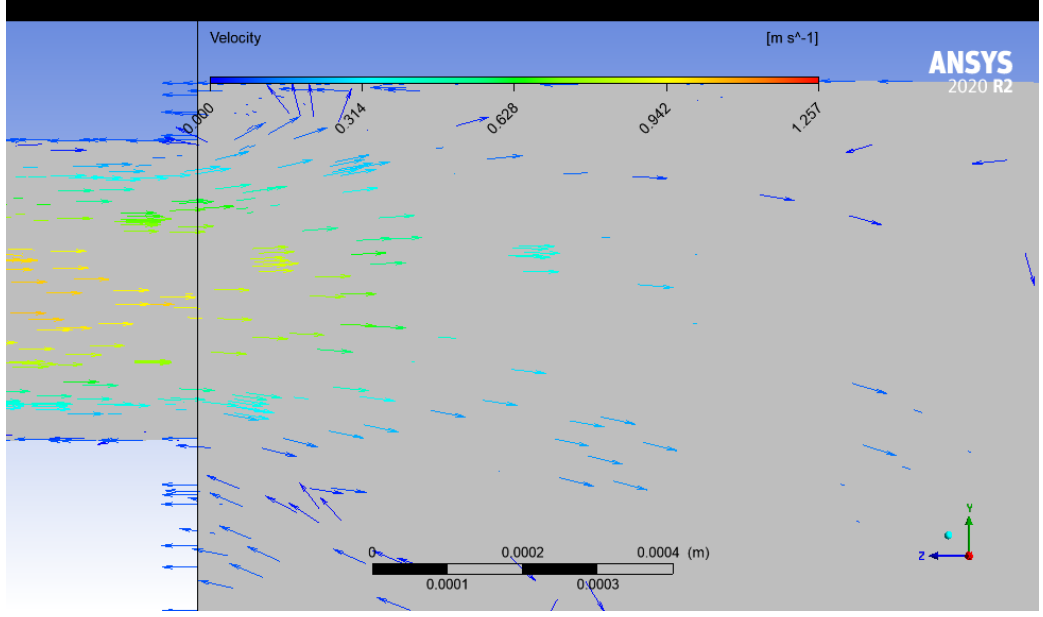


**Şekil 4.4.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

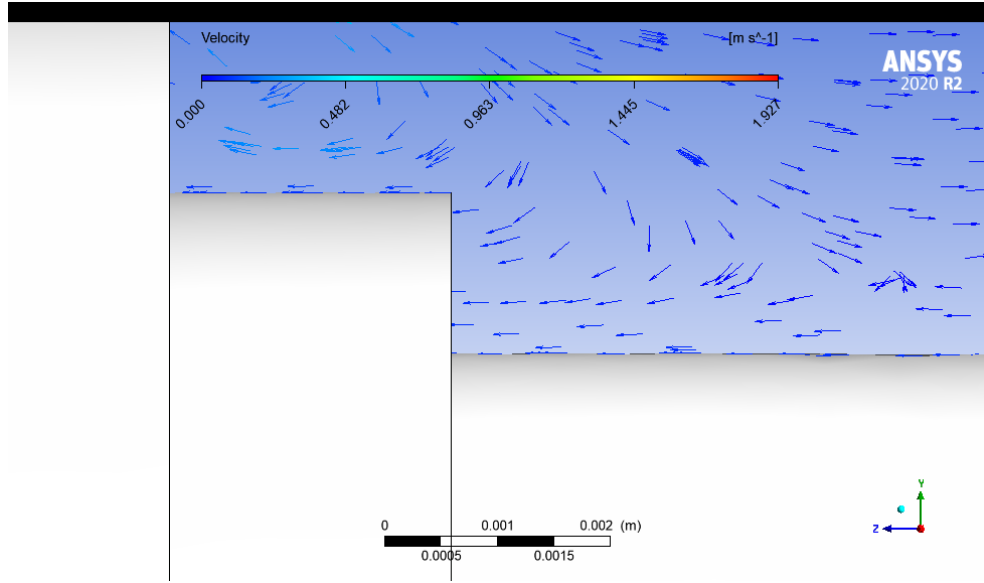
Piston çevresi ve akış alanının arasında kalan cidar bölgesinden akışın kırılmalar yaşadığı, türbülanslı akış bölgelerinin oluştuğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.5.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



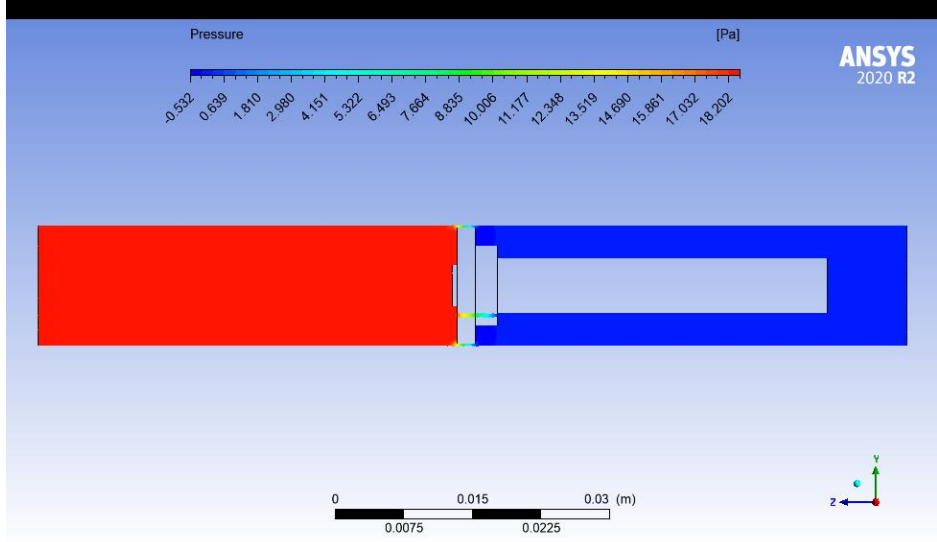
**Şekil 4.6.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



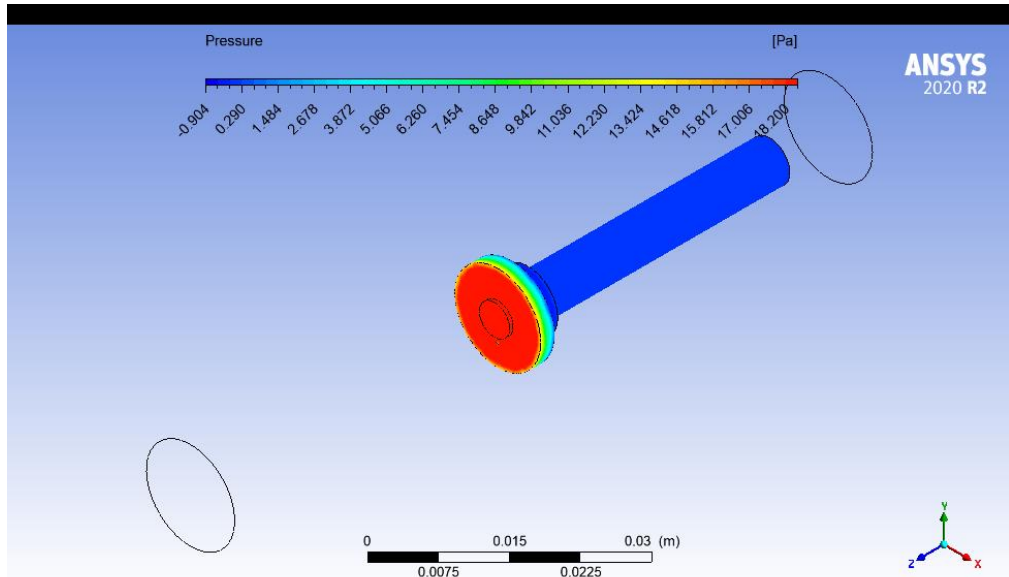
**Şekil 4.7.** Hareketin tamamlanması sonucu piston duvar bölgesi (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

#### 4.1.2. 0,4 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0.06s)

Aynı mesafede daha hızlı bir hareket tanımlaması yapılarak oluşturulan analizde ilerleme hızının artmasıyla birlikte iç basınç, orifis ve boruya etkiyen basınç artışının olduğu çıkan sonuçlarda görülmüştür.

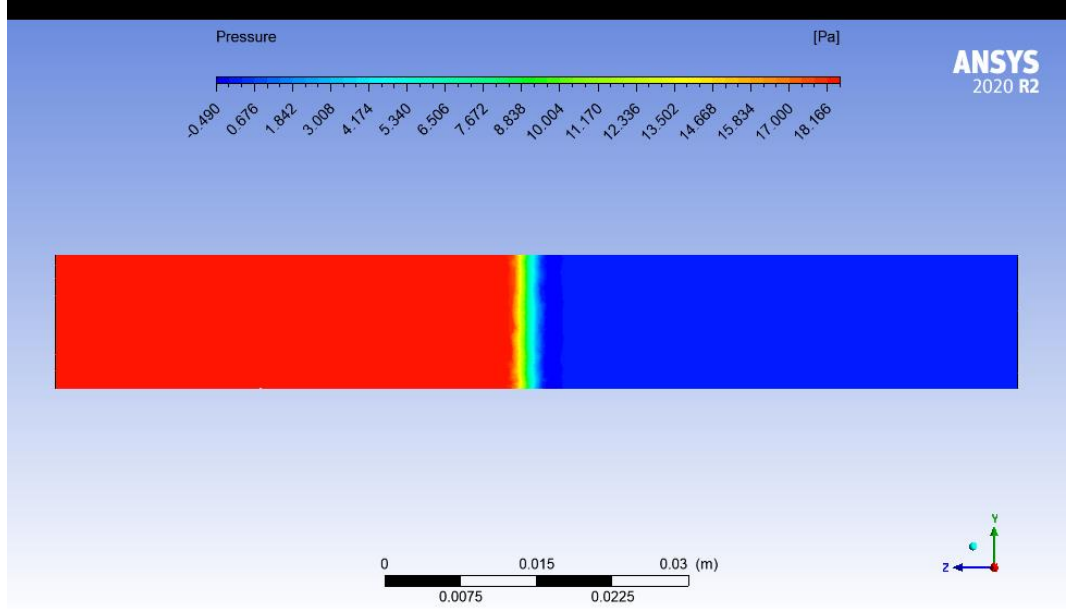


Şekil 4.8. Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)



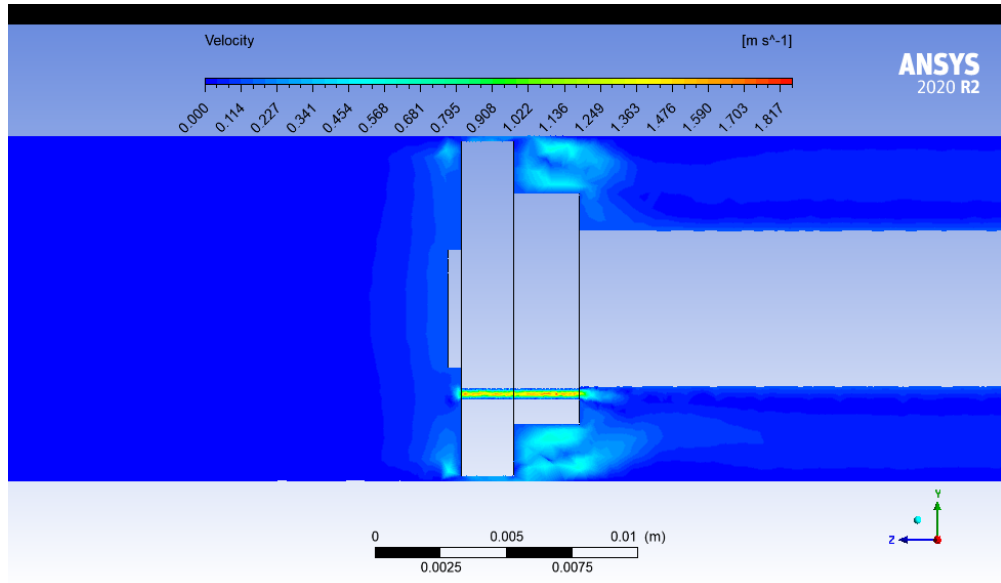
Şekil 4.9. Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)



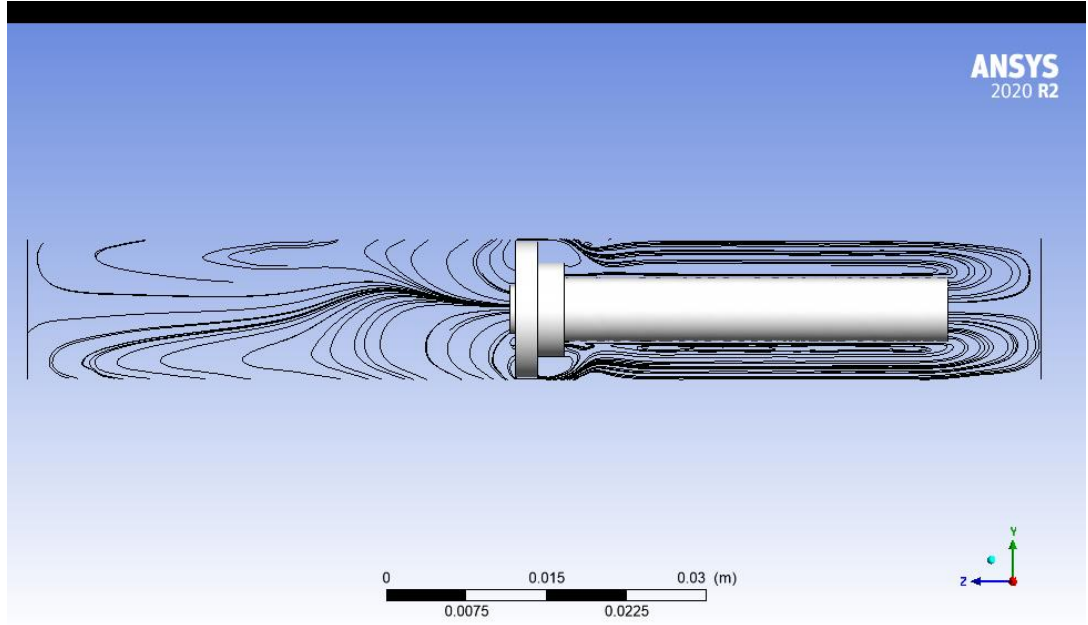


**Şekil 4.10.** Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)

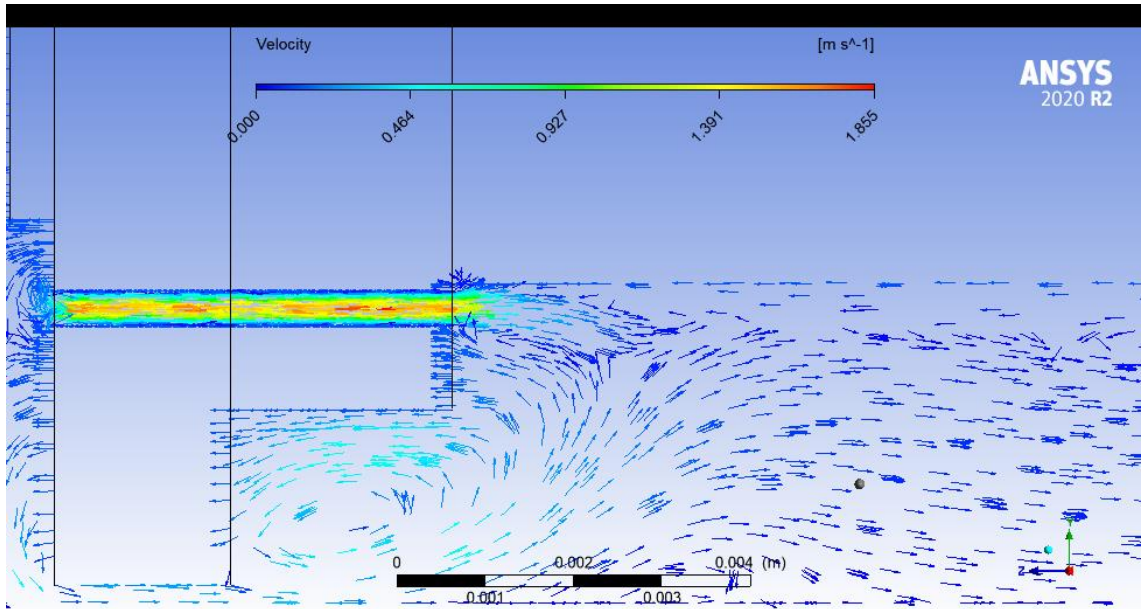
İlerleme hızının arttırılmasıyla orifis delik kısmındaki akış hızının yavaş hareket verilmesi durumuna göre arttığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.11.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)



**Şekil 4.12.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)



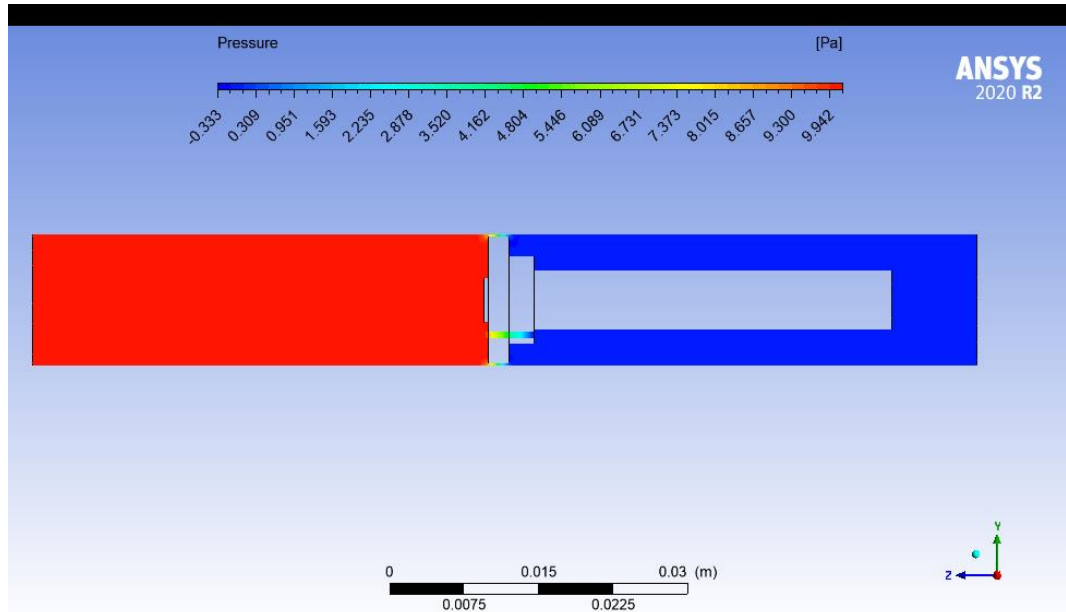
**Şekil 4.13.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,4 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)

	0,4 mm çapındaki delikli orifis (0,08s)	0,4 mm çapındaki delikli orifis (0,06s)
	En yüksek değer	En yüksek değer
Hız	1,23 (m/s)	1,81 (m/s)
Basınç	10,34[Pa]	18,2[Pa]
Orifis ve boru yüzeyi basınç	10,34[Pa]	18,2[Pa]

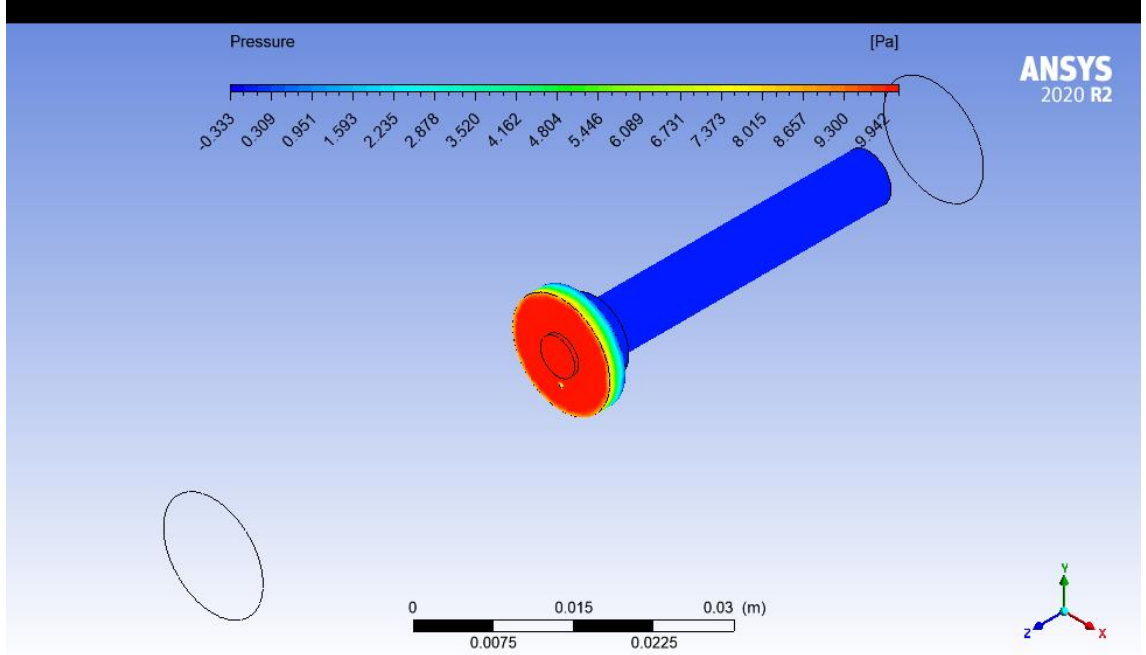
**Çizelge 4.1.** Farklı hızlarda 0,4 mm çapındaki orifis değerleri

#### 4.1.3. 0,6 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0,08 s)

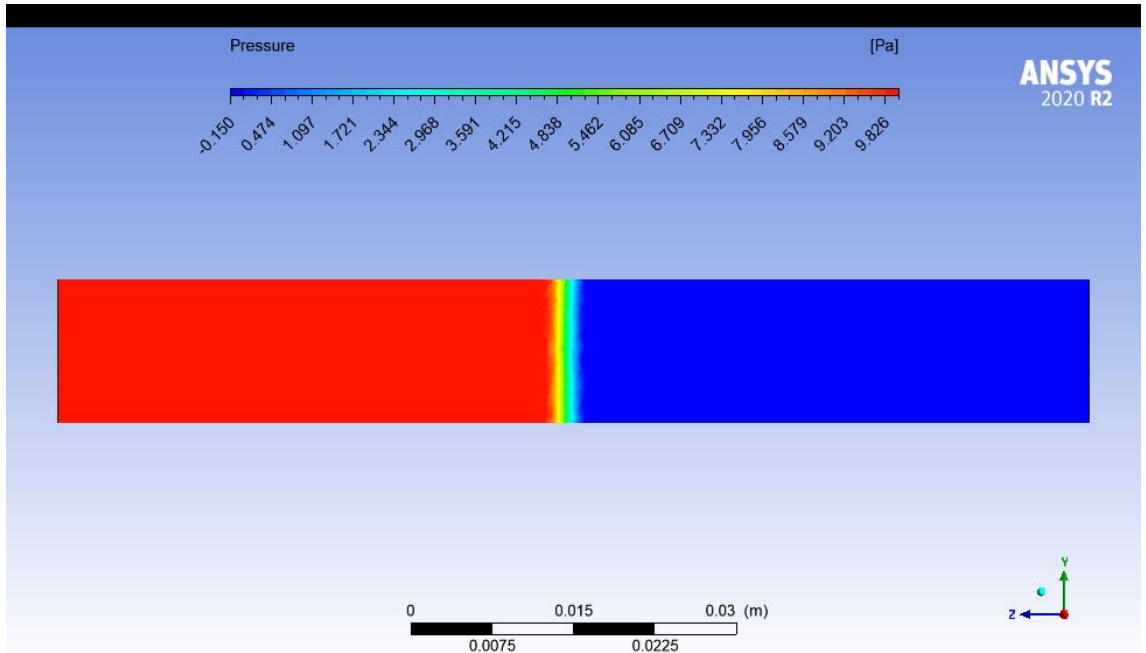
Bu bölümde referans olarak aynı mesafeyi 0,08 saniyede tamamlayıp, sinüzoidal fonksiyon maksimum genlik değeri olan 90 mm/s olan ve hareketi tamamlamasıyla oluşan bulgulara yer verilecektir. Aynı referanslarla birlikte 0,4 mm çaplı delikli orifis ile sonuçlar karşılaştırılacaktır.



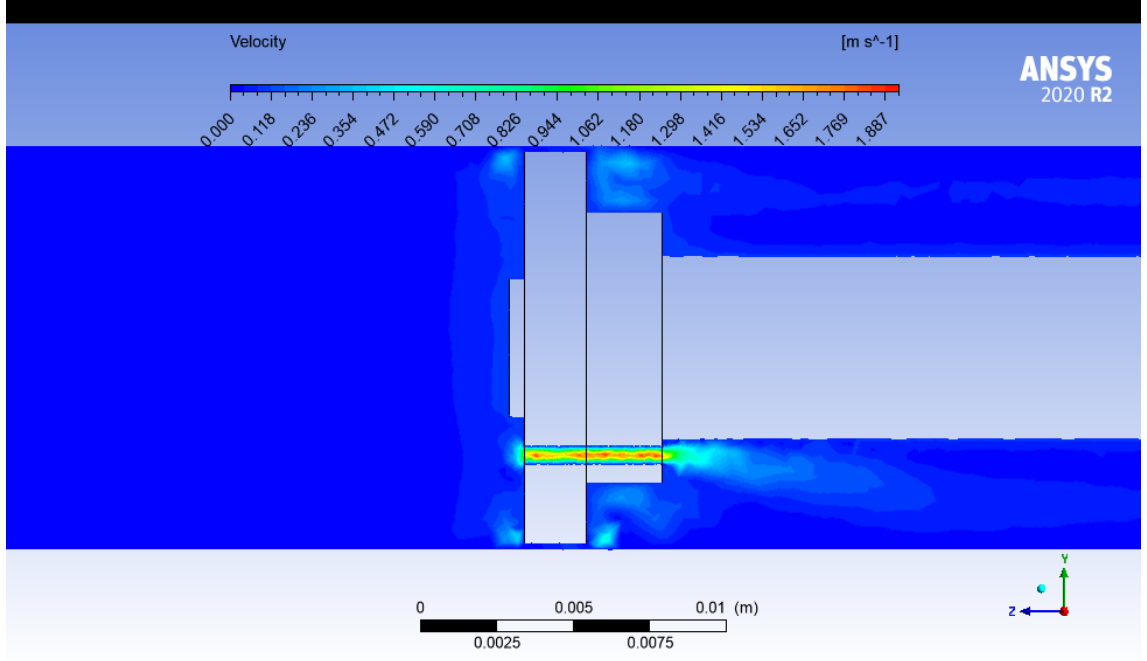
**Şekil 4.14.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



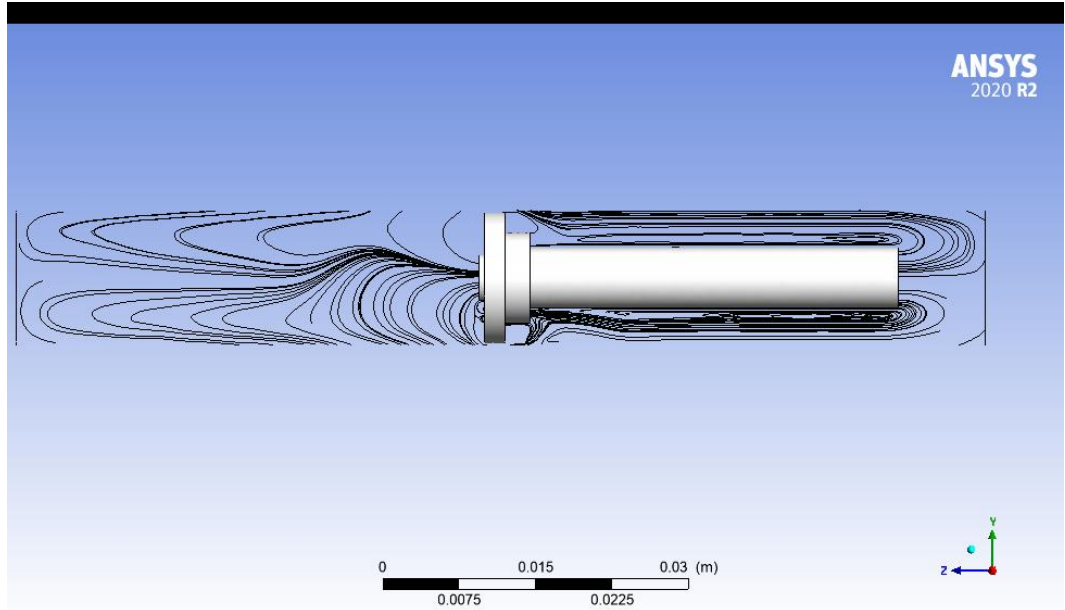
**Şekil 4.15.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



**Şekil 4.16.** Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

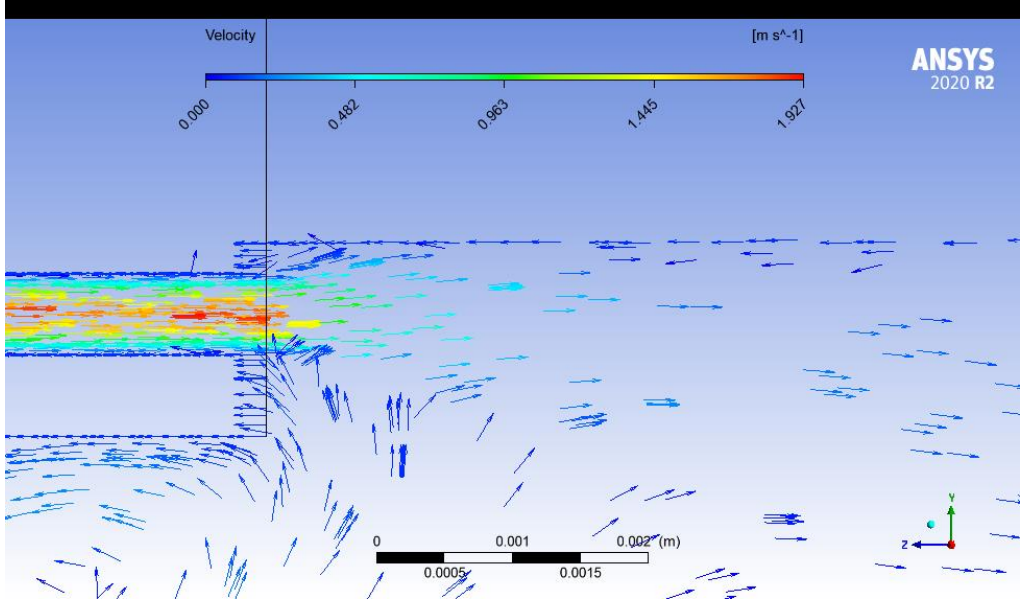


**Şekil 4.17.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,6mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



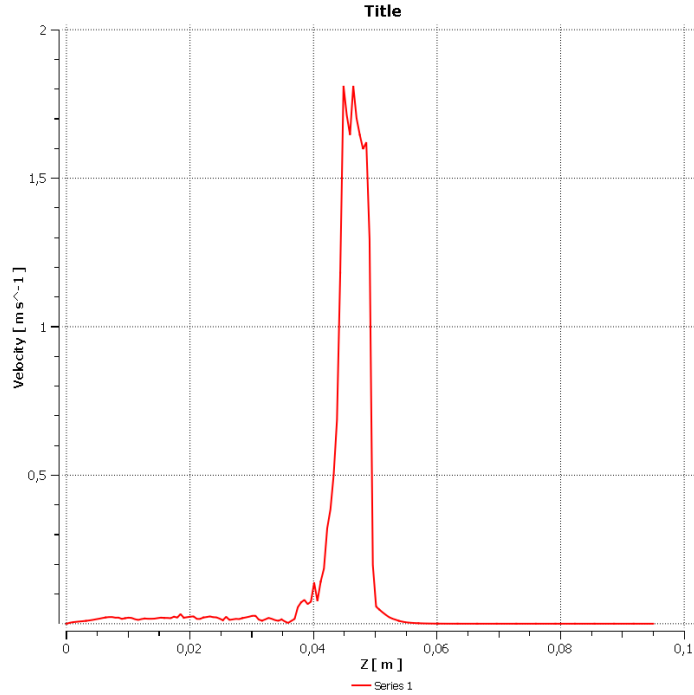
**Şekil 4.18.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

Orifis çıkışı hız vektörleri yoğunluğu ve değerleri incelendiğinde 0,4 mm delikli orifis çapına göre hız değerinin ve hız vektörlerinin oluşan karşı hız vektörlerine karşı daha kararlı bir yapı izlediği görülmüştür.

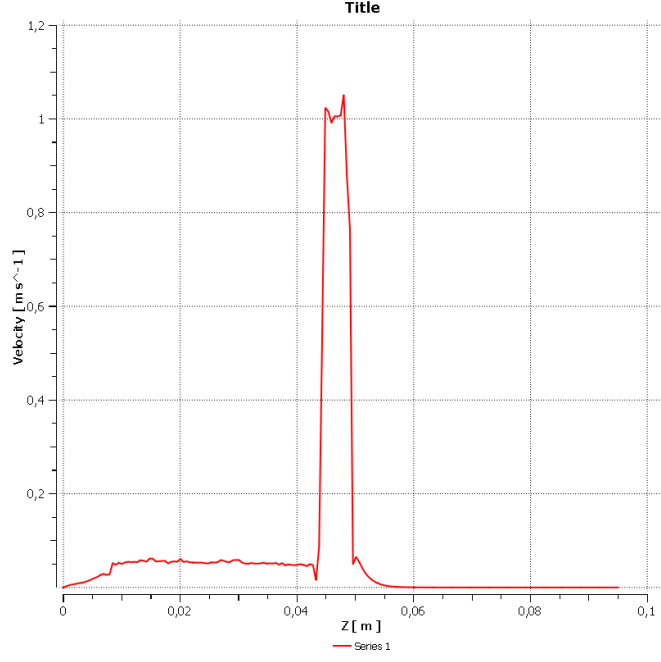


**Şekil 4.19.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)

Orifis yüzeyinde bulunan delik eksenini referans alınarak hız grafikleri çıkarılmıştır. Aynı hız ve süre değerlerine sahip 0,6 mm ve 0,4 mm çaplarında delikli orifislere ait hız grafikleri Şekil 4.20 ve şekil 4.21’de gösterilmiştir. Buna göre 0,6 mm çapındaki delik ölçüsüne sahip orifisin maksimum hız değerinin daha büyük değerde olduğu görülmüştür.



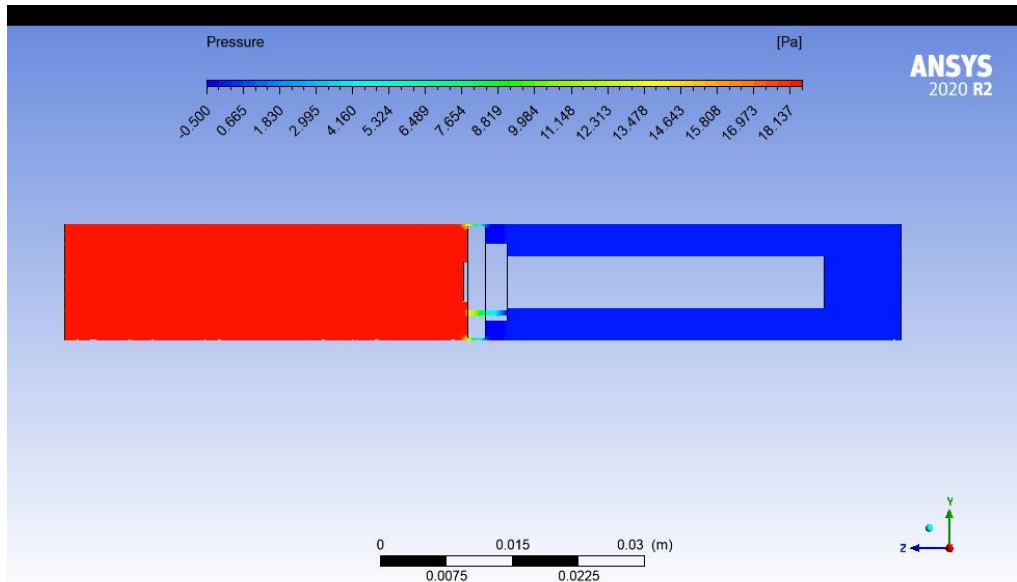
**Şekil 4.20.** 0,6 mm çaplı delikli orifis hız grafiği (0,08s)



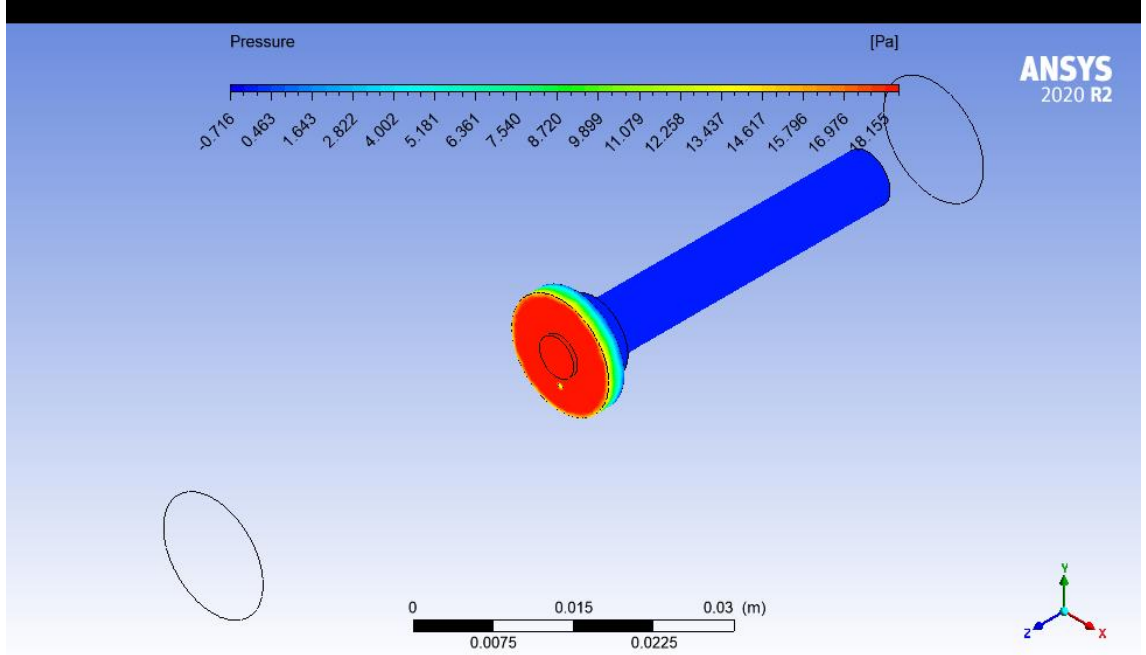
**Şekil 4.21.** 0,4 mm çaplı delikli orifis hız grafiği (0,08s)

#### 4.1.4. 0,6 mm çapındaki delikli orifis (Hareket süresi=0,06s)

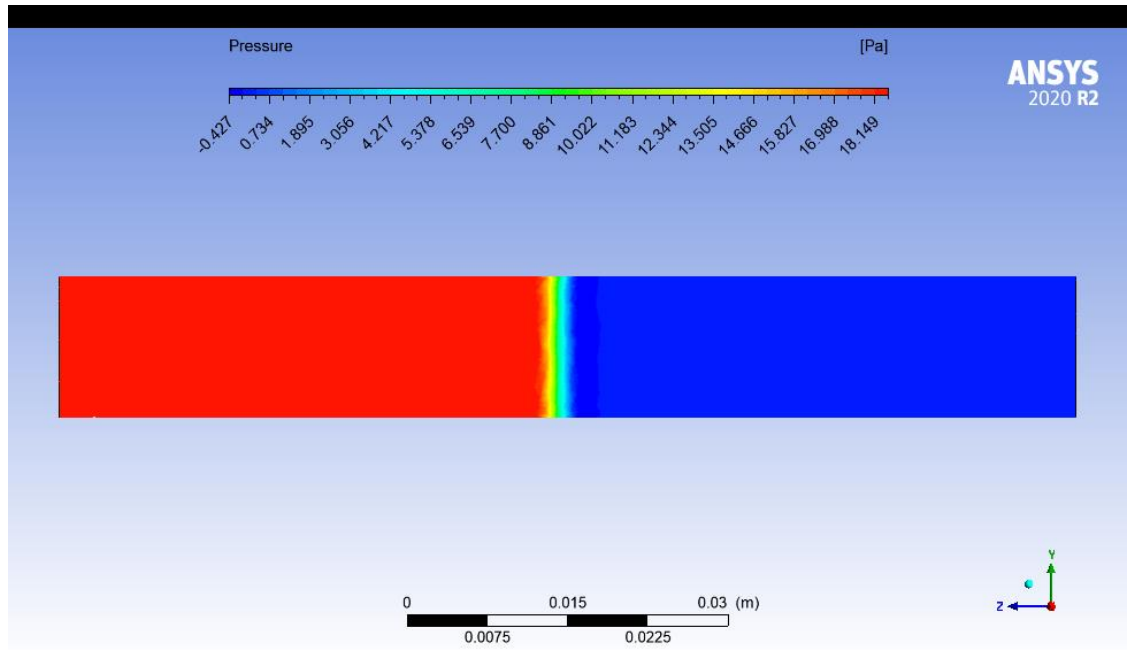
Aynı mesafede daha hızlı bir hareket tanımlaması yapılarak oluşturulan 0,6mm çapındaki delikli orifis kıyaslamasında analizde ilerleme hızının artmasıyla birlikte iç basınç, orifis ve boruya etkiyen basınç artışının olduğu çıkan sonuçlarda görülmüştür.



**Şekil 4.22.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan basınç değerleri vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)



**Şekil 4.23.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis bölgesi basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)

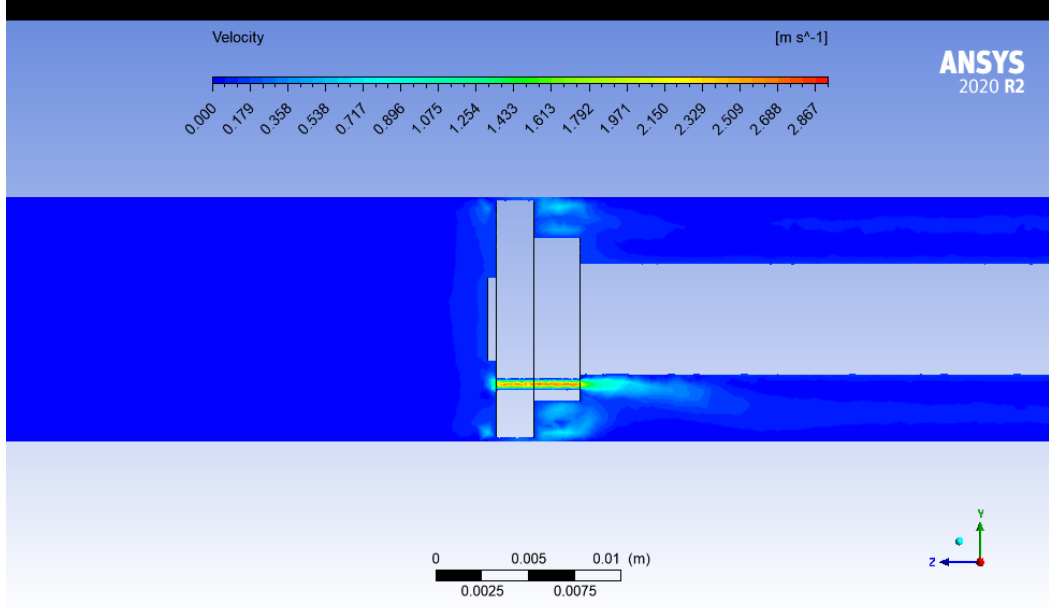


**Şekil 4.24.** Hareketin tamamlanması sonucu boru yüzeyinde oluşan basınç değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)

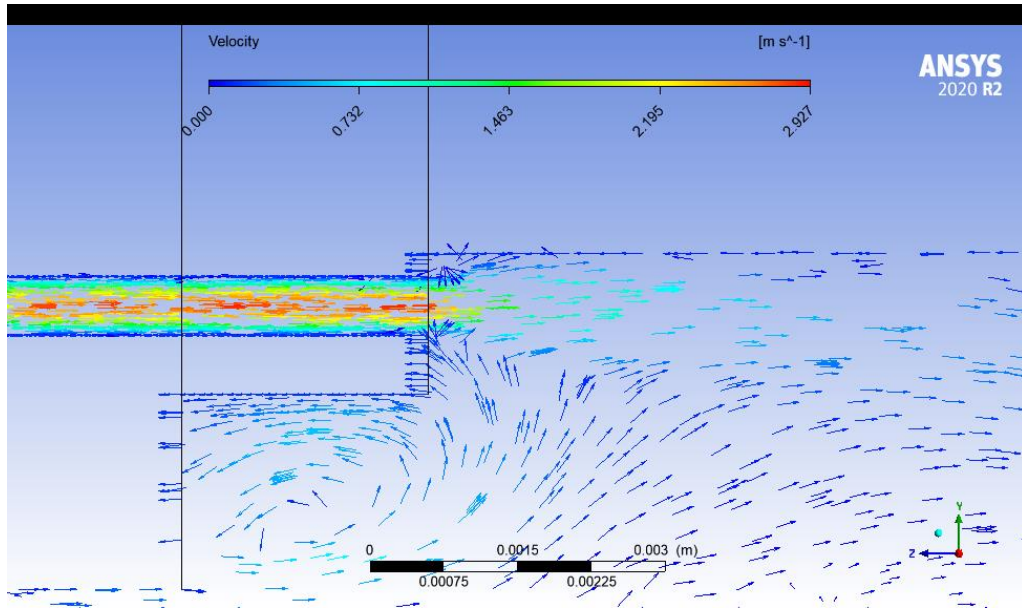
Orifis çıkışı hız vektörleri yoğunluğu ve değerleri incelendiğinde 0,4 mm çaplı delikli yapıya göre incelendiğinde hız artışının hem delik bölgesi hem de piston ve akış alanının



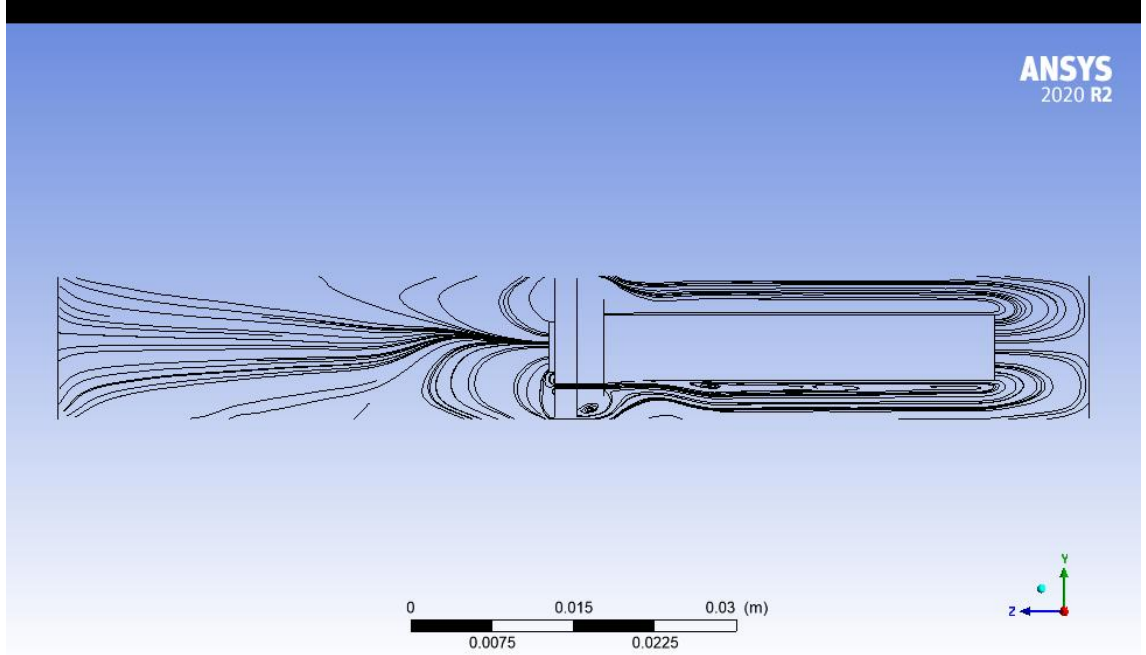
arasında kalan bölge için hızlandığını, vektörel olarak bakıldığında ise karşı akımları daha iyi absorbe ederek akışın gerçekleştiği görülmektedir.



**Şekil 4.25.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan hız değerleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)



**Şekil 4.26.** Hareketin tamamlanması sonucu orifis çıkış yüzeyi hız vektörleri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,08s sonucu)



**Şekil 4.27.** Hareketin tamamlanması sonucu oluşan akış çizgileri (0,6 mm çapındaki delikli orifis- 0,06s sonucu)

	0,6 mm delikli orifis (0,06s)	0,6 mm delikli orifis (0,08s)
	En yüksek değer	En yüksek değer
Hız	2,86 (m/s)	1,88 (m/s)
Basınç	18,13[Pa]	9,94[Pa]
Orifis ve boru yüzeyi basınç	18,13[Pa]	9,94[Pa]

**Çizelge 4.2.** Farklı hızlarda 0,6 mm çaplı delikli orifis değerleri

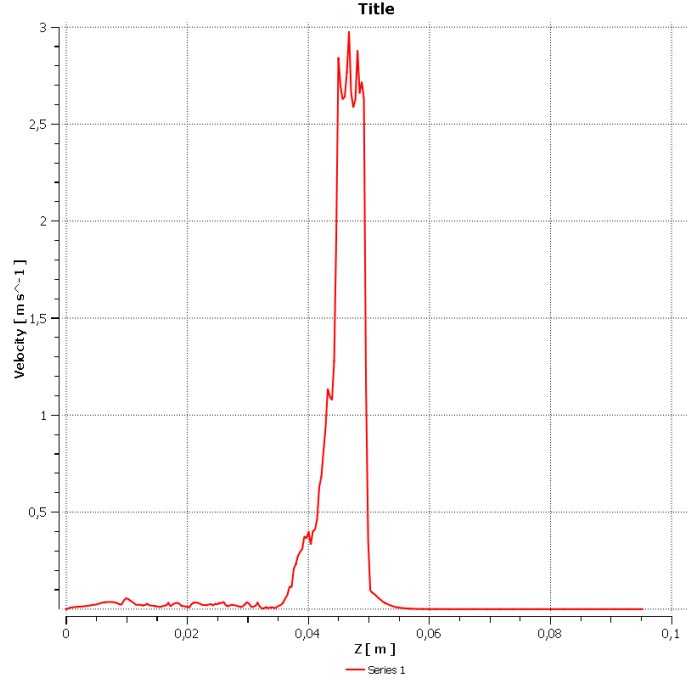
Analizlere ait sonuçlarda orifis giriş ve çıkış yüzeylerine konum olarak referans alındığında hızın artmasıyla birlikte lokal kayıpların azaldığı gözlemlenmiştir.

Analiz Karşılaştırmaları	$\Delta P$	$2/(v^2\rho)$	$K_k$
0,6 mm çapındaki delik (0,06s)	16,35	0,19	3,18
0,6 mm çapındaki delik (0,08s)	8,85	0,49	4,45
0,4 mm çapındaki delik (0,06s)	17,42	0,53	9,3
0,4 mm çapındaki delik (0,08s)	10,06	1,42	11,6

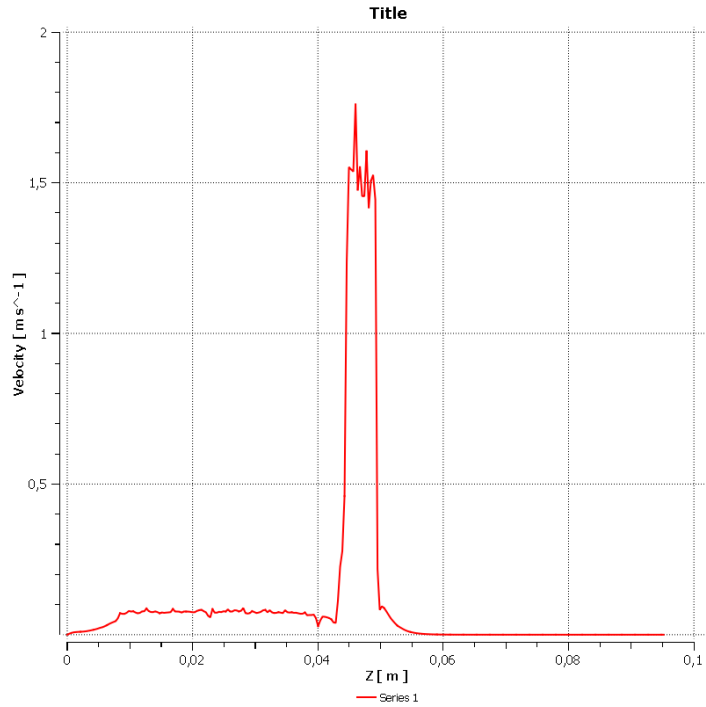
**Şekil 4.28.** Lokal kayıp katsayıları

Orifis yüzeyinde bulunan delik eksenine referans alınarak hız grafikleri çıkarılmıştır. Aynı hız ve süre (0,06s) değerlerine sahip 0,6 mm ve 0,4 mm çaplarındaki delikli orifislere ait

hız grafikleri Şekil 4.27 ve şekil 4.28’de gösterilmiştir. Buna göre 0,6 mm çaplı delik ölçüsüne sahip orifisın maksimum hız değerinin daha büyük değerde olduğu görülmüştür.



Şekil 4.29. 0,6 mm çapındaki delikli orifis hız grafiği (0,06s)



Şekil 4.30. 0,4 mm çapındaki delikli orifis hız grafiği (0,06s)

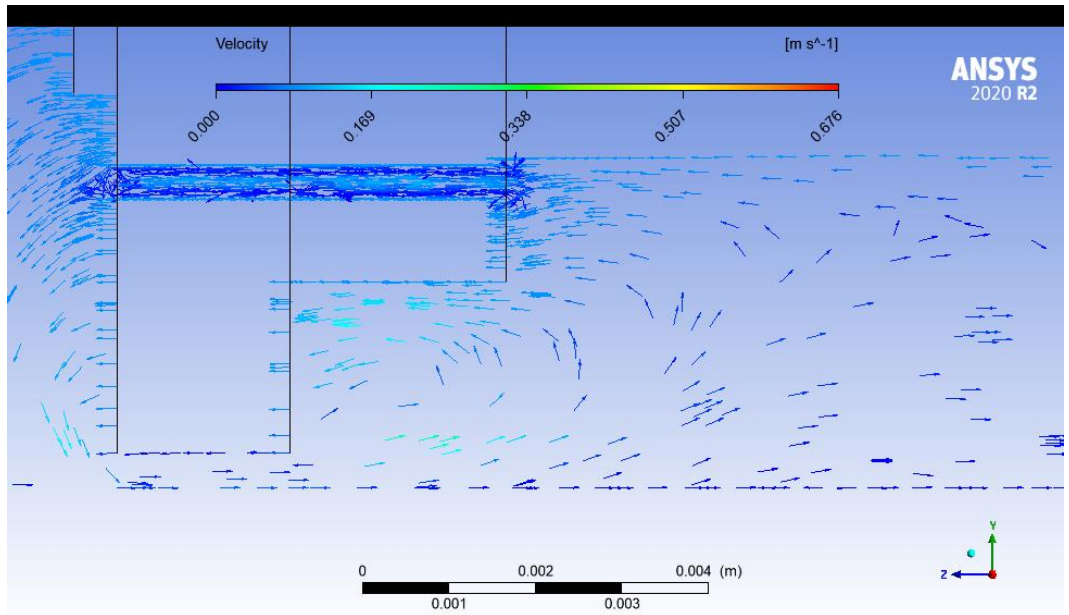
## 4.2. Farklı Akış Alanlarında Orifis Etkisi

Önceki bölümlerde hareket hızına bağlı olarak yapılan kıyaslamalardan farklı olarak bu bölümde akış alanı ölçüsü 13,55 mm'ye çıkartılmış ve orifis etkisi incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre orifis delik yüzeyinin en düşük hızda sonuçlandığı 0,4 mm delik çapı ve 0,08 s' de tamamlanan tasarım referans alınır, şekil 4.30'da görülen sonuç ortaya çıkmaktadır. Orifis çevresi ve akış çevresinin arasındaki mesafenin artması, bu yüzey alanını arttıracak ve akışkan geçişi hızlanacaktır. Bunun sonucunda oluşan ters akış, orifis delik yüzeyinden çıkan akış hızını absorbe ederek orifisi etkisiz kılacaktır. Şekil 4.31' de bu durum hız vektörleriyle ortaya konulmuştur. Oluşan hız vektörleri birbirini sönmülemekte ve orifis yüzeyinde bulunan delikten akış sağlanamamaktadır.

$$\text{Orifis delik alanı} = A_o = 1,22e - 07 \text{ m}^2$$

$$\text{Akış dış yüzey alanı} = A_a = 1,64e - 05 \text{ m}^2$$

$A_o/A_a \cong 0,1$  olduğu ve belirtilen orifis delik çıkış yüzeyine referans noktası alınarak ortalama çıkış hızının 0,04 m/s' ye kadar düştüğü görülmektedir. Hesaplanan yüzey alanları, orifis hareket ettirme hızı arasındaki bağlantı, orifis akışına doğrudan etki etmektedir.



Şekil 4.31. 13,55 mm çapındaki akış çevresi sonucu oluşan hız vektörleri

## 5.SONUÇ

Analiz, hareketli bir orifisin akış alanı içerisindeki, belirli bir referans noktasına kadar farklı süreler içerisinde farklı hız değerleri, farklı orifis tasarımları ve farklı akış alanları arasındaki ilişki ve kıyaslama konusunda sonuçlar vermiştir.

Bu çıkarımlara göre orifis hızının yüksek olduğu koşullarda iç akışta oluşan basınç ve hız değerlerinde artış görülmüştür. Aynı delik çaplarında ve farklı referans hızlarla orifis delik merkez hız grafikleri incelendiğinde bu sonuç ortaya çıkmakta ve yine orifisin akış alanına doğru hızının artış göstermesi orifisin delik çapının büyük olduğu tasarımlarda küçük delik çaplı tasarımlara göre yüzey alanında oluşan hız değerlerinin aynı doğrultuda katlanarak arttığını göstermektedir.

Bu doğrultuda yapılacak akış analizlerinin, orifis yüzeyine etkileyen basıncı hesaplama konusunda yardımcı olacağı ve orifisin malzeme dayanım konusu noktasında yapılacak çalışmalar için de bir referans noktası oluşturabileceği söylenebilir.

Akış alanı ile orifis çevresi arasındaki mesafe arttığında, akışkanın bu noktalardan geçme isteğiyle birlikte sistemin iç yapısında karşı akış çizgileri oluşturmaktadır. Orifisin çıkış noktasındaki hız değerlerini pasifize etmekte ve orifis varlığını etkisiz kılmaktadır. Referans değerler değiştirilerek, bu durum üzerinde tasarıma etki edecek bulgulara ulaşabileceği yapılan analiz sonucunda görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Araoye, A. A., Badr, H. M., & Ahmed, W. H. (2017). Investigation of flow through multi-stage restricting orifices. *Annals of Nuclear Energy*, 104, 75–90. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2017.02.002>
- Cho, Y. H., & Han, B. K. (2012). Study of an Optimized gas strut layout to improve opening and closing quality. *International Journal of Automotive Technology*, 13(6), 999–1004. <https://doi.org/10.1007/s12239-012-0102-8>
- Đurđević, M., Bukurov, M., Tašin, S., & Bikić, S. (2020). Numerical study of single-Hole and multi-holes orifice flow parameters. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 14(1), 215–226. <https://doi.org/10.47176/jafm.14.01.31472>
- Guzzomi, F. G., O’neill, P. L., & Tavner, A. C. R. (2007). *Investigation of damper valve dynamics using parametric numerical methods*.
- Karagöz, E. (n.d.). *Azot gazı dolumu ile araç lastiği ömrünün uzatılması*.
- National Programme on Technology Enhanced Learning (2012). Coutte Flow [https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/112104118/lecture-26/26-2\\_max\\_min\\_vel.htm](https://nptel.ac.in/content/storage2/courses/112104118/lecture-26/26-2_max_min_vel.htm)
- Ramamurthi, K., & Nandakumar, K. (1999). Characteristics of flow through small sharp-edged cylindrical orifices. In *Flow Measurement and Instrumentation* (Vol. 10).
- Shah, M. S., Joshi, J. B., Kalsi, A. S., Prasad, C. S. R., & Shukla, D. S. (2012). Analysis of flow through an orifice meter: CFD simulation. *Chemical Engineering Science*, 71, 300–309. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2011.11.022>
- Singh, V. K., & John Tharakan, T. (2015). Numerical simulations for multi-hole orifice flow meter. *Flow Measurement and Instrumentation*, 45, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2015.08.004>
- Wereley, N. M., & Pang, L. (1998). Nondimensional analysis of semi-active electrorheological and magnetorheological dampers using approximate parallel plate models. *Smart Materials and Structures*, 7(5), 732–743. <https://doi.org/10.1088/0964-1726/7/5/015>
- Yıldız, A., Kopmaz, O., & Gokyer, Y. (2015). Binek araçlarda kullanılan gazlı pistonlu bagaj kapağı açma kapama mekanizmalarının incelenmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 20(2). <https://doi.org/10.17482/uujfe.20521>

## EKLER

### EK 1 HIZ PROFİLİ İÇİN UDF

```
#include "udf.h"
#include "dynamesh_tools.h"
DEFINE_CG_MOTION(piston, dt, vel, omega, time, dtime)
{
    /* reset velocities */
    NV_S (vel, =, 0.0);
    NV_S (omega, =, 0.0);
    /* compute velocity formula */
    vel[2]=0.15*sin(3.14159*time/0.16);

    printf("\n");
    printf("\n z_velocity = %g \n",vel[2]);

}
```

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Canberk ÇELİK  
Doğu Yeri ve Tarihi : Bursa – 13.06.1994  
Yabancı Dil : İngilizce  
Eğitim Durumu  
Lise : Bursa Anadolu Kız Lisesi  
Lisans : Uludağ Üniversitesi – Makine Mühendisliği  
Çalıştığı Kurum : İnsu Teknik Makine Sanayi AŞ  
İletişim (e-posta) : canberkelkk@gmail.com  
Yayımları: