T.C.

BATMAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLUNGER VANALARDA AKIŞIN SAYISAL İNCELENMESİ

İskender YİĞİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

TEMMUZ-2017
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İskender YİĞİT tarafından hazırlanan "PLUNGER VANALARDA AKIŞIN SAYISAL İNCELENMESİ" adlı tez çalışması 11/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri **İmza**

Başkan
Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN

Üye
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DURANAY

Üye
Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. ……. ……..
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

İskender YİĞİT
Tarih:11.07.2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

PLUNGER VANALARDA AKIŞIN SAYISAL İNCELENMESİ

İskender YİĞİT

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN

2017, 85 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DURANAY
Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA

Akışkanların basınç, debi, seviye, sıcaklık ve benzeri parametrelerinin kontrolü amacıyla tesisatlar da kullanılan plunger (iğneli) vanaları, su iletim hatları, barajlar ve su tahliye hatlarında ayar vanası, koruma vanası ve tahliye vanası olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, DN 600 bir plunger vana içerisindeki akış sayısal olarak incelenmiştir. Önce giriş basıncı 16 bar, çıkış basıncı 8 bar da sabit tutulmuş ve klapenin hareketini simüle eden konum 1, konum 2 ve konum 3 değerleri girilmiş daha sonra klape konumu 3'de giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar değerleri girilmiştir. Bu değerler ile sonlu hacimler yöntemi kullanan bir HAD simülasyon programı yardımıyla kavitasyon oluşan bölgeler ve hız değişimleri tespit edilmiştir. Bu tespit için Ansys CFX 12 programında vana akış analizleri yapılmış ve basınç ve hız değişimleri sonucunda oluşan kavitasyon alanlarının vana çıkış deliklerinde ve bu deliklere yakın alanlarda olduğu gözlemlenmiştir. Sonuçlar grafik ve tablolar halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ansys CFX, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Kavitasyon, Plunger vana,

ABSTRACT

MS. THESIS

NUMERICAL ANALYSIS OF FLOW IN PLUNGER VALVES

İskender YİĞİT

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF BATMAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE PHILOSOPHY
IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN

2017, 85 Pages

Jury
Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN
Yrd. Doç. Dr. Mehmet DURANAY
Yrd. Doç. Dr. Hakan KARAKAYA

Plungers are used in installations to control the fluids parameters such as pressure, flow, level, temperature are commonly used as regulating valve, protection valve and bleeder valve in water transmission lines, dams and drain channels.

In this work, flow in a DN 600 Plunger system was conducted numerically. Firstly input pressure was set to 16 bar, outlet pressure was set to 8 bar for throttle position 1, position 2 and position 3 which simulate Plunger valve movement. After that for the valve position 3 input pressure was set to 20 bar, outlet pressure was set to 1 bar input values. With these parameter given flow parameters and cavity formation areas were determined using Ansys CFX 12 HAD simulation program using finite volume method. From these parametric studies it is found that cavitation areas were formed on valve outlet holes and the areas nearby the holes. The results were given and discussed in Tables and graphically.

Keywords: Ansys CFX, Computational Fluid Dynamics, Cavitation, Plunger valve

ÖNSÖZ

Doğumuyla beni motive ederek bu tezi hazırlamamda bana yardımcı olan sevgili oğlum Mustafa Arda'ma ve tüm aile fertlerime teşekkür ederim. Değerli danışman hocam Prof. Dr. İhsan DAĞTEKİN'e, Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk CAN'a ve üniversiteden de arkadaşım olan Doç. Dr. Kadir TURAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca değerli Doğuş Vana ve Semsan Makine çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

İskender YİĞİT
BATMAN-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. VANALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER **5**

3.1. Vanalar 5
3.2. Çalışma Prensiplerine Göre Vanalar 7
3.2.1. Sürgülü vanalar 7
3.2.2. Glob vanalar 8
3.2.3. Kelebek vanalar 9
3.2.4. Konik vanalar 11
3.2.5. Çek kontrol vanalar 12
3.2.6. Plunger(iğne) vanalar 13
3.3. Kavitasyon 26
3.3.1. Kavitasyon tanımı 26
3.3.2. Kavitasyon türleri 28
3.3.3. Kavitasyonun vanalar üzerindeki olumsuz etkileri 32
3.3.4. Kavitasyona karşı alınabilecek önlemler 33

4. SAYISAL ÇALIŞMA **34**

4.1. Temel Akış Denklemleri 34

5. MATERYAL VE YÖNTEM **37**

5.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) 37
5.2. Sonlu Hacimler Yöntemi 37
5.3. Denklemlerin Çözümü 38
5.4. Sayısal Analiz Sonuçlarının Doğrulanması 40
5.5. Plunger Vana İçerisindeki Akışın Modellenmesi 42
5.6. Plunger Vananın Sonlu Hacimlere Ayrılması 45
5.7. Modelin Sınır Şartlarının ve Malzeme Özelliklerinin Girilmesi 48
5.8. Programın Çalıştırılması ve Çözüm İşlemi 50
5.9. Sonuçların Elde Edilmesi 53

6. SAYISAL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ **54**

6.1. Model 1: Klape Konumu 1 İçin Sonuçlar 54
6.2. Model 2: Klape Konumu 2 İçin Sonuçlar 58
6.3. Model 3: Klape Konumu 3 İçin Sonuçlar 64
6.4. Model 4: Klape Konumu 3 Klape Açıklığında Giriş basıncı: 20 bar Çıkış Basıncı 1 bar İçin Sonuçlar 71

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 77

KAYNAKLAR 83

ÖZGEÇMİŞ.....85

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

H_d	Buhar basıncı (mSS)
H_1	Vana girişindeki basınç (mSS)
H_2	Vana çıkışındaki basınç (mSS)
H_{atm}	Atmosfer basıncı (mSS)
v	Vana giriş boru kesitindeki hız (m/s)
g	Yer çekimi ivmesi (m/s^2)
ρ	Yoğunluk (kg/m^3)
c	Özgül ısı (Kj/kgK)
T	Sıcaklık (^oC)
t	Zaman (s)
u	x ekseni yönündeki hız (m/s)
x	Koordinat
v	y ekseni yönündeki hız (m/s)
y	Koordinat
w	z ekseni yönündeki hız (m/s)
z	Koordinat
q	Isı akısı ($W/m^{2)}$
k	Isı iletim katsayısı (W/m^0C)
τ	Kayma gerilmesi (Pa)
P	Basınç (Pa)
kv	Akış katsayısı

Kısaltmalar

CFD	Computational Fluid Dynamic
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

1. GİRİŞ

Sanayideki rekabet, kaliteli ürün gelişmesine her zaman zemin hazırlamıştır. Üretici firmalar' da pazardaki paylarını korumak hatta arttırmak amacıyla hali hazırda bulunan ürünlerini geliştirmiş veya yeni ürünler tasarlayarak piyasaya arz etmiştir. Tüm imalatçılar, rekabetin gerektiği şekilde kalite, teknoloji ve güvenilirlik yönünden daha yüksek, maliyet ve üretim zamanı olarak daha düşük ürünlere tasarlayarak diğer firmalarla rekabet etme gayreti içindedir. Geliştirilerek tasarlanan ürünlerin piyasadaki yeri ve rakiplerine göre sahip olması gereken üstünlükler araştırılıp gerekli imalat kriterleri tespit edilir. Tasarımın teorik olarak yapılma aşamalarından sonraki süreçte ilk prototip yapılıp çeşitli ürün üzerinde yapılacak olan farklı tekniklerde testler uygulanmakta ve sonuçları izlenerek gerekli araştırmalar devam etmektedir. Şayet test sonuçlarının neticesinde beklenilen değerler gelirse, yerine getirilecek olan koşulları sağlayan ürünün, üretim seri olarak yapılır ve piyasaya sunulması için gerekli çalışmalar başlatılır. Örnek ürünün imalatı ve uygulamalardaki testlerinin yapılması daha maliyetli ve daha çok zaman alan prosestir. Geliştirilip son halini alan prototipinin uygulama sahasında görmek, denemek ve eğer aksaklıklar oluşursa bu aksaklıkların giderilmeye çalışılması, maliyeti yüksek olan sürecin maliyetlerini daha da arttırır. Bunun için tasarımı yapan ekip yapılacak olan prototipin imalatına geçmeden yapılan tasarımın ve neticelerinde emin olması gerekmektedir.

Gelişen teknolojisinin yardımıyla prototipin üretim aşamasına geçilmeden, bilgisayarda simülasyon ve tasarım programları kullanılarak ürünün bütün parçaları oluşturulmakta ve gerçek imalatı yapılmış gibi simüle edilerek tasarımı yapılabilmektedir. Bilgisayar ortamında yapılan bu ürünün üretime elverişliliği kontrol edilebilmekte ve üretilecek prototip içinde gerekli teknik resimler ve dokümanlar oluşturulabilmektedir. Bilgisayarın teknolojik olarak sağladığı olanaklardan bir tanesi de uzun sürecek bir süreç ve maliyeti yüksek olan önproje çalışmalarının bilgisayarın yardımıyla yapılabilmesidir. HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) mantığıyla çalışan bilgisayar programları, ürünler ile akışkan arasındaki analizleri yapabilmekte, akışa ait denklemleri sayısal metotları kullanarak çözebilmekte ve sayısal-görsel olarak çıkmış olan sonuçları karşımıza sunabilmektedir. Tasarım programları prototip aşamasında sağladıkları avantajlar neticesinde ar-ge çalışmaları faaliyetleri içerisinde olan firmalar için olmazsa olmaz hale gelmiştir.

Makine tesisat elemanları içinde önemli yere sahip olan plunger vanaların tasarım aşaması yapılıp gerçekteki çalışma koşulları tanımlanarak bilgisayar ortamında sayısal yöntemlerle analizi yapılabilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi ile analizleri yapılan tasarımsal prototipin müşterinin isteklerine uygun olup olmadığı sorusunun, imalatı yapılacak örnek üründen önce sorularak değerlendirilmesi yapılır. HAD ile yapılan analizler müşterinin uygun ve doğru ürün seçimine yardım eder.

Yapılan bu çalışmada DN 600 standartlarında bir plunger vana içindeki akış sayısal olarak incelenmiştir. Plunger vananın içeresindeki akışın sistem içerisinde devam eden haliyle; aynı giriş çıkış basınç değerleri altında üç farklı klape konumda ve klape konum 3' De giriş ve çıkış basınçları değiştirildikten sonraki durumları için nerelerde kavitasyon etkisi göstereceği CFD paket programı olan Ansys CFX yardımıyla hesaplanmıştır. Son bölümde sonuçlar değerlendirilerek sayısal olarak çözümlenen modelin daha pahalı ve zor olan deney yöntemlerinin yerine kullanılıp kullanılamayacağı tartışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Birçok akışkan iletim hatlarında hesaplamaları içinde akışın hız, basınç, sıcaklık, akışın rejimi vb. özelliklerinin sistemde çalışan teçhizatlar ve sistemin düzgün, güvenli ve verimliliği bakımından önemli olduğu görülmektedir. Bu iletim hatlarında akışın olduğu teçhizatlarda (pompa, vana, boru vb.) kavitasyon, su darbesi ve akışın rejiminin belirlenmesi önem arz etmektedir. Kavitasyon ve akısın sayısal incelenmesi üzerine çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Akışın sayısal incelenmesi, yapılacak olan akışkan iletim hatlarında kullanılan pompa, boru hattı, vanalar ve diğer mekanik ekipmanlarda oluşabilecek hasarların önceden analizlerinin yapılıp gerekli tedbirlerin alınması açısından önemlidir. Yapılan çalışmalar kavitasyon ve akışın sayısal incelenmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Kavitasyon olayının geçmişine bakıldığında, izlerinin 18.yy.ın ortalarına kadar uzandığı görülmektedir. Ünlü İsviçreli matematikçi Euler, 1754 yılında Berlin Bilim ve Sanat Akademisinde sunduğu bir makalede, bu konu ile ilgili açıklamalarda bulunmuş, özellikle o dönemde kullanılan su çarklarında meydana gelen ve bu su çarkların performansına da etki eden kavitasyon kavramını ifade etmiştir (Carlton,1994).

Gökhan Koç tarafından yapılan çalışmada DN200 kelebek vananın içerisinden geçen akışın bir CFD programı yardımıyla sayısal incelemesi, vananın atmosfere açık ve sistemin devam ettiği hallerde çeşitli basınç farklarında klapenin acısana göre incelenmiş ve oluşan incelemelerde kavitasyonlu bölgeler incelenmiştir (Koç, 2014).

Emrah Altan tarafından yapılan çalışmada, farklı tip uçakların gövde ve kanatları etrafındaki akışın sayısal incelenmesi ile ilgili bir çalışma yapılmıştır (Altan, 2012).

Onur Gök tarafından, Kelebek vanaların optimizasyonu ve yeni bir kelebek vana tasarımı çalışmasında sayısal bir çalışma yapılmış (Gök, 2014).

Yakup Sevgi tarafından yapılan bir çalışmada Merkezkaç pompalarda önçark uygulamasının kavitasyona etkisinin sayısal ve deneysel çalışmaları yapılmıştır (Sevgi, 2011).

Burcu Aksu Durmaz tarafından yapılan akışın sayısal incelenmesi çalışmasında, DN 40 çapında bir kelebek vananın vana kayıp katsayısının sonlu hacimler ve deneysel yöntemlere belirlenmesi üzerine bir çalışma yapılmış (Durmaz, 2008).

Ömer Faruk Can tarafından, Eğrisel yüzeyler üzerindeki akışlarda reynolds ve prandtl sayılarının nusselt sayısına etkisinin incelenmesi yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir (Can, 2011).

Orçun Kor tarafından, Kanatlı boruların ısı değiştiricilerinin karışık taşınım şartları için sayısal analizi yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir (Kor,2008).

Burak Yüksel tarafından, Sürgülü vananın vana kayıp katsayısının sonlu hacimler ve deneysel yöntemlere belirlenmesi üzerine bir çalışma yapılmış (Yüksel, 2008).

Yapılmış bir diğer çalışmada; Doğuş Vana tarafından hazırlanmış olan ürün kataloğunda Plunger vanaya ait giriş ve çıkış basınçlarına göre kavitasyon eğrisi deneysel olarak oluşturulmuş (Doğuş Vana Kataloğu 2016)

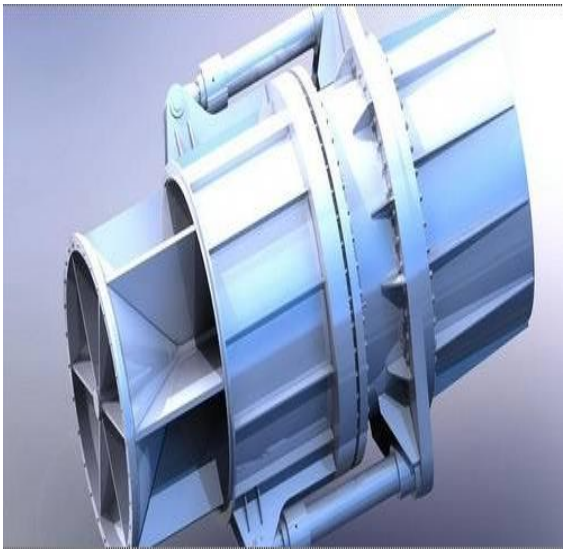
3. VANALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

3.1. Vanalar

Vanalar; akışkanların hareketini durdurup-ileten, akışkana yön veren, akışın miktarını ayarlayan ve akışın fiziksel özelliklerini (debi, basınç, sıcaklık vb.) değiştiren ekipmanlardır. Vanalar akış iletim hatlarında kullanılan borulara montajı yapılarak kullanılır.



a) Kelebek Vana



b) Konik Vana



c) Sürgülü Vana



d) Plunger Vana

Şekil 3.1 Çeşitli vanalar

Vanalar yardımıyla kontrol edilebilen akışkanlar; sıvı, gaz, buhar ve radyoaktif malzemeler ile, katı partiküller içeren sıvılar ve gazlar da olabilir. Vanaların imalatlarında, sfero döküm, çelik konstrüksiyon, döküm, plastik vb. imalat yöntemleri yardımı ile talaşlı imalat yardımıyla imal edilir.



Şekil 3.2 Boru hatları üzerine takılı olan vanalar

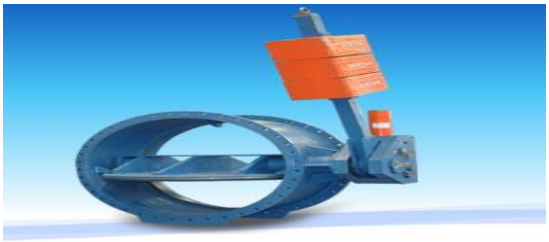
Vanalar; el ile manuel olarak, elektrik aktüatörlü olarak, pnömatik ve hidrolik kumanda yardımıyla tahrik edilir



1) Manuel tahrikli



2) Aktüatör tahrikli



3) Hidrolik tahrikli



4) Pnömatik tahrikli

Şekil 3.3 Tahrik şekline göre vanalar

3.2. Çalışma Prensiplerine Göre Vanalar

3.2.1. Sürgülü vanalar

Sürgülü vanalar akışa tamamen yol vermek veya akışı tamamen durdurmak için genel olarak endüstriyel alanlarda kullanılır. Sürgülü vanalar kısma vanası olarak ara konumlarda çalıştırılamazlar. Sebebi ise, sürgülü vana klapesi üzerinde yüksek hızlardan ötürü deformasyonlara sebep olması ve bundan dolayı istenen sızdırmazlığın sağlanamamasıdır.



Şekil 3.4 Sürgülü vanalar

Avantajları;

1- Vananın tam açık pozisyonunda akışın düzgün bir geçişte olmasını sağlar.

2- Her iki yöne de akış için kullanılır.

3- Çaplarının büyük olarak kullanıldığı yerlerde bile vana boyunun kısa olması mümkündür .

4- Maliyeti düşük ve çok yaygın şekilde bulunabilir.

Dezavantajları;

1- Tam sızdırmazlık istenen tesisatlara uygun değildir.

2- Yarım açık konumda bırakıldığında, sürgü titreşim yaparak gürültü çıkararak sitlere çarpabilir.

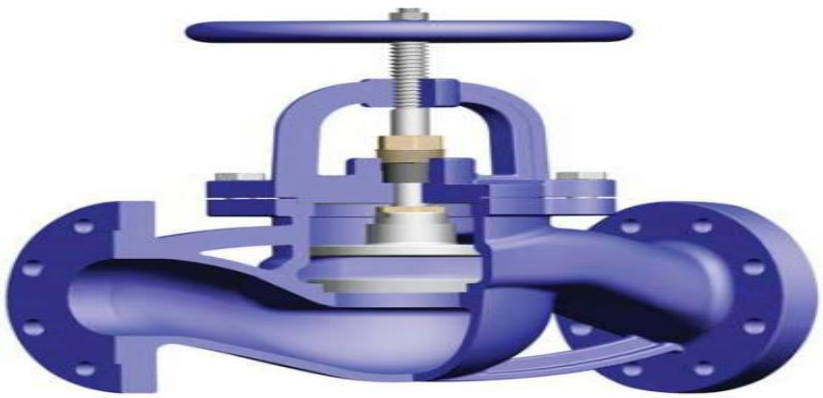
3- Uzun strok boyundan ötürü vananın açılma-kapanma süreleri uzundur.

4- Ölü hacim içerdiklerinden dolayı içerisinde kalıntılar kalabilir bu kalıntı birikintileri vananın sızdırmazlık elemanlarına veya vananın sıkışmasına sebep olabilir.

5- Çok fazla bakım gerektirir.

3.2.2. Glob vanalar

Glob vanalarda sızdırmazlık yüzeyi akışa dik değil paraleldir. Glob vanalar ile akışın ayarlanması gereken yerlerde tercih edilir. Glop vanalar yüksek sıcaklık ve basınç değerlerinde kullanılmaya uygundur. Genel olarak kullandığı alanlarda ki akışkanlar; soğuk-sıcak-kızgın su, buhar, hava, yağ, akaryakıt ve kimyasal akışkanlardır.



Şekil 3.5 Glob vana

Avantajları;

1- Hassas olarak akış sağlar.

2- Devamlı olarak bakım gerektirmezler.

3- Yüksek basınç ve sıcaklıklara uygun çeşitleri vardır.

4- Sürekli olarak açılıp kapanmaya dayanıklıdır.

5- Sızdırmazlık yüzeylerinde aşınma olmaz.

Dezavantajları;

1- Basınç kayıpları fazladır.

2- Vana içinde kalıntı gerilmelerini oluşma ihtimali yüksektir.

3- Akışa sadece tek yönlü alarak izin verilir.

3.2.3. Kelebek vanalar

Kelebek vanalar, akışın debisel olarak kontrol edilmesi ihtiyacı olan iletim hatlarında kullanılır. Manuel, elektrik, hidrolik ve pnömatik olarak tahrik edilebilirler .

Kelebek vanaların açma- kapaması, düşey veya yatay eksende yerleştirilmiş bir mil etrafında dönen klape denen disk şeklindeki elaman yardımıyla yapılır, sızdırmazlık ise bu disk üzerine bir baskı flanşı yardımıyla monte edilmiş çepeçevre. elastik veya plastik sızdırmazlık elemanları yardımıyla sağlanır Bu sızdırmazlık elamanı zamanla özelliğini kaybeder ve ya aşınırsa kolay bir şekilde yenisiyle değiştirilebilir. Genellikle su iletim hatlarında, arıtma tesislerinde, barajlarda kimyasal tesislerde kullanılır.





Şekil 3.6 Kelebek vana çeşitleri

Avantajları;

1- Açma-kapama ve akış kontrolü yapılır.

2- Çökeltilerden etkilenmez.

3- Metal metale çalışmadığı için sürtünme olmaz ve çalışma yüzeyi çizilmez.

4- Hidrolik ve pnömatik tahrik mekanizması ile tahrik edilebilir.

5- Düşük basınç kayıpları ile çalışır.

6- Sıkışma meydana gelmez ve sızdırmazlık contası kolay değiştirilir.

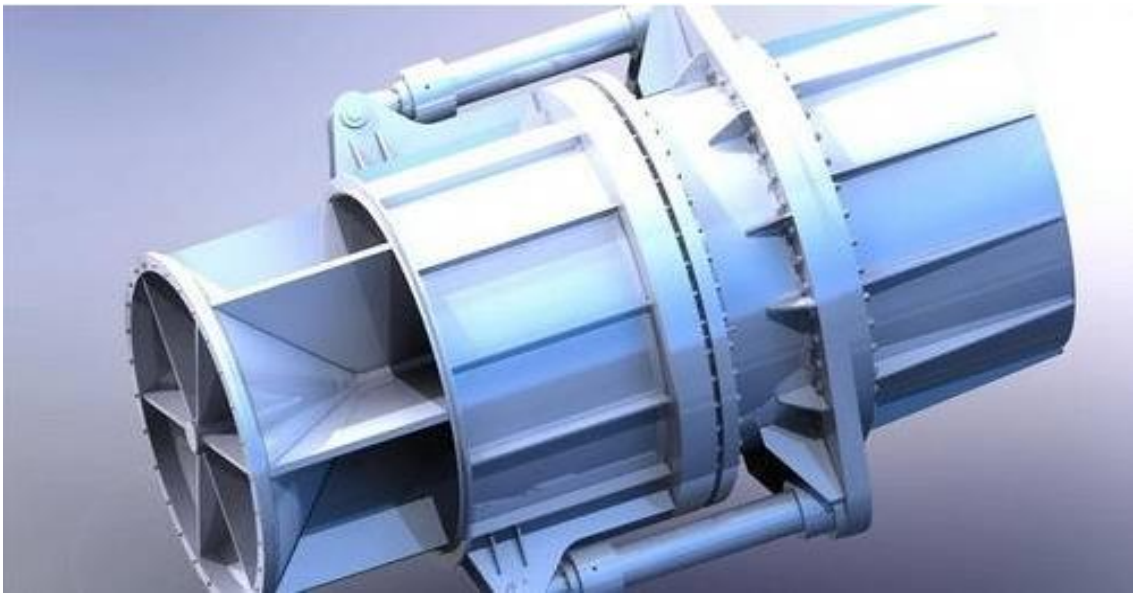
Dezavantajları;

1- Ani açılma ve kapanma sırasında koç(su) darbeleri oluşabilir.

2- Kullanılan olan sızdırmazlık malzemesinin plastik malzeme olmasından ötürü yüksek akış sıcaklıklarında kullanılamazlar.

3.2.4. Konik vanalar

Konik vana genel olarak baraj tahliye hatlarında kullanılan, açma-kapama hidrolik silindirlerinin gövdeyi kızak üzerinde kaydırarak klapeden uzaklaştırması veya yaklaştırması ile akışın tahliyesini ve ya akışın durmasını sağlar.



Şekil 3.7 Konik vana

Avantajları;

1- Akışın rahat bir şekilde olmasını sağlar.
2- Kullanımı rahat bir şekildedir
3- Vananın gövdesi demontaj yapılmadan bakımı ve onarımı yapılabilir.
4- Vana her iki yöne de akış izni verebilir.

Dezavantajları;

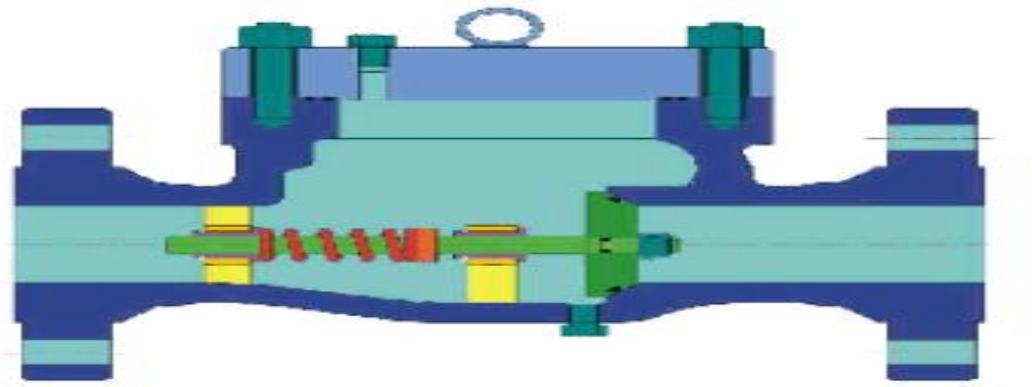
1- İmalat özellikleri sebebiyle diğer vanalara göre daha ağırdır.
2- Maliyeti yüksektir.
3- Açma kapamaların ani olarak yapılması durumunda koç darbesine sebep olabilir.

3.2.5. Çek kontrol vanalar

Çek vanalar akışın yönüne ters yönden gelebilecek akışı durdurabilmek için ve çek vananın montaj edildiği yerden önceki teçhizatları korumak için kullanılırlar. Vana hareketini direk akışkandan aldığı hareketle yapar.



Şekil 3.8 Çek vanalar



Şekil 3.9 Çek vanası, içyapısı ve çalışma sistemi

3.2.6. Plunger (iğne) vanalar

İğne vanalar küçük çaptaki hatlarda hassas akış kontrolünü sağlamak için kullanılır. İğne vanaların tipi açılı ve glob vanalara benzer. Bronz ya da çelikten imal edilir ve su buharı, hava, su, yağ, gaz, fuel-oil, viskozitesi düşük akışkanlarda ve benzeri servislerde kullanılır. Mil dişleri normalden daha incedir ve daha hassas ayarlamalarda kullanılabilir.

İğneli vanalar, su şebekelerinde regülasyon amacına uygun kullanılmak için tasarlanmıştır. Tahrik mekanizmasının kumanda ettiği bir krank mekanizmasına bağlı klapenin, eksenel olarak hareket etmesi neticesinde, basınç, debi, seviye, sıcaklık ve benzeri parametrelerin regülasyonu yapılır. Klape, gövde üzerindeki minimum sürtünme yaratan klape rayları tarafından yataklanır ve böylelikle dengeli bir hareket sağlanır.

Tahrik mekanizmasının döndürdüğü mil, iç gövdedeki krank mekanizmasını harekete geçirir ve krank mekanizması klapeyi eksenel yönde hareket ettirerek vana açıklığının değişmesini sağlar. Vana, tam açık durumdayken aerodinamik bir yapıya bürünür ve vana üzerindeki basınç kaybını minimuma indirgeyerek debi kapasitesini maksimuma ulaştırır. Aynı şekilde vana tam kapalıyken özel sızdırmazlık mekanizması sayesinde tam sızdırmazlık sağlanır. Vananın tüm açıklık konumlarında dairesel bir açıklık oluştuğu için kavitasyon minimuma düşürülür ve sessiz, titreşimsiz olarak regülasyon amaçlı kullanım gerçekleşebilir. Kavitasyon oluşumunun yüksek olduğu özel durumlarda, kavitasyon kafesi ve yivli silindir gibi özel paslanmaz klape alternatifleri mevcuttur.

Sistem basıncından bağımsız çalışan klape ve özel dişli kutusu sayesinde büyük çaplarda dahi ihtiyaç duyulan tork değeri oldukça düşüktür. Bu sayede oldukça ekonomik aktüatörler seçilebilir. İğneli vanaları standart olarak GGG40/GGG50 Sfero döküm malzemeden üretilmektedir.

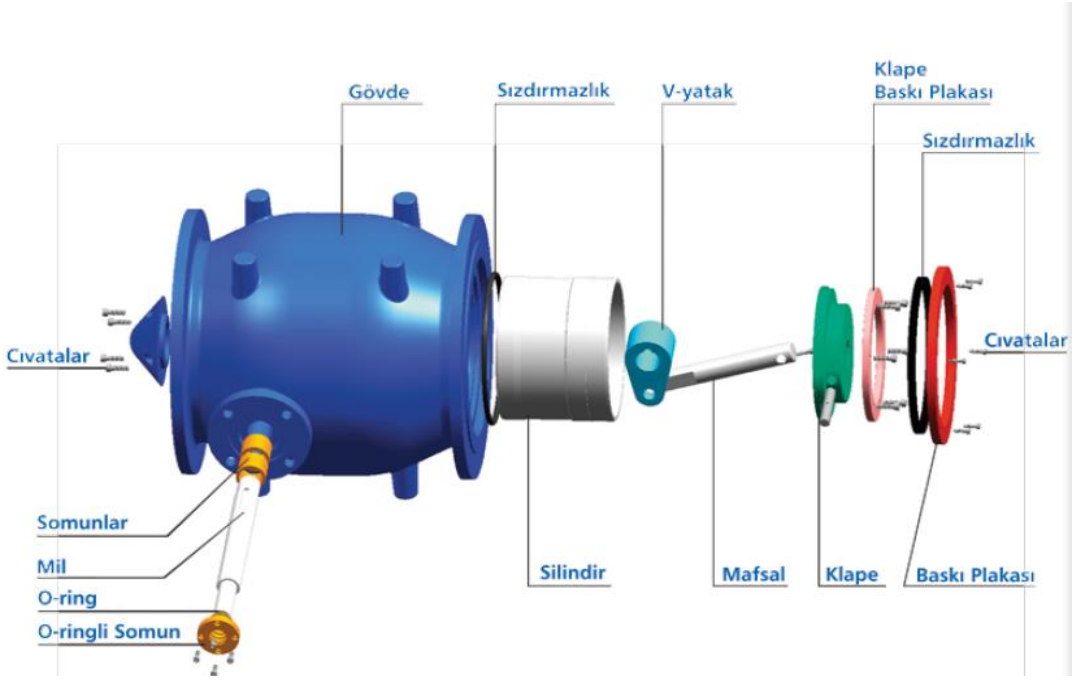


Şekil 3.10 İğne vana çeşitleri

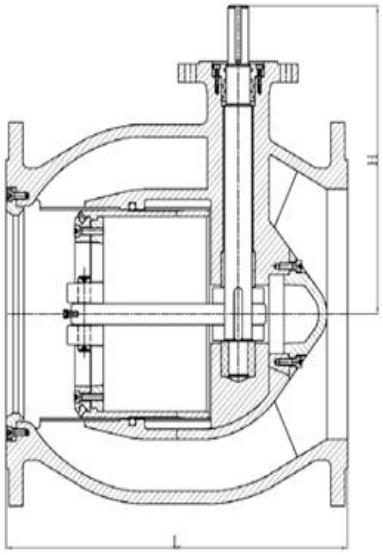
Plunger vanalar yüksek basınç farkı olan sistemde debiyi, basıncı, su seviye farkını kontrol etmek için kullanılan yüksek emniyet kat sayısına sahip vanalardır.



Şekil 3.11 Plunger (iğneli) vana



Şekil 3.12 Plunger vana içyapısı



Çalışma Basınçları
PN 10
PN 16
PN 25
PN 40
PN 50
PN 63

BOYUTLAR (mm)																		
DN	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	750	800	900	1000	1200
H	140	140	155	155	193	228	260	300	330	400	475	503	580	610	650	715	780	985
L	280	280	300	300	350	400	450	500	550	600	750	900	1050	1125	1200	1350	1500	1800
Ağırlık (Kg)	23	23	34	34	56	84	128	178	262	312	580	980	1480	1700	2040	2500	3200	5200

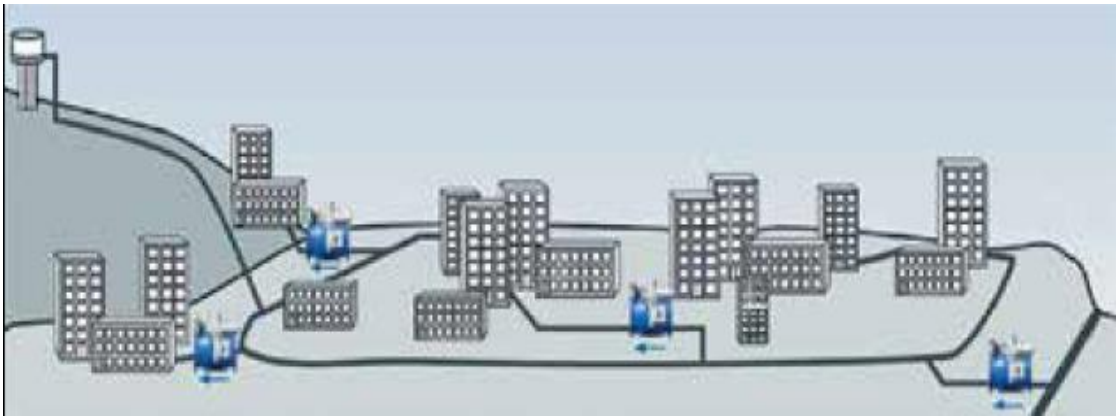
Parça	Malzemeler	Opsiyonel Malzemeler
Gövde	Sfero Döküm	Karbon Çelik
Klape	SS304	SS316
V-Yatak	SS304	SS316
Mafsal	SS304	SS316
Silindir	SS304	SS316
Baskı Plakası	SS304	SS316
Mil	SS304	SS316
Somunlar	Bronz	Pirinç, SS 304, SS 316
Sızdırmazlık	EPDM	NBR
Cıvatalar	SS304	SS 316

Şekil 3.13 Plunger Vana Teknik Özellikleri

Vana çeşitleri ve uygulama yerleri;

1- Plunger izolasyon vanası

Özellikle şebeke tahliye noktaları gibi yüksek basınç farkına maruz kalan noktalarda, sürgülü ve kelebek vanalar kısa bir sürede hasar görmektedir. Bunun nedeni, standart izolasyon vanalarında klapenin, basıncın etkisiyle çok yüksek kuvvetlere maruz kalması ve bu kuvvetin vana çalışma mekanizmalarına hasar vermesidir. Bunun yanında, oluşan kuvvet, klapeyi ileri yönde hareket ettirmekte ve sürtünmeyi arttırarak uygulanması gereken tork değerlerini yükseltmektedir. Özellikle kelebek vanaların son %10 açıklık oranlarında tork değerleri çok yüksek mertebelere ulaşmaktadır. İğneli Vana tasarımında ise klape silindirik bir yapıda olduğu için klapeye etkiyen şebeke basınç kuvveti her yönden eşit miktarda etkir ve birbirini sıfırlar. Böylelikle klape, tüm açıklık oranlarında şebeke basıncından bağımsızdır. Dolayısı ile İğneli Vana yüksek diferansiyel basınca maruz kalsa dahi oluşan tork değeri, boş bir boru hattında çalıştırılırken oluşan tork değeri ile aynıdır. Bu özelliğinin yanı sıra, klape su akışı ile aynı yönde hareket ettiği için basınç, vana mekanizmasına hasar vermez ve güvenilir çalışma sağlanır.



Şekil 3.14 Plunger izolasyon vanası uygulaması

Plunger izolasyon vanasının üç farklı konumda çalışma şekli vardır. Bunlar;

a. **Tam açık pozisyon:** Bu konumda, tahrik mekanizmasının kumanda ettiği bir krank mekanizmana bağlı klapenin, eksenel olarak hareket etmesi ile açma/kapatma yapar. Vana, tam açık durumdayken aerodinamik bir yapıya bürünür ve vana üzerindeki basınç kaybını minimuma indirerek debi kapasitesini maksimuma ulaştırır.



Şekil 3.15 Tam açık pozisyon

b. **Yarım açık pozisyon:** Klape, gövde üzerindeki minimum sürtünme yaratan silindir(klape) rayları tarafından yataklanır ve böylelikle dengeli bir hareket sağlanır. Tahrik mekanizmasının döndürdüğü mil, iç gövdedeki krank

mekanizmasını harekete geçirir ve krank mekanizması klapeyi eksenel yönde hareket ettirerek vana açıklığının değişmesini sağlar.



Şekil 3.16 Yarım açık pozisyon

c. **Kapalı pozisyon:** Vana tam kapalıyken, özel sızdırmazlık mekanizması sayesinde tam sızdırmazlık sağlanır. Sistem basıncından bağımsız çalışan klape ve özel dişli kutusu sayesinde büyük çaplarda dahi ihtiyaç duyulan tork değeri oldukça düşüktür.



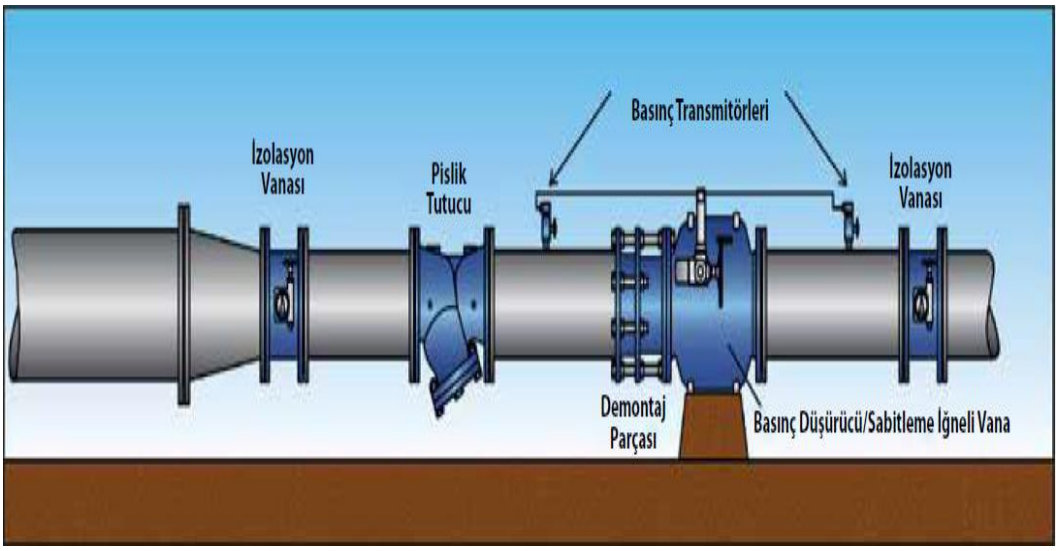
Şekil 3.17 Kapalı pozisyon

2- Plunger basınç kontrol vanası

Klape hareketi tüm konumlarda dairesel bir geçiş sağlamaktadır. Bu nedenle kavitasyon direnci çok yüksektir. Ürünün tasarımından ötürü kavitasyon kabarcıkları her zaman boru hattının orta noktasında patlar ve bu nedenle gövde yüzeyine herhangi bir hasar vermez. Ayrıca iç aksamlar paslanmaz çelikten imal edildiği için kavitasyon hasarı düşüktür. Bu nedenden ötürü çok düşük titreşim ve gürültü oluşturur. İğneli Vanalar, standart basınç düşürücülere nazaran yüksek basınç kırım olanağına sahiptir. Elektrik aktüatörü sayesinde klape açıklık oranı hassas bir şekilde ayarlanabilir. Dolayısı ile hassas ve sabit basınç regülasyonu yapmaya olanak tanır. Özellikle şehir şebekeleri için basınç düşürme istasyonları ve su kaçaklarını önlemek açısından basınç yönetimi amaçlı yaygın olarak kullanılırlar.

3- Plunger sabitleme/relief vanası

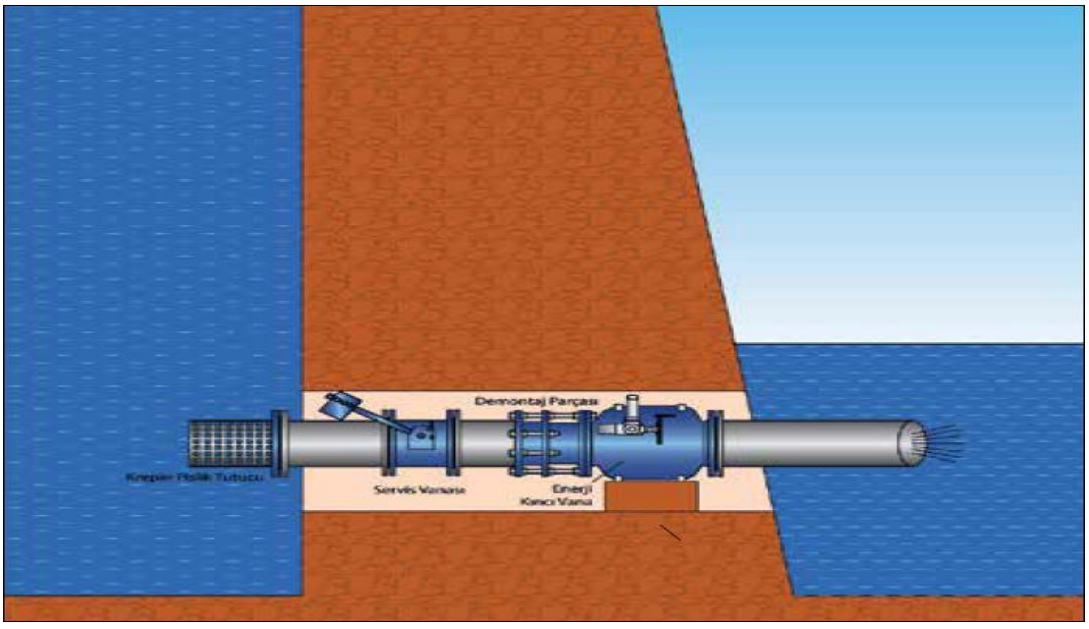
İğneli Vanalar, basınç transmitöründen aldığı sinyale bağlı olarak elektrik aktüatörü vasıtası ile regülasyon yapmaktadır. Giriş basıncını hisseden İğneli Vanalar, çıkış basıncı ve debiden bağımsız olarak giriş basıncını kullanıcının ayarladığı bir değerde sabit tutar. Giriş basıncı bu değeri geçtiğinde vana açılarak fazla basıncı ikincil bir bölgeye tahliye eder. Basınç bu değerin altına indiğinde ise vana otomatik olarak kapanarak giriş basıncını arzu edilen değerde korur. Bu özelliğinden ötürü İğneli Vanalar özellikle cazibeli sistemlerde üst kottaki tüketicilerin korunmasında, boru hattı boşalmalarının önüne geçilmesinde veya pompa istasyonlarında pompaya aşırı yük binmesinin önlenmesinde ve minimum pompa debisinin korunmasında kullanılır.



Şekil 3.18 Plunger sabitleme vanası uygulamasının şematik gösterimi

4- Plunger enerji kırıcı vanası

Enerji kırıcı vana olarak çalışan İğneli Vanalar, baraj çıkışlarında basıncı düşürerek atmosfere tahliye amaçlı kullanılırlar. Yüksek kavitasyon direnci sayesinde İğneli Vanalar, bu noktalarda basınç kırım oranı yüksek olduğu için kullanımı çok uygun bir seçenektir. İğneli Vanaların, çift tarafında flanş olacak şekildeki gövde yapısı sayesinde vana çıkışına boru hattı bağlanabilmektedir. Bu özelliği sayesinde kullanıcılara diğer Enerji Kırıcı Vanalara oranla ciddi avantajlar sağlar. Bu avantajlardan birisi de vana çıkışından su seviyesinin alt noktasına tahliye yapılabilmesidir. Bu sayede suyun statik basıncını kullanarak vanaya etkiyen diferansiyel basınç azaltılır ve titreşim, kavitasyon gibi sıkıntıların önüne geçilir. Bu duruma rağmen yüksek diferansiyel basınca maruz kalan vanalarda; kavitasyon kafesi, yivli silindir gibi pek çok özel klape alternatifi bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, vana çıkışına özel havalandırma boruları yapılarak kavitasyon oluşumu önlenir. Çıkışına boru bağlantısı yapılabilmesi nedeniyle İğneli Vanalar, bir sanat yapısı içerisinde korunabilir ve böylelikle de ileriki yıllarda kolay bakım olanağı sağlanır ve özellikle soğuk bölgelerde don riskinin oluşması gibi sert dış koşulların vanaya olan etkilerinin önüne geçilir. Tamamen Sfero Döküm gövde malzemesi sayesinde İğneli Vanalar, çelik konstrüksiyon vanalarda sıklıkla yaşanan galvanik korozyon vb. sorunların önüne geçer.



Şekil 3.19 Plunger enerji kırıcı vana uygulamasının şematik gösterimi

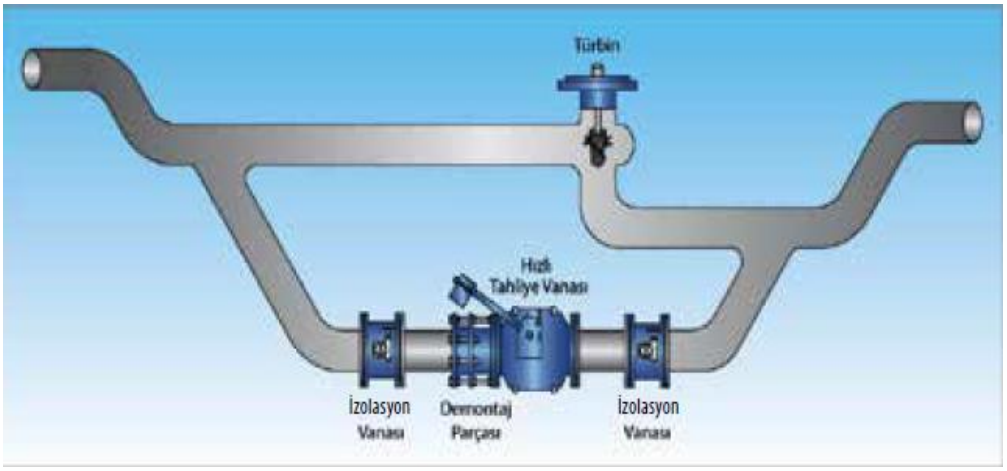
5- Plunger hızlı açılma/kapanma vanası



Şekil 3.20 Hızlı açılma/kapanma vanası

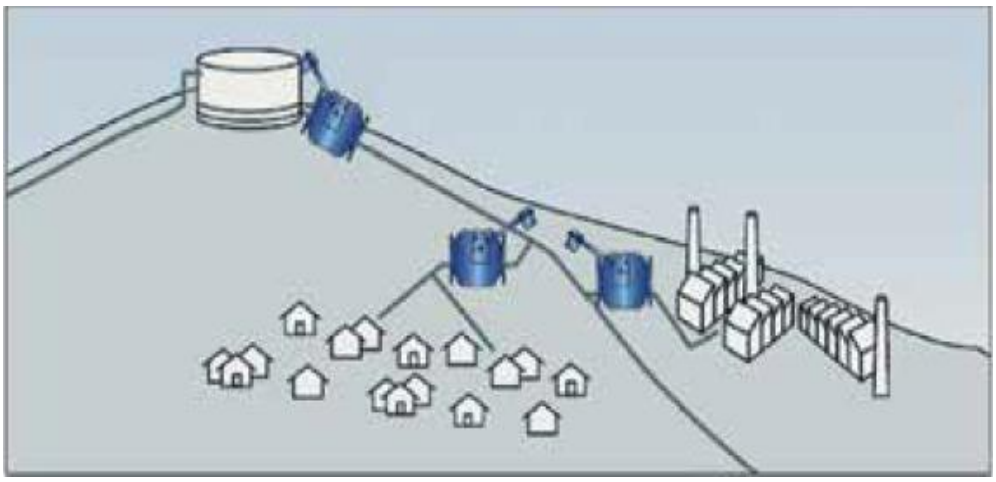
İki farklı uygulama şeklinde kullanılır. Bunlar;

1- **Hızlı Tahliye (Relief) Vanası & Türbin By-pass Vanası İğneli Vanalar**, su irsale hatlarında boru hatlarını korumak için kullanılmakla birlikte, yaygın olarak HES'lerde türbin by-pass vanası olarak da kullanılmaktadır. Barajlarda, türbinin çalıştırılmayacağı ancak barajın tahliye edilmesi gerektiği durumlarda veya ani basınç yükselmelerinde, bir sensör veya otomasyon isteminden gelecek komut, hidrolik devre üzerindeki solenoidi çalıştırır ve anında karşı ağırlık düşerek vanayı açarak sistemdeki basıncı tahliye eder. Vananın açılma ve kapanma hızlı, sistem üzerinden kontrol edilebilmekte, aynı zamanda sistem üzerine takılabilen opsiyonel limit switchlerle alarm sinyali alınabilmektedir. Vanayı tekrar kapatmak için otomasyon sisteminden, vana üzerindeki hidrofora sinyal gönderilir ve vana yavaş bir şekilde kapanır. Acil durumlarda vanayı manüel kapatmak için devre üzerindeki el pompası da kullanılabilir. Türbin By-pass Vanaları, hızlı açılma şeklinde olması isteniyorsa Hidrolik Aktüatörlü, yavaş açılma ve regülasyon amaçlı olması isteniyorsa Elektrik Aktüatörlü olarak kullanılır.



Şekil 3.21 Hızlı açma/kapanma vanası uygulama -1

2- **Boru Patlama Vanası İğneli Vanalar**, karşı ağırlık ve hidrolik devre ile çalışır. Herhangi bir boru patlaması yaşandığında, bir sensor veya otomasyon sisteminden gelecek komut, hidrolik devre üzerindeki solenoidi çalıştırır ve anında karşı ağırlık düşerek vanayı kapatır. Bu sayede boru patlaması sonucu oluşacak sel durumu önlenmiş olur. Ayrıca depo çıkışlarına yerleştirilen Vanalar, patlama anında depo boşalmasının önüne geçer. Oldukça düşük basınç kaybına sahip İğneli Vanaların, tam açık konumda sistem basıncına etkisi düşüktür. Vanayı tekrar açmak için otomasyon sisteminden sistem üzerindeki hidrofora sinyal gönderilir ve vana yavaş bir şekilde açılır. Acil durumlarda vanayı manüel açmak için devre üzerindeki el pompası da kullanılabilir.



Şekil 3.22 Hızlı açılma/kapanma vanası uygulama-2 resmi

6- Plunger pompa kontrol vanası



Şekil 3.23 Plunger pompa kontrol vanası

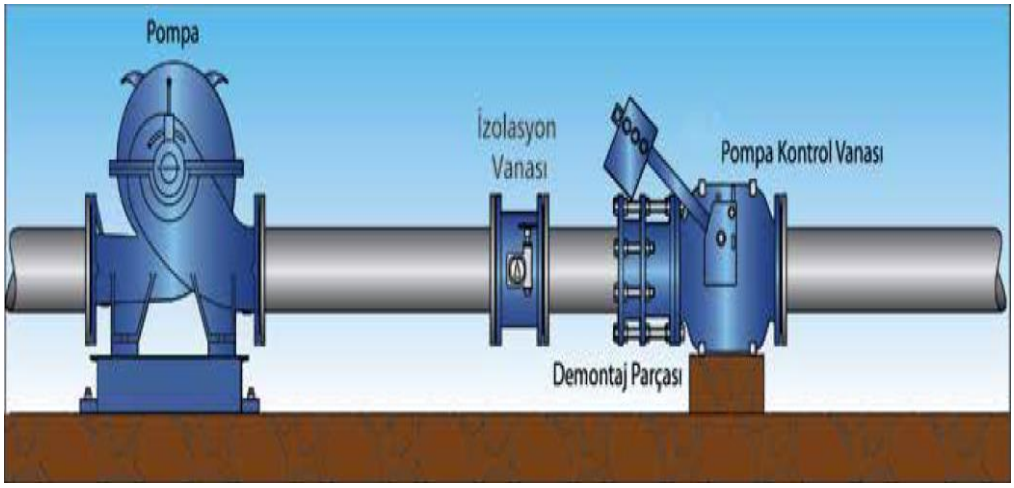
Pompa Kontrol Vanası, Pompa çıkışlarında uygulanan İğneli Vanalar, pompa elektronik kontrol ünitesi ile karşı ağırlık ve hidrolik devre ile çalışır. Pompa ile koordineli hareket eden vana, pompa devreye girerken ve çıkarken, yavaşça hareket ederek darbe oluşumunu önler. Elektrik kesildiğinde, karşı ağırlık düşer ve çekvalf görevini yerine getirir. İğneli Vanalar, aşağıdaki durumların oluşmasına yol açar:

• Darbenin oluşturacağı zararları önlemek yerine, darbe oluşumunun önlenmesi

• Darbesiz pompa açma ve kapama yapılması

• Çalışan pompaları değiştirirken darbe oluşmasının önlenmesi

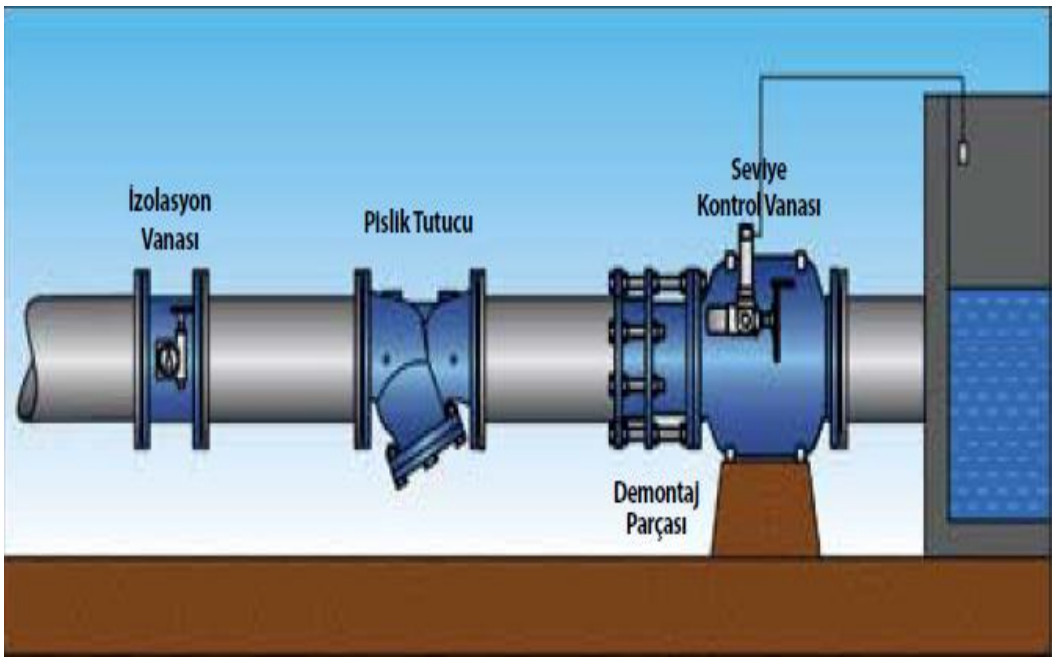
• Değişken hızlı pompayı geciktirerek sabit hızlı ilave pompanın açılıp kapanmasına tepki vermesini sağlaması



Şekil 3.24 Plunger pompa kontrol vanası uygulamasının şematik gösterimi

7- Plunger seviye kontrol vanası

Seviye Kontrol Vanası İğneli Vana, elektronik seviye sensörü ve elektrik aktüatör ile çalışmaktadır. Sensörden gelen seviye sinyaline bağlı olarak açma yapan iğneli vana, yarı açık konumda tek bir seviyeyi koruyacak şekilde modülasyon tipinde kullanılabileceği gibi, üst ve alt seviye belirlenmiş olarak on-off tipte de kullanılabilir. Özellikle giriş basıncının yüksek olduğu uygulamalarda, yüksek kavitasyon direncinden ötürü kullanıma uygundur. Ayrıca, diğer seviye kontrol vanası çeşitlerine göre daha sessiz ve titreşimsiz çalışma sağlar.



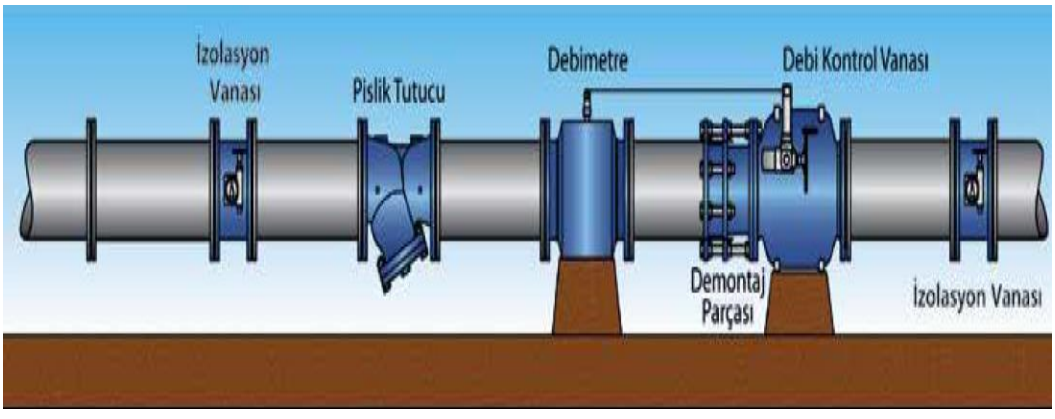
Şekil 3.25 Plunger seviye kontrol vanası uygulamasının şematik gösterimi

8- Plunger debi kontrol vanası;



Şekil 3.26 Plunger debi kontrol vanası

Dağıtım Şebekelerinde Tüketim Kontrolü, Mevcut su şebekesinde, belirli bir bölgenin aşırı tüketim yapması sonucu, ana hattaki debi düşebilir ve diğer tüketiciler bu durumdan etkilenir. Böyle bir sorunu önlemek için, kritik noktaların debilerinin kontrol altına alınması gerekmektedir. İğneli Vanalar, debimetreler ile kullanıldıklarında, debimetreden aldıkları tüketim miktarına bağlı olarak sabit bir debi miktarını korurlar. Özellikle büyük çaplarda, diğer debi kontrol vana çeşitlerine oranla daha yüksek kv değerlerine ve düşük basınç kaybına sahip oldukları için, debi regülasyonu amacıyla kullanılmak için mükemmel bir seçenektir.



Şekil 3.27 Plunger debi kontrol vanası uygulamasının şematik gösterimi

3.3. Kavitasyon

3.3.1. Kavitasyon tanımı

Kavitasyon, akışkanın içerisinde oluşan boşlukları ve/veya kabarcıkları içinde barındıran fiziksel bir oluşumdur. Sıvı akışkan dar bir kesitten geçtiği sırada akış hızının artması veya sıvı akışkanın hızlı hareket eden bir cisim içerisinden geçerken oluşan lokal basınç değişimleri sebebiyle meydana gelen faz değişimidir. Bernoulli denklemine göre, akışkanın içerisinde oluşan hız artışı basınç azalmasına neden olur. Düşen basınç ise akışkan için kaynama sıcaklık noktasının düşük bir değere inmesi anlamını taşır. Akışkanın basıncındaki düşüş akışkanın kaynama noktasının ortam sıcaklık değerine düşürebileceği diğer bir tarif biçimidir. Akışkanın basıncının düşüşü ile kaynama noktası değerindeki düşüş sebebiyle içerisinde su buharı ve eriyik gaz molekülleri bulunan, hava kabarcıkları içeren bir çeşit soğuk kaynama ortaya çıkar. Meydana gelen bu olaya kavitasyon denir.

Kavitasyon, kaynama olayından farklı bir olaydır. Çünkü kaynama olayındaki buharlaşma sabit basınçta sıcaklık artırımı ile meydana gelirken kavitasyon olayındaki buharlaşma ise hemen hemen sabit sıcaklıktaki basınç düşümü ile meydana gelir. Buharlaşma olayının ortaya çıkabilmesi için bir miktar ısıya ihtiyaç duyulmaktadır, fakat kavitasyon içeren akışta bu değer daha küçüktür.

Daha çok basıncın ve hızın değişimlerinin ortaya çıktığı mekanik cihazlarda ve sistemlerde kavitasyon oluşması mümkündür. Örnek verecek olursak; vanalar, çarklar, pervaneler, yataklar, pompalar ve bir de insan vücudunda bulunan kalp ve eklemlere verilebilir.

Kavitasyonun oluştuğu sistemlerin ortak özellikleri;

a) Dinamik bir olaydır
b) Sıvı akışkanlar içerisinde oluşur. Katı ve gaz fazlarında ortaya çıkmaz.
c) Basıncın düşmesinden dolayı oluştuğundan, basıncın düşmesinin engellenmesi ile önlenmesi mümkündür.

Kavitasyonun tesisatta önlenmek için tesisatta kesit daralmalarının önlenmesi gerekmektedir. Bunun için değişik çapları birbirine bağlantısını sağlayan redüksiyonların çok fazla kullanılmaması, u-boru, t-boru, dirsek ve iç yüzeyleri pürüzlü hortum ve borular kullanılmamalıdır.

Kavitasyonun, pompaların içerisinde oluşumun önlenebilmesi için pompa hesabı yapılırken pompa emiş borularının belirtilen standartlarda üretici firmaların proje

değerlerine göre dar olmayan boru, kısa ve daha az dirsek kullanılan hatlara göre tasarımın yapılması gerekmektedir. Bunların dışında pompalarda kavitasyon oluşumun önlenebilmesi için, emme hattında bulunan filtre veya pompa su alma yapısında bulunan ızgaraların önünde pisliklerin birikmesinden ötürü tıkanma olmaması, akışkan sıcaklığının çok düşük olmaması ve emme hattında kullanılan vanaların tam açık pozisyonda olması gerekir.

Kavitasyonun verebileceği zararlar;

1. Verim kayıpları
2. Gürültü
3. Titreşim
4. Devre içerisinde (pompa, vana vb.) metal yüzeylerde aşınma
5. Akışkan özelliğinin bozulması

Kavitasyonsuz bir çalışma sağlanabilmesi için, devre içinde her koşulda herhangi bir noktasındaki basıncın buhar basıncının altındaki bir değere gelmemesi gerekmektedir. Buhar basıncının altına düşmemesi için tesisatta kullanılan vana parametreleri den olan σ değerinin, vana üreticisi tarafından deneysel yöntemlerle bulunan kritik σ değerinden büyük olması gerekmektedir.

$$\sigma = \frac{H_2 + H_{atm} - H_d}{(H_1 - H_2) + (V^2 / 2g)} \qquad (3.1)$$

H_1: Vana girişindeki etkin basınç (mSS)

H_2: Vana çıkışındaki etkin basınç (mSS)

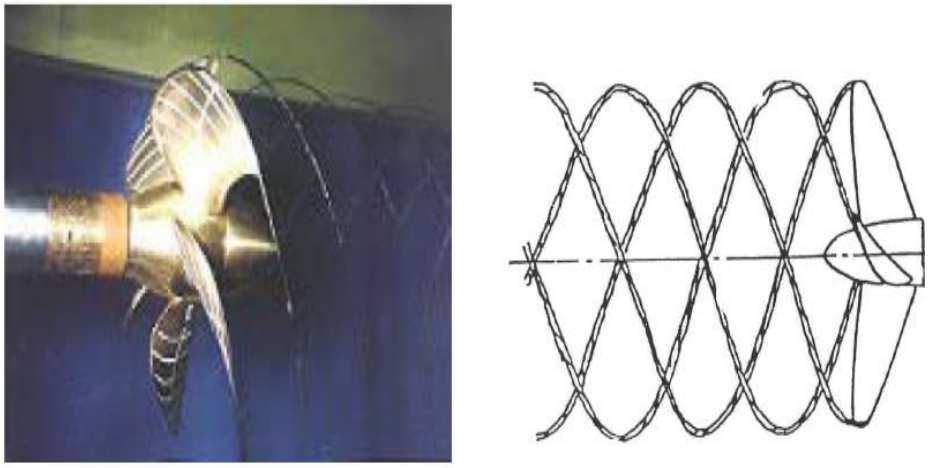
H_{atm}: Atmosfer basıncı (10 mss)

v: Vana giriş boru kesitindeki hız (m/s)

H_d: Buhar basıncı (0.2 mSS)

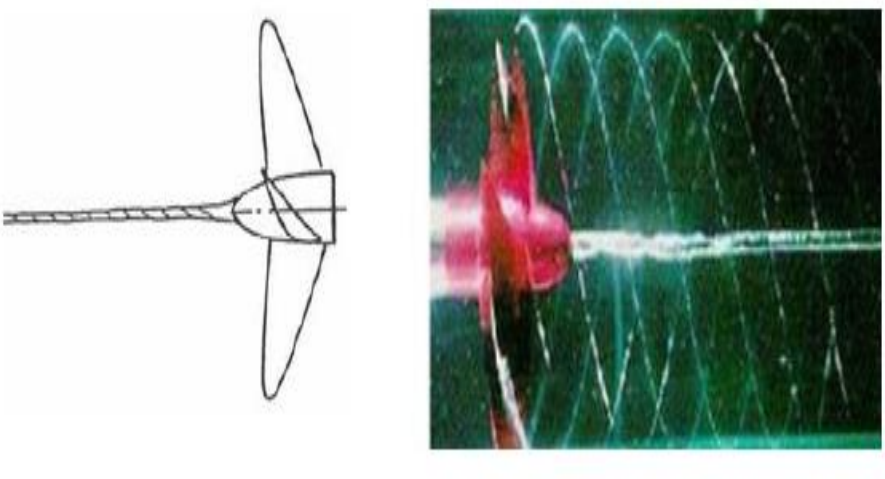
3.3.2. Kavitasyon türleri

1- **Uç-göbek:** Bu kavitasyon türünde, pervanenin kanatçıklarındaki basma kısımdaki yüksek basınç ile emiş tarafındaki düşük basınç, kanatların uç kısmından akımın kanatçıktan ayrılmasına sebep olur. Bu durum, kanatların tümü içi kanat ucu ve pervanenin göbek kısmında girdap oluşmasına neden olur. Yükü ağır olan pervaneler ile iz katsayısı yüksek olan çalışma şartlarındaki pervanenin kanatçıkları üzerinde şiddeti yüksek girdaplar oluşur. Girdabın merkezinde su zerrelerinin dönüş hızı çok yüksek olup, bundan dolayı bu bölgelerdeki basınç değeri, akışkanın buharlaşma basınç değerinin altında bir değere düşer ve bu olay kavitasyonun oluşmasına sebep olur. Uç girdap kavitasyonu, ilk olarak pervanelerin kanat uç kısmının biraz ilerisinde meydana gelir ve motor devrinin yükselmesi ile yavaş yavaş kanatların uç kısmına doğru hareket eder. Bu hareketin tamamlanmasının ardından sanki kanatların uç kısımlarının ait bir parça şeklinde bu kısımlarda tutunurlar ve kanatların uç kısımlarının gerisinde kendisini bir helis biçiminde gösterirler. Genel olarak ilk olarak meydan çıkan kavitasyon türüdür. (Şekil 3.28).



Şekil 3. 28 Uç- girdap kavitasyonuna ait resim. (Çelik, F., Kavitasyon)

Göbek girdap kavitasyonu, pervane kanatlarının her biri için kanatın kök kısmından göbek kısmına doğru ilerleyen ve akışın içerisindeki moleküllerin aralarındaki bağı bozup zayıf alanlar oluşturan kavitasyon çekirdekleri sebebinden dolayı oluşur (Şekil 3.29).



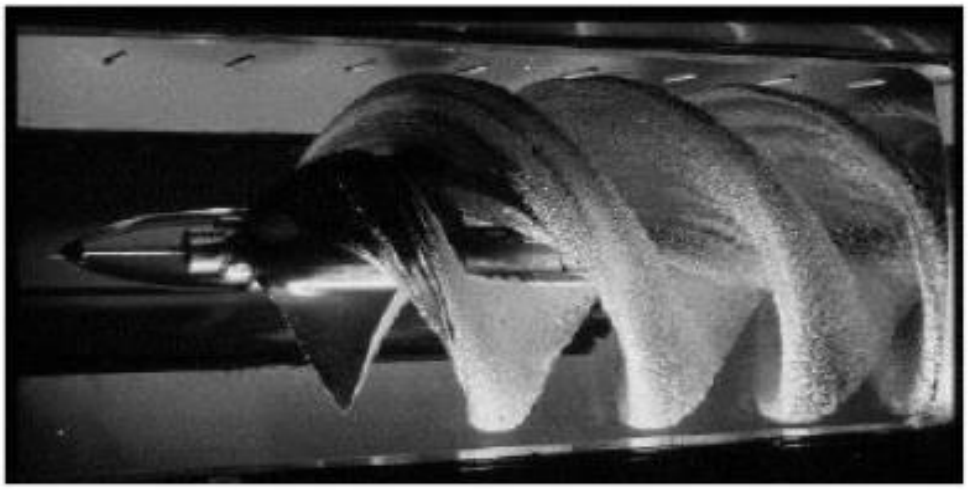
Şekil 3.29 Göbek girdap kavitasyonuna ait resim. (Çelik, F., Kavitasyon)

2- **Kabarcık:** Pervane kanatlarının kesiti üzerinde basınç değerinin en düşük olduğu alanlarda, kanatların orta kısmı civarlarında meydana gelir (Şekil 3.30). Pervane kanatçıklarının kesit sehimleri ve kanatçık kalınlıkları kavitasyonun meydana gelmesinde etkilidir. Kabarcık tip kavitasyonuyla meydana gelen kabarcıklar giderek büyür ve kanatçıkların yüzeyleri üzerinde patlayarak pervaneye zarar verir.



Şekil 3.30 Kabarcık kavitasyonuna ait resim. (Çelik, F., Kavitasyon)

3- **Tabaka:** Pervanenin kanatçıkların giriş uçlarından başlayıp çıkış uçlarına doğru yayılıp genel olarak kanatçıkların sırt kısmında ve/ve ya kanatçıkların yüz kısmında görülebilen tabakalar şeklinde oluşan kavitasyondur (Şekil 3.31).



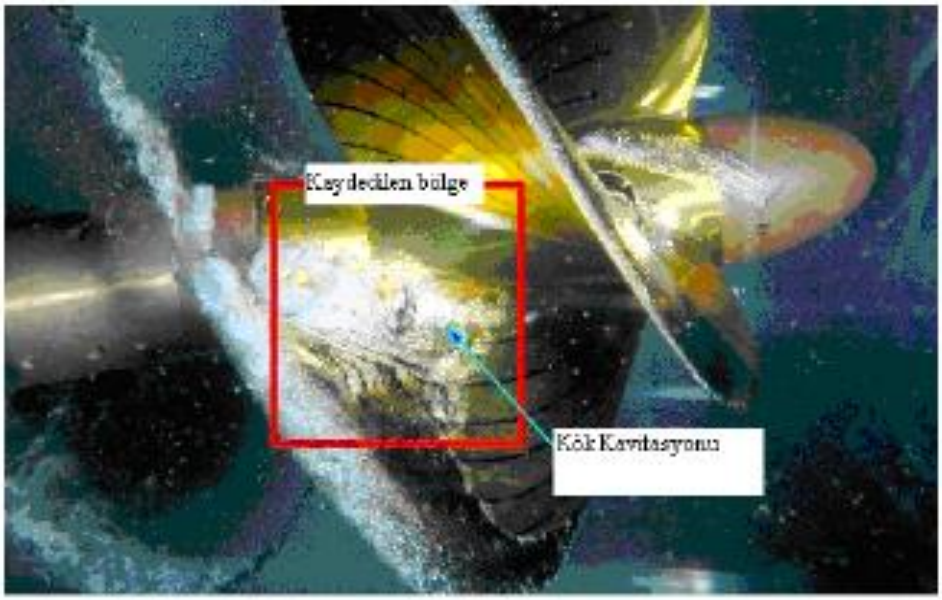
Şekil 3.31Tabaka kavitasyonuna ait resim. (Çelik, F., Kavitasyon)

4- **Bulut:** Genel olarak tabaka kavitasyonun oluşmasını ve ilerlemesi ardından bulut veya sis görünümüne benzeyen küçük kabarcıklara benzer şekilde, çok sık olacak şekilde tabakanın çıkış uç kısımlarında meydana çıkmaktadır (Şekil 3.32). Bundan ötürü bulut kavitasyonuna daim olmayan tabaka kavitasyonu da denir.



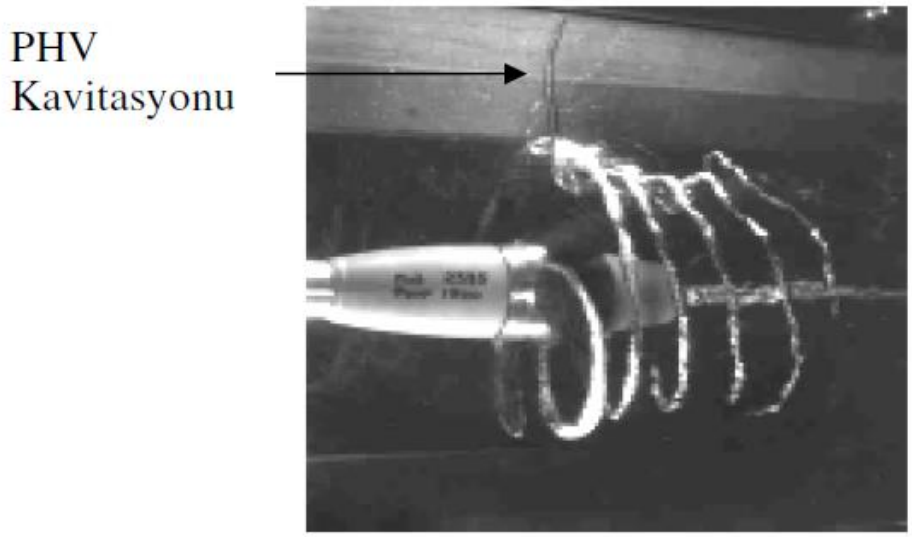
Şekil 3.32 Bulut kavitasyonuna ait resim. (Çelik, F., Kavitasyon)

5- **Kök:** Pervanelerin kanatlarının kök kısımlarında ortaya çıkan bir kavitasyon çeşitidir. Şekil olarak kamaya benzeyen bir yapıya sahiptir ve çok sık bir şekilde görülmektedir. Daha çok, aşırı yüklü ve küçük pervaneler ile değişken adımlı (pervane kanat açılarının değiştirilmesi) pervane çeşitlerinde ortaya çıkabilmektedir. Kök bölgesi içerisinde kanatçık kesitlerinin kalınlığının en kalın olduğu yerlerin civarında ve kanatçıkların sırt kısımlarında meydana gelebilir (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Kök kavitasyonuna ait resim. (Çelik, F., Kavitasyon)

6- **Pervane-tekne girdap:** Girdap kavitasyonun bir çeşitidir. Şiddeti ve büyüklüğü yüksek olan iz alanları ile pervanenin etkileşerek bunun neticesinde ortaya çıkan kavitasyon türüdür (Şekil 3.34). Bu etkileşim sonucunda pervanenin kanat uçlarında ortaya çıkan girdap tekneye doğru şimşek gibi sıçrayıp tekneyle birleşir. Çok uzun olmayan bir süre içerisinde düzensiz aralıklarla ortaya çıkar. Pervane-tekne kavitasyonu teknenin yakın bölgelerinde oluşan farklı akım dağılımları ve türbülanslar nedeniyle oluşmuş olduğu varsayım olarak belirtilmektedir. Bu kavitasyonun, pervanenin kanatçıklarına ve/ ve ya tekneye zarar vermesine ve gürültünün seviye olarak yükselmesine sebep olabilir.



Şekil 3.34 Pervane-tekne kavitasyonu (Çelik, F., Kavitasyon)

3.3.3. Kavitasyonun vanalar üzerindeki olumsuz etkileri

1- **Gürültü:** Kaviyasyon kabarcığı etrafındaki dış basınç artmaya başladığında kısa bir süre sonra iç ve dış bölgelerdeki basınç gradeyeni düşer ve kabarcık patlama konumuna gelir. Kavitasyon kabarcıklarının patlaması sonucu yüksek yerel basınçlar oluşur. Bunun sonucu ortaya çıkan şok dalgaları yüksek seviyede gürültü meydana getirir.

2- **Aşınma:** Kavitasyonu gösteren bir akışkan içerisinde bulunan buhar kabarcıkları düşük bir basınç bölgesinde hareket eder. Bu kabarcıkların içindeki basınç, buhar basıncına çok yakın bir basınca ulaştığında hızlı bir şekilde genişler. Kabarcıklar içindeki basınç dış basınçtan yüksek olduğunda boyutu azalır. Boyutu azalan kabarcığın yüzey gerilimi büyüktür. Bu durum kabarcığın hızlı patlamasına sebep olur. Bu patlama vana iç yüzeyinde veya yüzeye yakın bir alanda olursa belirli bir zaman sonra vananın malzemelerinde yer yer yorulmalara sebep olabilir ve küçük parçacıklar şeklinde vana içerisindeki klape veya vana yüzeyi üzerinde aşınmalar meydana getirmesidir.

3- **Verim kaybı:** Vana içindeki tek bir klape profili üzerinde meydana gelen kısmi kavitasyon uzunluğu kort uzunluğunun büyük bir kısmını kapladığı zaman profilin sehimini artırabilir. Profil üzerindeki ortalama basınç

artığında azalan kavitasyon, kaldırma kuvvetinin azalmasına sebep olabilir. Kaldırma kuvvetindeki bu düşüş kademe kademe ve çok hızlı bir şekilde meydana gelir. Buna bağlı olarak, vana içindeki farklı klape kesitleri, farklı koşullarda kaldırma kuvvetindeki azalmadan etkilenecektir.

4- **Titreşim:** Vana içinde oluşan kavitasyon, vana içinde hacimce büyük bir yere sahiptir. Bu büyük buhar hacminin hareketleri vana içinde şiddetli basınç darbeleri üretir. Kavitasyon tarafından indüklenen basınçlar vana içinde titreşimlerin oluşmasına sebep olur. Bu titreşimler armatör elamanları ve bağlantıların tahribatına sebep verebilir.

3.3.4. Kavitasyona karşı alınabilecek önlemler

Vanalarda kavitasyonun önlenebilmesi için genel olarak aşağıdaki tedbirler alınır. Bunlar;

1- Pürüzsüz ve düşük bir akışkan geçişi sağlanmalı.
2- Kullanılan vanaların direnç katsayısının düşük olması gerekmektedir.
3- Giriş basıncının yüksek olduğu yerlerde vana önlerine basınç düşürücü vanalar seri olarak bağlanarak basınç kademeli olarak düşürülmesi.
4- Vananın çıkışından hemen sonra daha geniş çapta bir borunun vanaya redüksiyonla bağlanması.
5- Sıvı içerinde varsa, erimiş hava ve gazları tahliye etmek (vakum pompası ile).
6- Eğer sistem müsaade ediyorsa vana çıkışlarının atmosfere açılması.
7- Vana açma ve kapamalarının ağır bir şekilde kontrollü olarak yapılması (Bunun manuel olarak yapılmasının zorluğundan ötürü vana açma-kapamalarının elektrik veya hidrolik tahrikle yapılması).
8- Kavitasyonun tesisatta önlenmesi için tesisatta kesit daralmalarının önlenmesi gerekmektedir.
9- U-boru, T-boru, dirsek ve montaj bağlantısı için kullanılan parçalardan veya iç yüzeyleri pürüzlü olan hortum ve borular kullanılmamalıdır.
10- Kavitasyonun yüksek olarak ortaya çıktığı durumlarda, kavitasyonu önleme kafesleri ve yivli silindir gibi imalatı özel bir şekilde yapılan korozyona dayanaklı paslanmaz klapenin kullanılması.

4. SAYISAL ÇALIŞMA

4.1. Temel Akış Denklemleri

Herhangi bir akışı temel olarak incelerken, enerji, süreklilik ve momentum denklemleri için, uygun başlangıç ve sınır şartları ile çözülmesi gerekir. En genel haliyle denklemler aşağıda verilmiştir.

Laminar akış için;

Genel enerji denklemi:

$$\rho c\left(\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}\right)=-\left(\frac{\partial q_x}{\partial x}+\frac{\partial q_y}{\partial y}+\frac{\partial q_z}{\partial z}\right)+\phi_v$$

$$\rho c\left(\frac{\partial T}{\partial t}+u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}\right)=k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)$$
$$+\tau_{xx}\frac{\partial u}{\partial x}+\tau_{yy}\frac{\partial v}{\partial y}+\tau_{zz}\frac{\partial w}{\partial z}$$
$$+\tau_{xy}\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)+\tau_{yz}\left(\frac{\partial v}{\partial z}+\frac{\partial w}{\partial y}\right)+\tau_{zx}\left(\frac{\partial w}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial z}\right) \quad (4.1)$$

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \quad (4.2)$$

Momentum denklemleri:

$$x\text{-}momentum$$
$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}\right)=\rho g_x-\frac{\partial P}{\partial x}+\mu\left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}\right]$$
$$y\text{-}momentum$$
$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}\right)=\rho g_y-\frac{\partial P}{\partial y}+\mu\left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}\right]$$
$$z\text{-}momentum$$
$$\rho\left(\frac{\partial w}{\partial t}+u\frac{\partial w}{\partial x}+v\frac{\partial w}{\partial y}+w\frac{\partial w}{\partial z}\right)=\rho g_z-\frac{\partial P}{\partial z}+\mu\left[\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right] \quad (4.3)$$

Türbülanslı, iki boyutlu, sıkıştırılamaz ve sürekli rejimdeki akışı ifade eden süreklilik, momentum ve enerji denklemleri;

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial(\overline{\rho \mathbf{u}})}{\partial x}+\frac{\partial(\overline{\rho \mathbf{v}})}{\partial y}=0 \tag{4.4}$$

x-Momentum:

$$\left(\frac{\partial(\overline{\rho \mathbf{u}\mathbf{u}})}{\partial x}+\frac{\partial(\overline{\rho \mathbf{v}\mathbf{u}})}{\partial y}\right)=-\frac{\partial \overline{P}}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}\left((\mu+\mu_t)\frac{\partial \overline{\mathbf{u}}}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left((\mu+\mu_t)\frac{\partial \overline{\mathbf{u}}}{\partial y}\right)$$
$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial \overline{\mathbf{u}}}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial \overline{\mathbf{v}}}{\partial x}\right) \tag{4.5}$$

y-Momentum:

$$\left(\frac{\partial(\overline{\rho \mathbf{u}\mathbf{v}})}{\partial x}+\frac{\partial(\overline{\rho \mathbf{v}\mathbf{v}})}{\partial y}\right)=\rho g-\frac{\partial \overline{P}}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial x}\left((\mu+\mu_t)\frac{\partial \overline{\mathbf{v}}}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left((\mu+\mu_t)\frac{\partial \overline{\mathbf{v}}}{\partial y}\right)$$
$$+\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial \overline{\mathbf{u}}}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial \overline{\mathbf{v}}}{\partial y}\right)$$

Enerji:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\overline{\rho \mathbf{u}}\,C_p\overline{T}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\overline{\rho \mathbf{v}}\,C_p\,\overline{T}\right)=\frac{\partial}{\partial x}\left((k_i+k_t)\frac{\partial \overline{T}}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left((k_i+k_t)\frac{\partial \overline{T}}{\partial y}\right) \tag{4.6}$$

Akışlar, laminar ve türbülanslı olmak üzere ikiye ayrılır. Akış karakteristliği, boyutu olmayan Reynolds sayısına, Reynolds sayısı ise akış hızı, akışkana ait fiziksel özelliklerinden biri olan viskozite ve akışın ortamının karakteristik uzunluğunun fonksiyonudur. Çizgisel bir akış şeklinde olan laminar akış, akım iplikçikleri boyunca akış tabakalarının birbirlerinden tamamen ayrılmış ve karışmadan kaldıkları düzgün bir akımdır.

Akış yörüngelerinin karıştığı ve akışın çalkantılı bir şekilde olduğu akışa türbülanslı akış denir. Pompalar yardımıyla oluşmuş olan akışın yüksek hızlı olmasından dolayı pompajlı akışlarda genellikle türbülans oluşur. Akışın türbülanslı olduğu durumların incelenmesi, akışın laminar olduğu durumların incelenmesine göre çok daha zor bir şekildedir. Karşımıza çıkacak olan bu çeşit problemler için, akıştaki türbülansın etkisini de eklemek içim modeller geliştirilir. Geliştirilen modeller için akışkanın fiziksel viskozitesine ek olarak, akış özelliklerine bağlı farklı bir viskozite

terimi olan türbülans viskozitesi tanımlanır. Ek olarak verilmiş olan türbülans viskozitesini hesaplayabilmek için araştırmacılarca farklı modeller sunulmaktadır. bu modeller arasında en yaygın olarak kullanılanı ise "standart k-epsilon modeli' dir". Bu modelde k: türbülansın sahip olduğu kinetik enerjiyi, epsilon: türbülansın yayılımını gösterir. Bu sebeple türbülanslı akışlar içim süreklilik ve momentum denklemlerine ilave olarak türbülans k-epsilon denklemleri de eklenerek çözülecek olan denklemlerin sayısı artmakta, bununla birlikte denklem sistemlerinin çözümleri zorlaşmaktadır.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD)

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, her türlü akışkanın ve akısının değişik koşullar içim analizlerini yapmak için kullanılan bir metottur. HAD' de temel olarak ana denklemler (süreklilik, momentum ve enerji denklemleri) esas alınarak, söz konusu denklemler sayısal olarak çözülür ve akış alanı içerisindeki, hız, sıcaklık dağılımları, basınç ile bu parametreler ile ilgili pek çok veri elde edilir.

Günümüz ar-ge çalışmalarında hesaplamalı akışkanlar dinamiği yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. HAD yardımıyla uçak kanatlarının üzerinde oluşan basınç dağılımı, herhangi bir ortamda oluşan hava akımının dağılımı, hareket halindeki araba etrafında oluşan havanın hızı veya akışkan iletim hatlarında kullanılan vanalar, pompalar, borular, armatörler içeresindeki akışın analizi gibi akış ile ilgili birçok parametre bulunabilir. HAD teorisi ve bilgisayar yazılımlarında son yıllardaki gelişmeler sayesinde yüksek türbülanslı akışların ve dinamik sistemlerin sayısal olarak incelenip sanal ortamda simülasyon edilebilmesine olanak vermiştir.

5.2. Sonlu Hacimler Yöntemi

Sayısal yöntemler sayesinde, yeteri derecede hassas olarak çözmenin imkansız olduğu mühendislik problemleri çözülebilmektedir. Esas olarak bu problemler yöntem olarak, probleme ait fiziksel büyüklükler arasındaki bağı ifade eden denklemleri son derece küçük bir bölgesinde oluşturabilmesidir. Böylece gerçek yapının davranışını, birbirine bağlı küçük bölgeler için oluşturulan denklemler topluluğu ile inceler. Yapının küçük parçalara bölünmesi ve bu parçaları birleştiren bağları oluşturmakla, fiziksel büyüklüklerin yapı içerisindeki değişimini hassaslıkla hesaplamak mümkündür. Bu bölgelerin sayısının artırtılmasıyla çözüm hassaslığı da artmaktadır.

Akış problemlerinin karmaşıklığı, üç boyutlu olmaları ve türbülanslı akışın etkilerinden ötürü denklemlerin, ilgili sınır koşulları ile analitik olarak çözülmesini mümkün kılmamaktadır. Bu sebepten ötürü bu denklemlerin çözümü için farklı sayısal yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler sonlu hacimler, sonlu elemanlar ve sonlu

farklar ile genel olarak ifade edilir. Belirtmiş olunan üç yöntemde akışkanlar mekaniğinde uygulanması mümkündür, lakin yapılmış olan araştırmaların sonucunda elde edinilen tecrübeler ile sonlu hacimler yönteminin kolay ve hassas çözümler elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Sonlu hacimler yönteminin yaygınlaşmasının diğer bir sebebi de, sonlu hacimler yönteminin karmaşık ve düzgün olmayan geometriler içinde uygulanabilir olmasıdır.

Sonlu hacimler yönteminde, akış hacmi küçük sonlu hacimlere bölünmekte ve ilgili denklemler her bir sonlu hacim için ayrı ayrı çözülmektedir. Bu denklemlerin çözülebilmesi için sayısal yöntemlere ve gelişmiş bilgisayar programlarına ihtiyaç vardır.

Akış hacminin çok sayıda sonlu hacimlere bölünmesi her ne kadar hassas bir çözümün elde edebilmemize olanak sağlasa da, bölünmüş olan bu akış hacimlerinin gereğinden fazla sayıda olması kullanılan bilgisayarın kapasitesini zorlar ve yapılacak olan analizlerin daha uzun sürmesine sebep olur. Bunun olmaması için uygun bölme sayısının bulunması tavsiye edilir. Bunun için, yapılacak olan bölme işlemi için ilk olarak büyük sonlu hacimler ile başlanır ve yapılan analiz sürecinin belirli bir evresinde sonlu hacimlerin küçük olması gereken yerleri tespit edilip, sadece o bölgelerde hacimleri daha küçük sonlu hacimlere bölmektir. Akış hacminin bölünmesinden sonra yüzeylerin sınır şartları ve akış hacminin hangi bölgelerinin katı sınırlar, hangi bölgelerinin akış olduğu programa tanımlatılır.. .Daha sonra akışın hangi yüzeyden hacime aktığı, akışın hacimden çıkış yüzeyi, akış hacminin çeper yüzeyleri ve ara yüzeyler bilgi olarak programa girilmelidir.

5.3. Denklemlerin Çözümü

Program tarafından akış alanının sonlu hacimlere bölünmesinden sonra elde edilmiş olan sayısal ağ, asıl çözücü programa aktarılır. Sonrasında sınır koşulları değerleri programa tanıtılır ve ara yüzeyler eşlenir. Sonlu hacimler yönteminde, çözülecek olan denklemler için çeşitli metotlar geliştirilmiştir (simple, simpler, simplec vb...). Kullanılacak olan yazılımın özelliğine bağlı olarak, program tarafından bir veya birden fazla çözüm yöntemi sunabilir. Çözümü ulaşabilmek için, kullanılacak olan çözücü yöntemi seçilip ve iterasyon başlatılır.

Her bir iterasyon için kullanılan bilgisayar programı temel denklemler olan, süreklilik, momentum ve enerji denklemlerini oluşturulmuş olan tüm sonlu hacimler için çözer. Ardışık olan iterasyonlar arasında, elde edilen hız, debi veya basınç gibi akışa bağlı olan bir parametrenin değerindeki maksimum fark programı kullanan tarafından belirlenmiş olan değerden daha küçük olduğu zaman çözüm yakınsamış olarak kabul edilir ve sonuçlar değerlendirilir.

.

Sonlu hacimlerin kullanıldığı akış problemlerinde genel olarak aşağıdaki adımlar takip edilir.

- İncelenmesi düşünülen modelin iki ya da üç boyutlu tasarımının yapılması,
- Oluşturulmuş olan katı model kullanılarak akış alanın hazırlanması,
- Eğer birden fazla akış hacminin oluşması söz konusuysa, akış hacimlerinin ayrı ayrı hazırlanıp, birbirlerine monte edilmesi,
- Hızdaki değişimlerin yüksek olacağı katı yüzeylerde sınır tabaka fonksiyonun tanımlanması,
- Akışın önemli olan bölgeleri içim küçük sonlu hacimlerin, önemli bölgelerden uzaklaştıkça sonlu hacimlerin büyümesi için kullanılan boyut fonksiyonlarının tanımlanması,
- Oluşturulmuş olan sonlu hacimlerin kalitelerinin kontrollerinin yapılması,
- Sınır tiplerinin her bir yüzey için tanımlanması,
- Oluşturulmuş olan akış hacimlerinin tiplerinin tanımlanması,
- Oluşturulmuş olan sayısal ağın asıl çözücüye aktarılması,
- Önceden tipleri tanımlanmış olan sınır koşullarını ve programın istediği diğer parametreleri için sayısal değerlerin verilmesi,
- Uygulanacak olan çözüm yönteminin ve türbülans modelinin belirlenmesi,
- Yakınsama kriterinin belirlenmesi,

- İterasyona başlanması

Yapılacak olan çözüm için, bilgisayara aktarılmış olan veri girdileri problemdeki sistemin çalıştığı koşullar için uygunsa ve akış hacminin sonlu hacimlere bölünmesi düzgün bir şekilde yapılmış ise program, kullanıcıca belirtilmiş olan yakınsama kriterini sağladığında durmaktadır. Eğer herhangi bir sebeple girilmiş olan verilerde bir veya birden çok hata var ise ya da sonlu hacimlere bölünme işlemi hatalı yapıldıysa program yakınsayamaz veya hatalı netice verir. Böyle bir durum söz konusu olduğunda problem ve veri girdilerinin tekrardan gözden geçirilmesi ve yanlışlıkların bulunması gerekmektedir.

HAD' de elde edilecek olan çözüm, sonlu hacim sayısına diğer bir adıyla sayısal ağa bağlıdır. Sonlu hacimlerin sayısı ve boyutu problemin fiziği ve sınır koşullarına bağlıdır. Basıncın ve hızın değişimlerinin büyük olduğu akış problemlerinde, doğru sonuç elde edebilmek için çok sayıda sonlu hacim kullanılması gereklidir. Sonlu hacim sayısının değeri deneme yanılma yaparak bulunabilmektedir. Genel olarak bir problemde birden fazla sayısal ağ için sonuç elde edilerek, sonuç sayısal ağ ve sonlu hacim sayısından bağımsız hale getirilir.

Bu proje kapsamında yapılan sayısal çözüm işlemlerinde ANSYS CFX 12.0 programı kullanılmıştır.

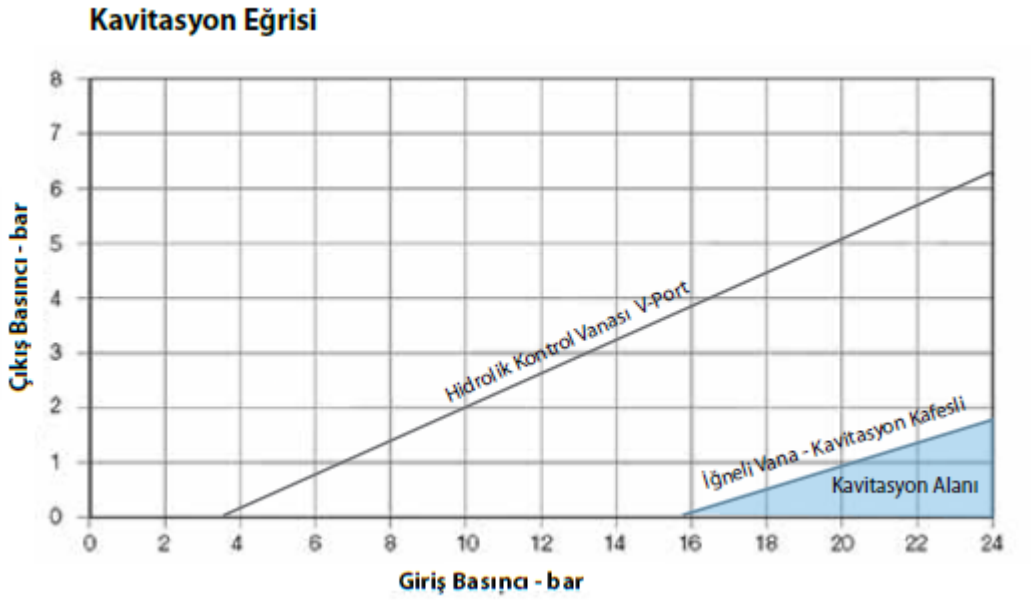
5.4. Sayısal Analiz Sonuçlarının Doğrulanması

Sayısal yöntemler yardımıyla bulunan sonuçların doğruluğu birden fazla parametreye bağlıdır. Bilgisayara girilmiş olan verilerin veya model sınır şartlarının hatalı olması, yakınsama kriterinin hatalı olması oluşturulmuş olan sayısal ağın problemin fiziğine uygun olmaması, oluşturulmuş olan model tasarımın hatalı yapılması bunlardan bazılarıdır. Farklı çözümler veya farklı önlemler alınarak bulunmuş olan sonucun doğru olduğunda emin olmaya çalışıyorsa da, bulunmuş olan sayısal sonuçları pratikteki bulunmuş olan deneysel sonuçlar ile karşılaştırmak gerekmektedir.

Deneysel ve sayısal sonuçların belirli toleranslar içerisinde örtüşmesi durumunda elde edilmiş olan verilerin doğruluğu ancak o zaman kabul edilir. Deneysel sonuçlara, sayısal sonuçları doğrulamak için sürekli ihtiyaç duyulur. Önemli olan ve

belirtilmesi arz gereken diğer bir konuysa, bulunmuş olan deneysel sonuçların doğruluğundan emin olunmasının gerekliliğidir.

Yapılan bu çalışmada deneysel sonuç olarak Doğuş Vana tarafından imalatı yapılmış olan plunger vanalara ait kavitasyon eğrisi kabul edilmiş olup, doğrulama için 4 numaralı modelde bu eğriden yararlanılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Doğuş vana kataloğu,2016 Plunger vana deneysel kavitasyon eğrisi

5.5. Plunger Vana İçerisindeki Akışın Modellenmesi

Modelleme Ansys CFX programında **geometry** menüsünde yapılmıştır. CFX programı içinde sadece 3 boyutlu modellerle çalıştığı için model geometry alanında başlangıçta 2 boyutlu olarak çizilmiştir. Daha sonra 2 boyutlu çizim revolve edilerek 3 boyutlu hale getirilmiştir. Model dış çapı ve genişliği DN600 standart ölçülerinde, iç kısmındaki çekirdek ve çıkış delikleri de yapılan bu çalışmada tasarlanmaya çalışılmıştır. Klapenin hareket doğrultusu x ekseninde ileri geri hareket ederek açılma ve kapanma durumudur. Bu hareketin modellenmesi klape genişliğinin artırılıp azaltılması ile yapılmıştır.

Klape konumu 1 için klape genişliği (L35): 80 mm (Şekil 5.2.b**)**

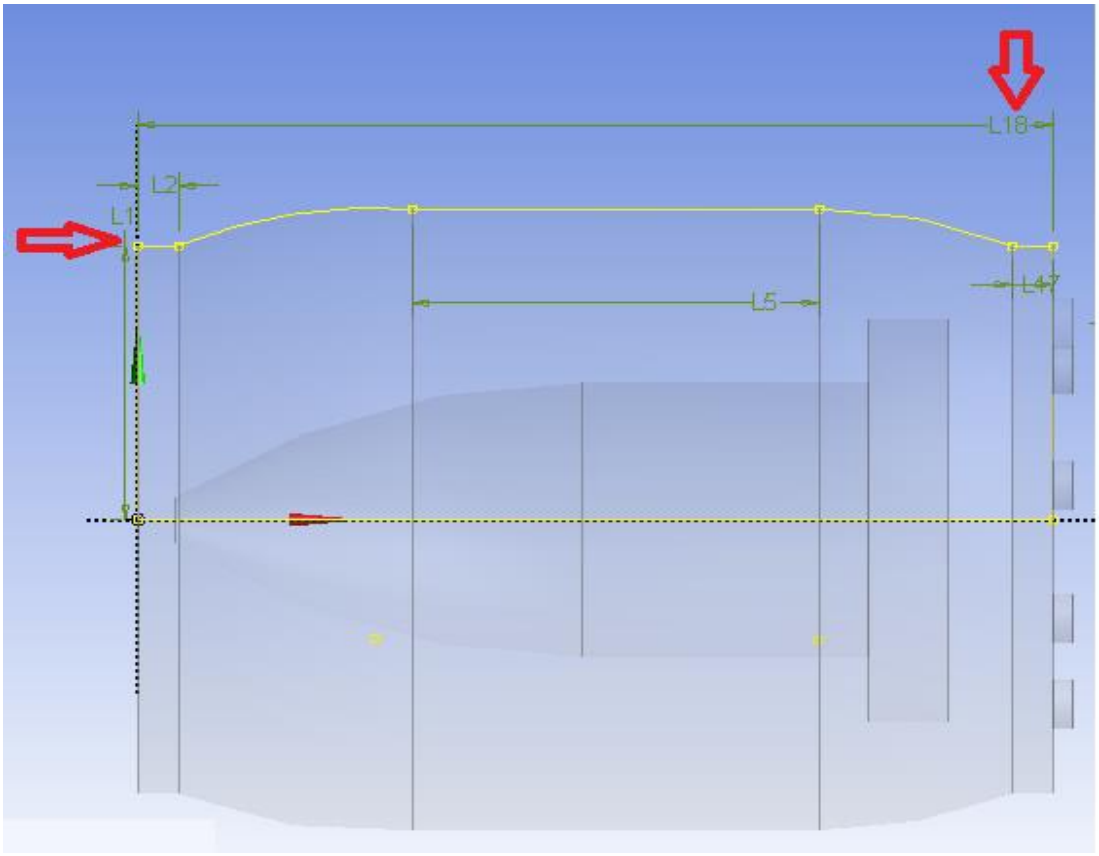
Model ölçüleri

Boyutlar: DN 600 (Şekil 3.13)

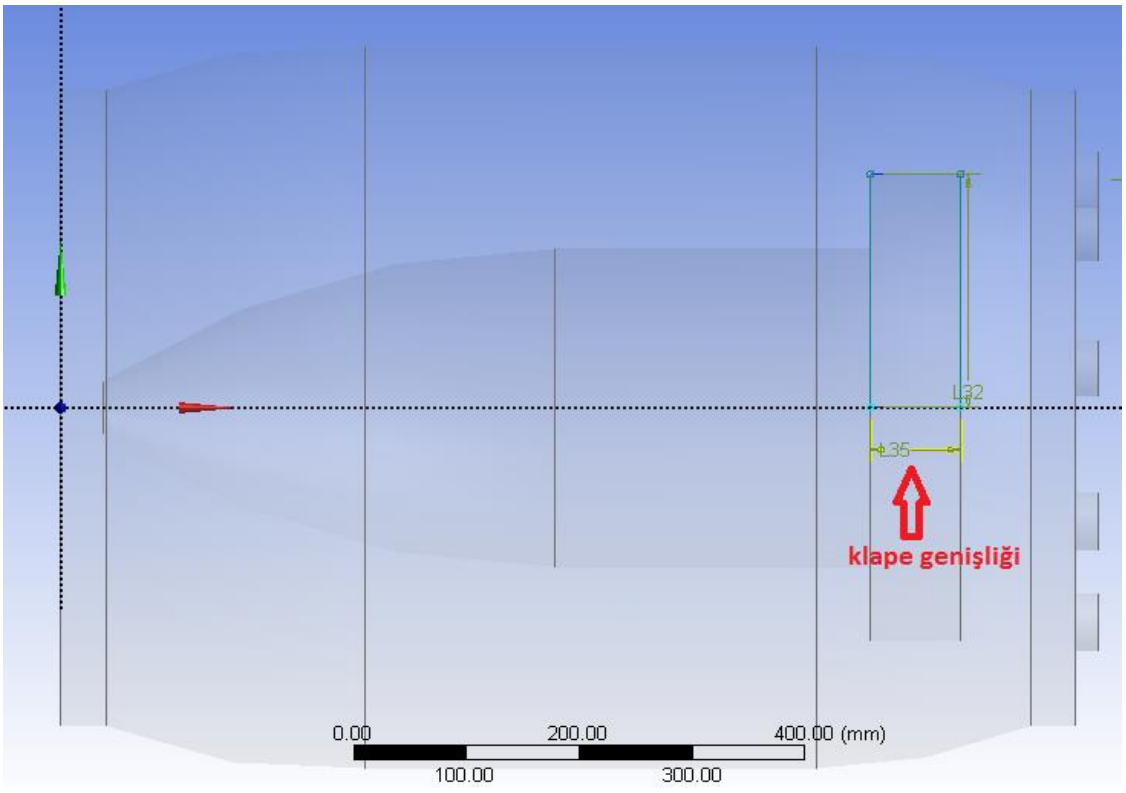
Yarı çap (L1) : 300 mm (Şekil 5.2.a)

Genişlik (L18) : 900 mm (Şekil 5.2.a)

Klape çapı (L32) : 220 mm (Şekil 5.2.b)

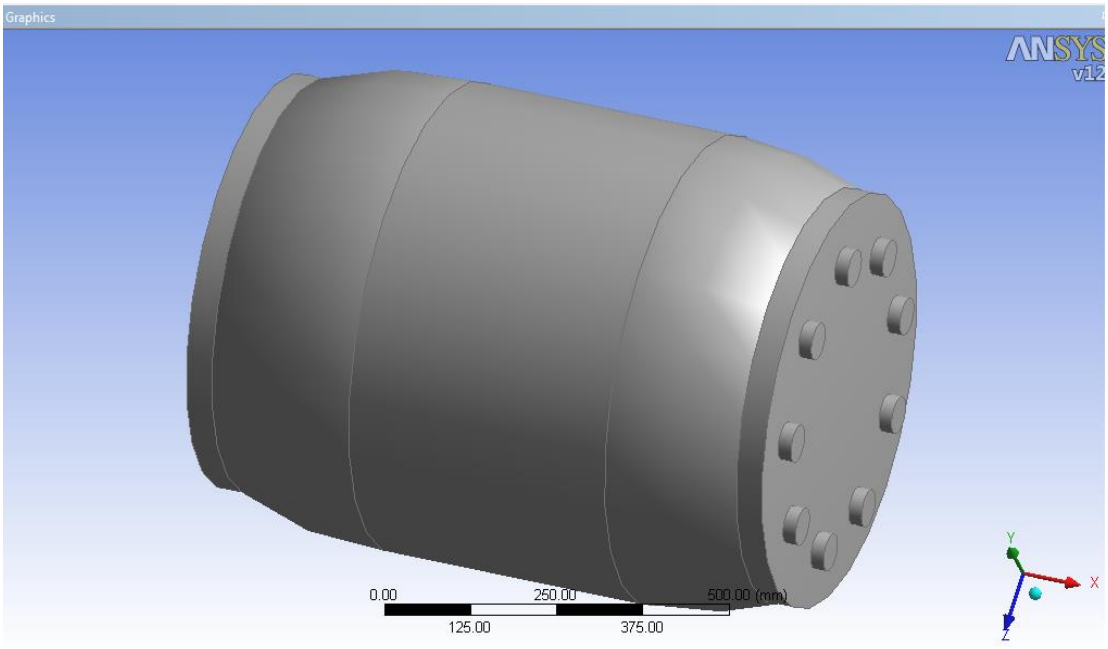


a

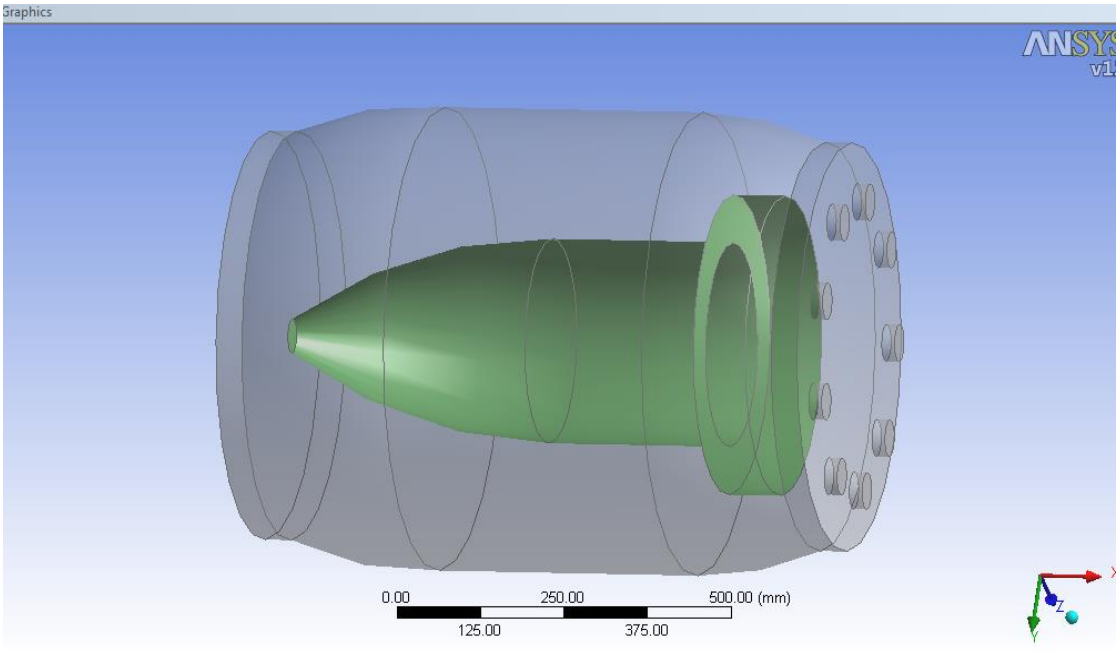


b

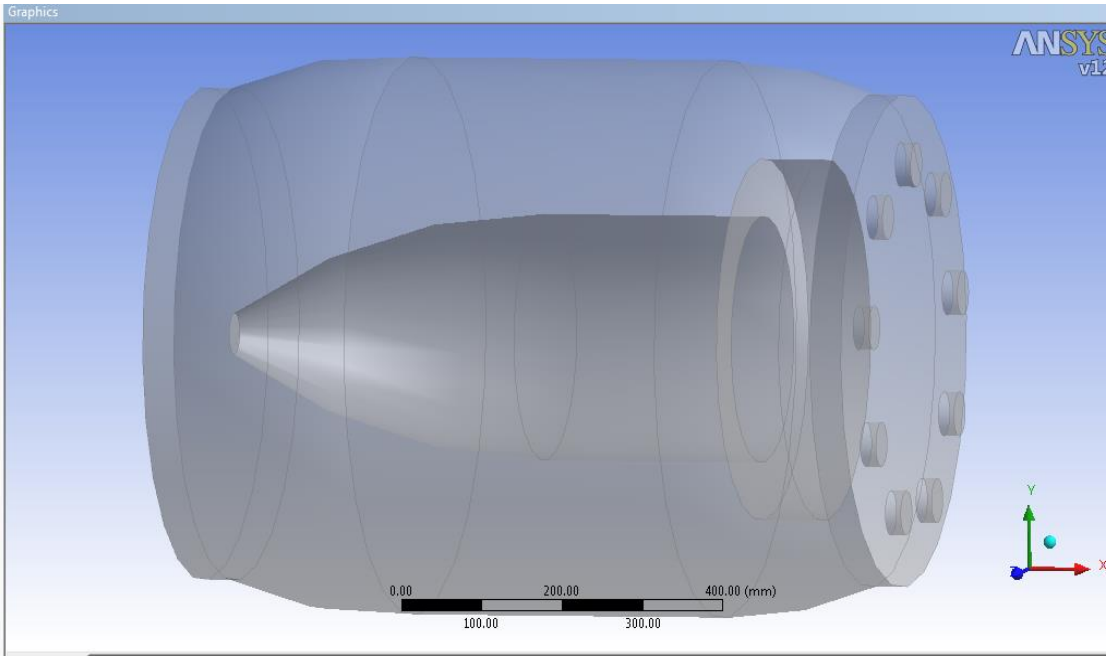
Şekil 5.2 a) Plunger vana genel ölçüleri Vana Yarıçapı (L1) = 300 mm Vana Genişliği (L18) = 900 mm
b) Klape konum 1 için Klape Genişliği (L35) = 80 mm



Şekil 5.3 Klape konumu 1 üç boyutlu resim



a)



b)

Şekil 5.4 Klape konumu 1 üç boyutlu resim iç çekirdek ve klape (**a, b**)

5.6. Plunger Vananın Sonlu Hacimlere Ayrılması

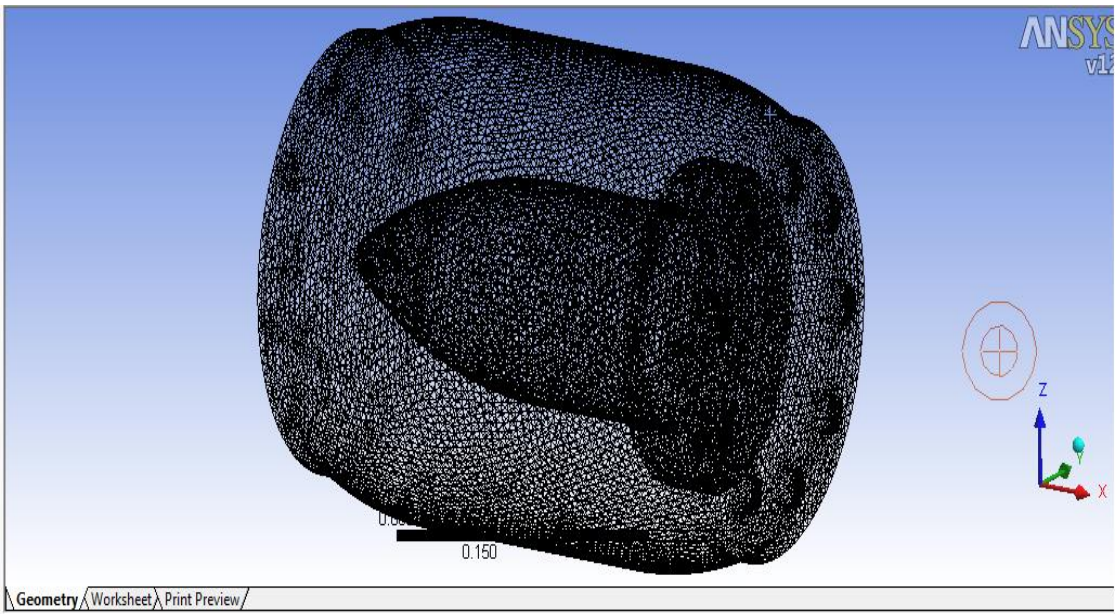
Ansys CFX workbench'de model oluşturulduktan sonra elemanlara ayrılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elemanlara ayrılma işlemi için mesh menüsü kullanılmıştır. Optimum değerlerin tespiti için model 4' te üç farklı mesh değeri için aynı koordinatlarda ki hız değerlerine bakılmış ve tablo 5.1 oluşturulmuştur. Tablo 5.1'de görüldüğü üzere hız değişimleri maksimum % 2.4 olmuştur. Bu sebepten dolayı belirtilen mesh sayıları içerisinde kalacak şekilde mesh sayıları belirlenmiştir.

Tablo 5.1 Model 4 için (0.91, -0.12, 0.19) koordinatlarında seçilen üç adet mesh sayısı ve hızları

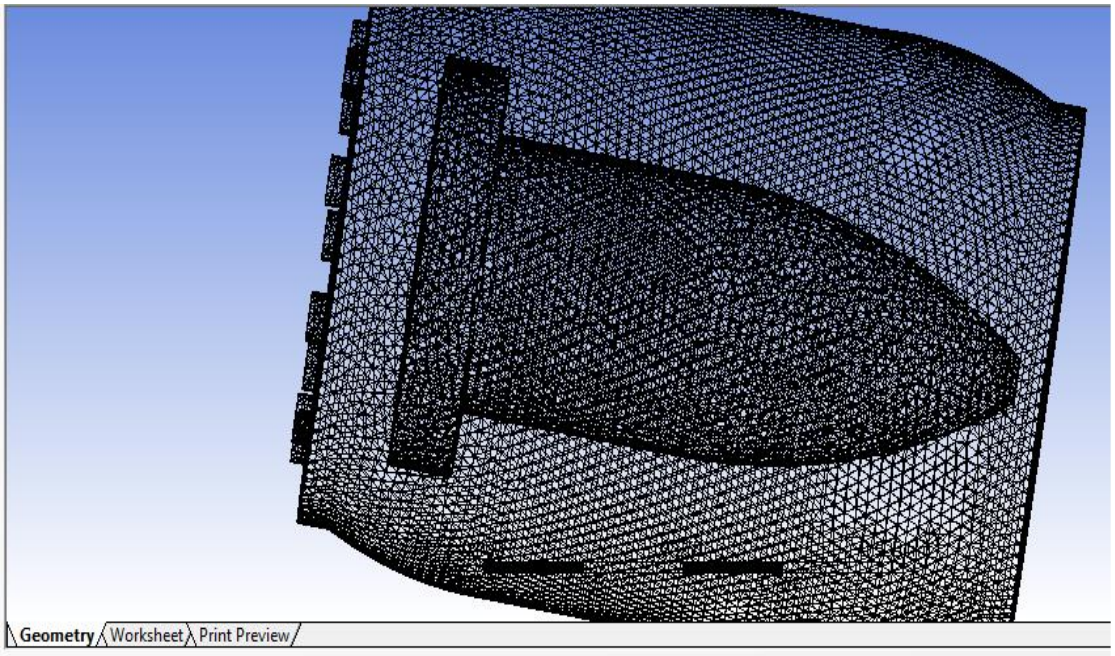
Sıra	Mesh sayısı	Hız (m/s)
1	315685	46.884
2	380713	47.289
3	461822	48.053

$$\text{Maksimum değişim oranı} = \frac{48.053 - 46.884}{48.053} \times 100 = \%2.4$$

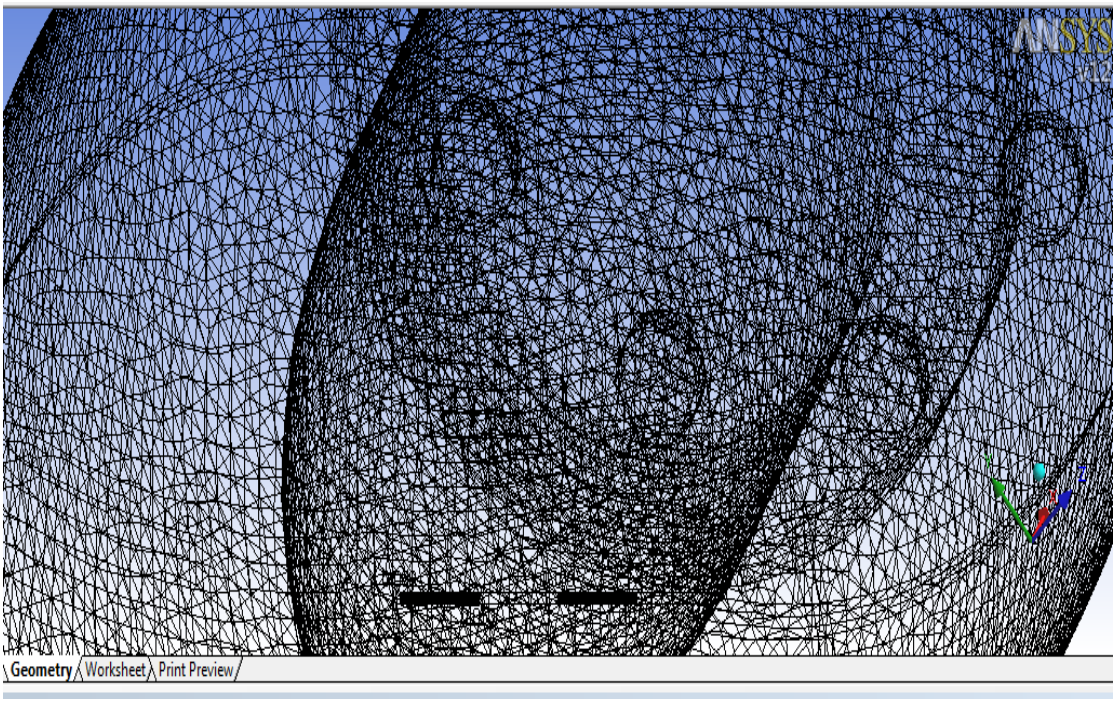
Klape konumu 1 için mesh sayısı 396500 adettir.



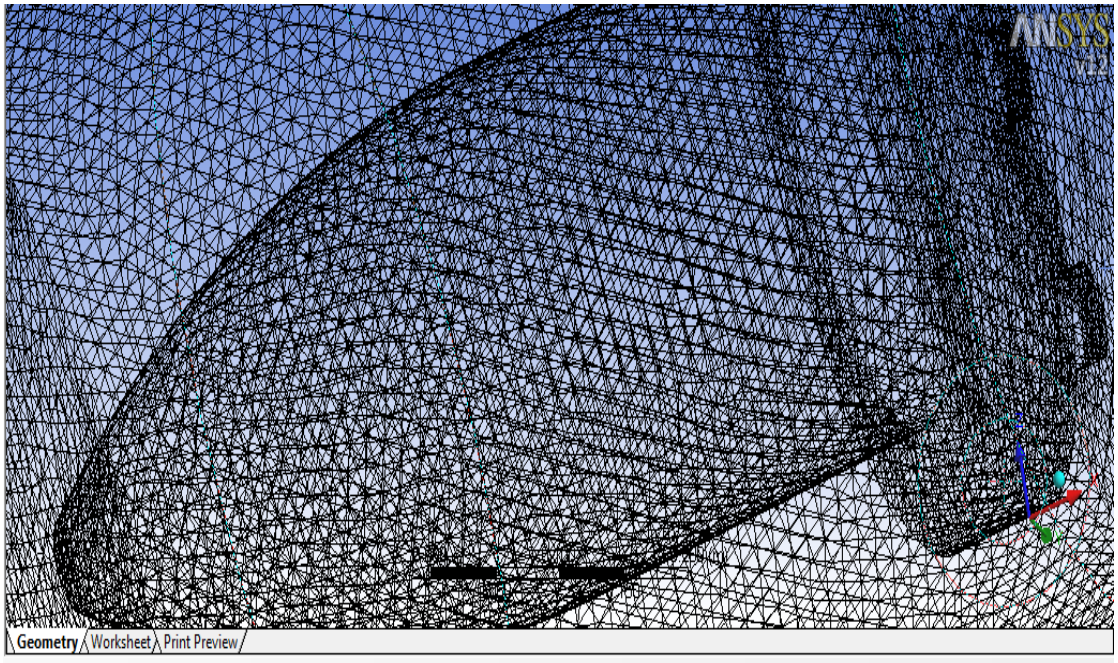
Şekil 5.5 Klape konumu 1 için gösterim (mesh sayısı 396500)



a)



b)



c)

Şekil 5.6 Klape konumu 1 için mesh görünüm resimleri (**a, b, c**)

5.7. Modelin Sınır Şartlarının ve Malzeme Özelliklerinin Girilmesi

Elemanlara ayrılan model için Ansys CFX **setup** menüsünde akış için sınır şartları girilmiştir. Sınır şartları klape konumu 1 için (Şekil 5.7 a, b, c, d,):

Akışkan: Su

Ortalama akışkan sıcaklığı: 25 ^{o}C

Yoğunluk: 997.1 kg/m^3

Kütlesel debi: 800 kg/s

Debi = (800 / 997.1) = 0.8023 m^3/s

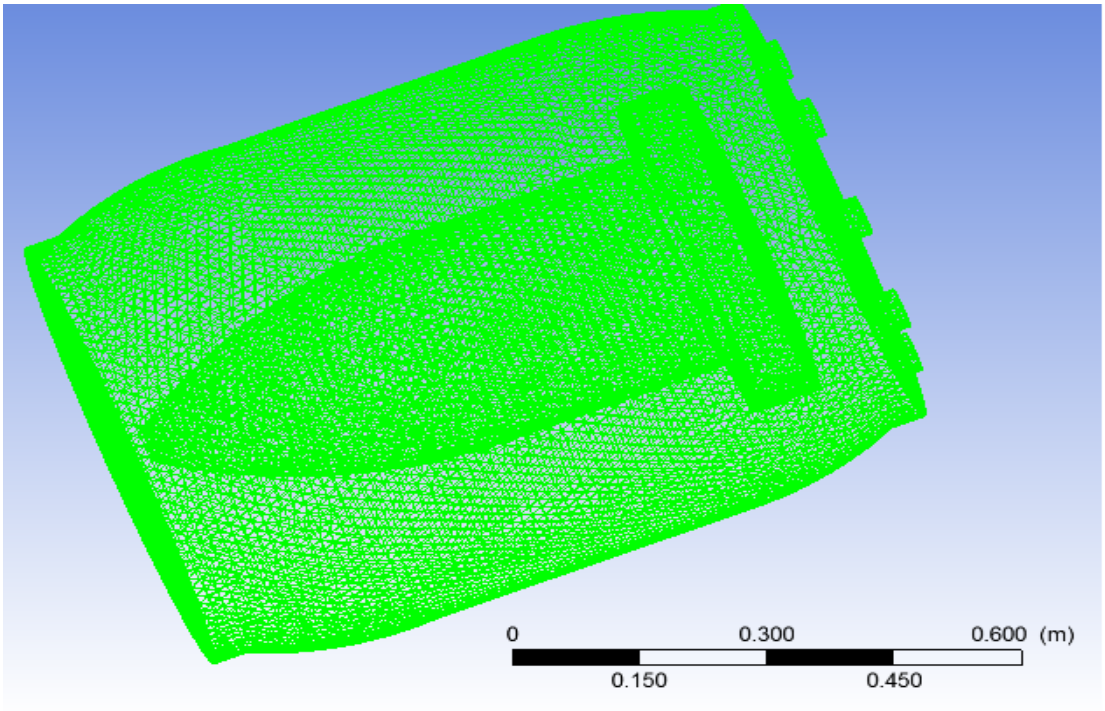
Alan = ((0.6x06)/4)x3,14 = 0.2827 m^2

Girişteki hız = 0.8023/0.2827 = 2.8380 m/s

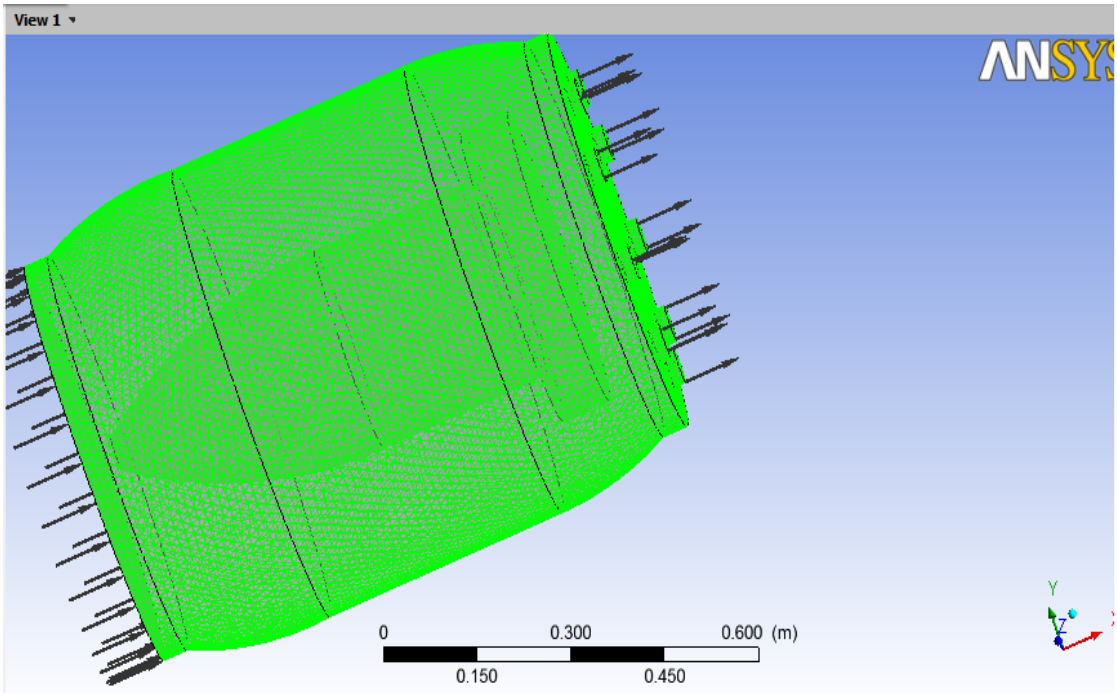
Giriş Basıncı: 16 bar

Çıkış basıncı: 8 bar

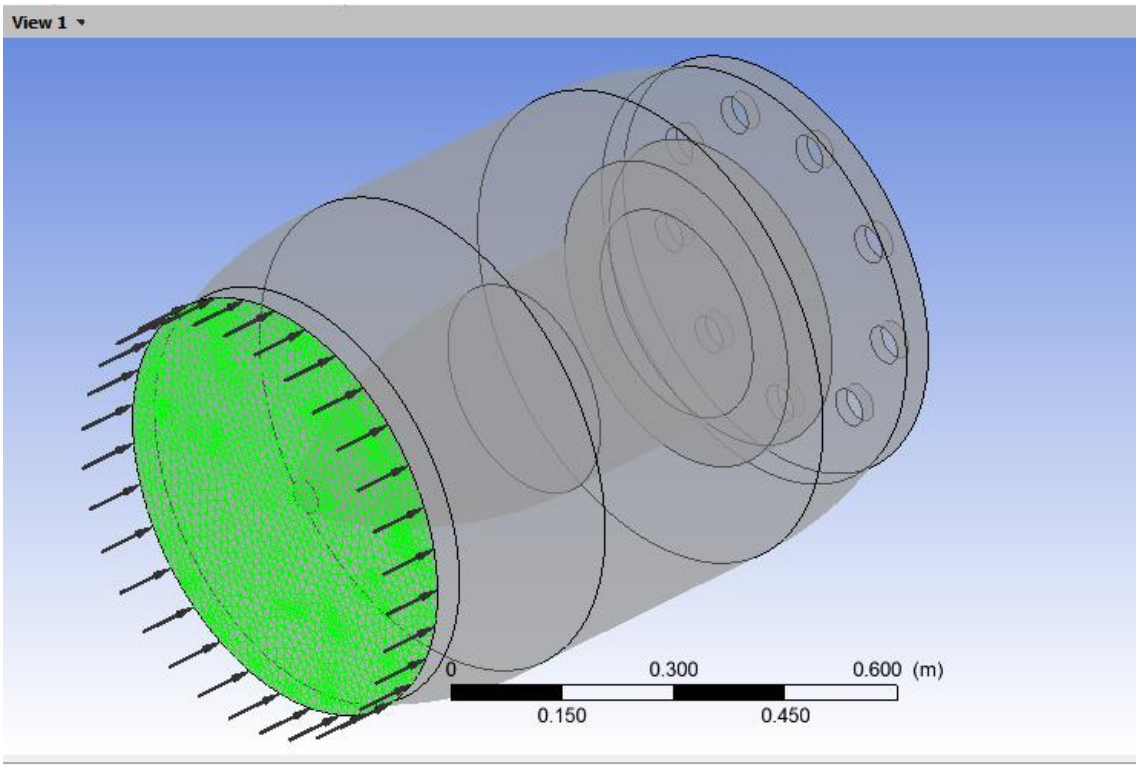
Girilen sınır değeri olan kütlesel debi değeri, su iletim hatlarında DSİ İçme Suları ve Atıksu seminerinde eğitim notlarında da belirtilen hızın maksimum 3 m/s olması gerekliliğinden 800 kg/s olarak verilmiştir.



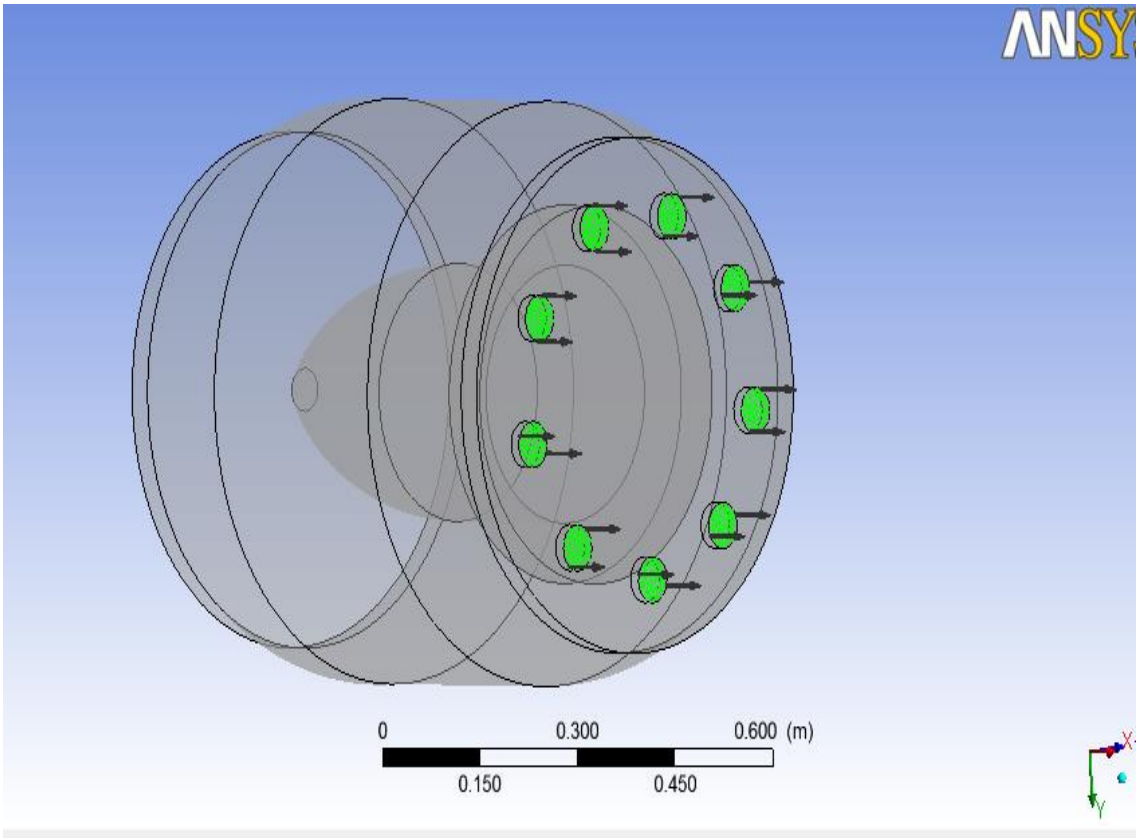
a


View 1
ANSYS
0
0.300
0.600 (m)
0.150
0.450
Y
Z

b


View 1
0
0.300
0.600 (m)
0.150
0.450

c



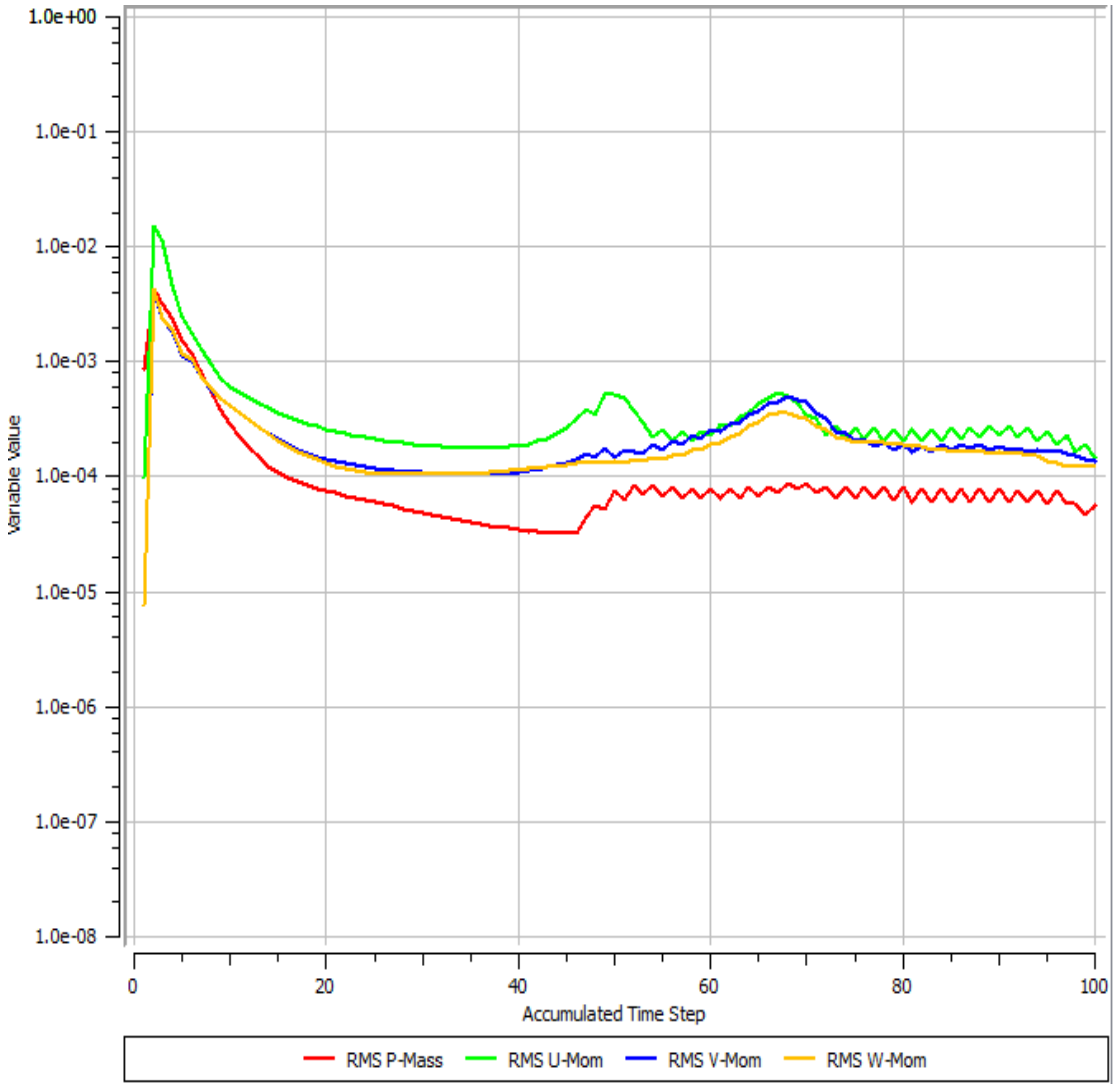
d

Şekil 5.7 Klape konumu 1 için modelin sınır şartlarının girilmesi **(a, b, c, d,)**

5.8. Programın Çalıştırılması ve Çözüm İşlemi

Bu aşamada elemanlara ayrılma işlemi tamamlanmış olan model, sınır şartları ve malzemeye ait özellikleri tanımlandıktan sonra çözümünün yapılabilmesi üzere CFX solver bölümüne alınır. Çözüm işlemi için iterasyon sayısı 100, yakınsama kriteri (RMS değeri) $1x10^{-4}$ (Şekil 5.8) girilmiştir.

Tablo 5.2'de yakınsama değerleri görülmektedir. Tablo 5.3'te ise 100. iterasyonda değişkenlerin en düşük ve en yüksek değerleri görülmektedir.



Şekil 5.8 Klape konumu 1 için iterasyon sayısına göre yakınsama eğrileri

Tablo 5.2 Klape konumu 1' de çözüm için yakınsama değeri (100. İterasyon)

```
================================================================================
OUTER LOOP ITERATION =  100                      CPU SECONDS = 1.069E+03
--------------------------------------------------------------------------------
|       Equation       | Rate | RMS Res | Max Res |  Linear Solution |
+----------------------+------+---------+---------+------------------+
| U-Mom                | 0.77 | 1.4E-04 | 1.4E-02 |       9.8E-03  OK|
| V-Mom                | 0.96 | 1.4E-04 | 9.0E-03 |       1.3E-02  OK|
| W-Mom                | 1.03 | 1.2E-04 | 5.9E-03 |       1.4E-02  OK|
| P-Mass               | 1.22 | 5.7E-05 | 1.3E-02 |  8.5 2.7E-02  OK|
+----------------------+------+---------+---------+------------------+
+--------------------------------------------------------------------------+
|                      ****** Notice ******                                |
|  A wall has been placed at portion(s) of an OUTLET                       |
|  boundary condition (at   0.2% of the faces,   0.1% of the area)         |
|  to prevent fluid from flowing into the domain.                          |
|  The boundary condition name is: outlet.                                 |
|  The fluid name is: Fluid 1.                                             |
|  If this situation persists, consider switching                          |
|  to an Opening type boundary condition instead.                          |
+--------------------------------------------------------------------------+
| K-TurbKE             | 0.90 | 3.4E-04 | 3.2E-02 |  5.4 3.2E-03  OK|
| E-Diss.K             | 0.88 | 1.2E-04 | 7.8E-03 |  8.5 1.4E-04  OK|
+----------------------+------+---------+---------+------------------+
```

Tablo 5.3 Klape konumu 1 için minimum ve maksimum değişken değerleri (100. iterasyon) **)**

```
+--------------------------------------------------------------------+
|                    Variable Range Information                      |
+--------------------------------------------------------------------+

Domain Name : Domain 1
+--------------------------------------------------------------------+
|      Variable Name                          |    min    |    max   |
+--------------------------------------------------------------------+
| Density                                     |  9.97E+02 |  9.97E+02 |
| Specific Heat Capacity at Constant Pressure|  4.18E+03 |  4.18E+03 |
| Dynamic Viscosity                           |  8.90E-04 |  8.90E-04 |
| Thermal Conductivity                        |  6.07E-01 |  6.07E-01 |
| Static Entropy                              |  0.00E+00 |  0.00E+00 |
| Velocity u                                  | -1.66E+01 |  5.37E+01 |
| Velocity v                                  | -2.79E+01 |  2.80E+01 |
| Velocity w                                  | -2.87E+01 |  3.14E+01 |
| Pressure                                    | -4.23E+05 |  2.11E+06 |
| Turbulence Kinetic Energy                   |  5.71E-04 |  3.93E+00 |
| Turbulence Eddy Dissipation                 |  7.04E-03 |  6.93E+03 |
| Eddy Viscosity                              |  2.72E-03 |  7.21E-01 |
| Temperature                                 |  2.98E+02 |  2.98E+02 |
+--------------------------------------------------------------------+
```

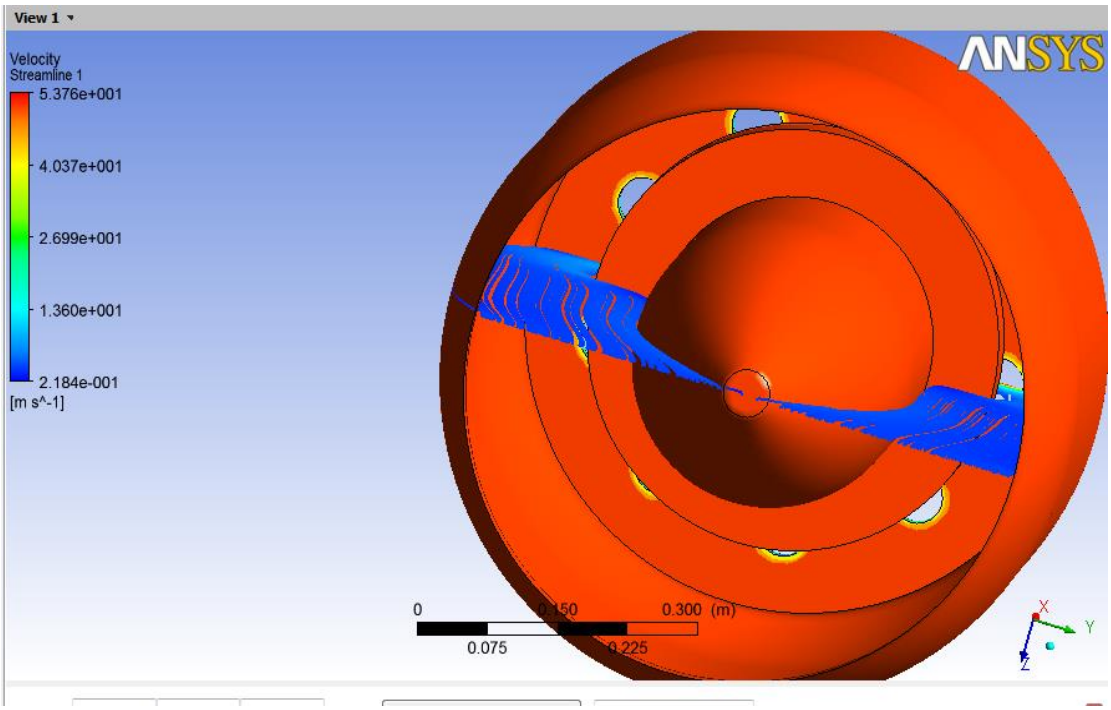
5.9. Sonuçların Elde Edilmesi

Sayısal çözümü yaptırılan model daha sonra Ansys CFX **results** bölümüne alınır. Bu bölümde akışkanın hız vektörleri, akım çizgileri, art izi bölgesi, ısı transferi, ısı akısı, basınç değişimi, sıcaklık değişimi gibi değerler elde edilir. Bu çalışmada elde edilen bazı sonuçlar excel programına aktarılarak x ekseni boyunca farklı mesafelerdeki hız değerleri ve grafikleri elde edilmiştir.

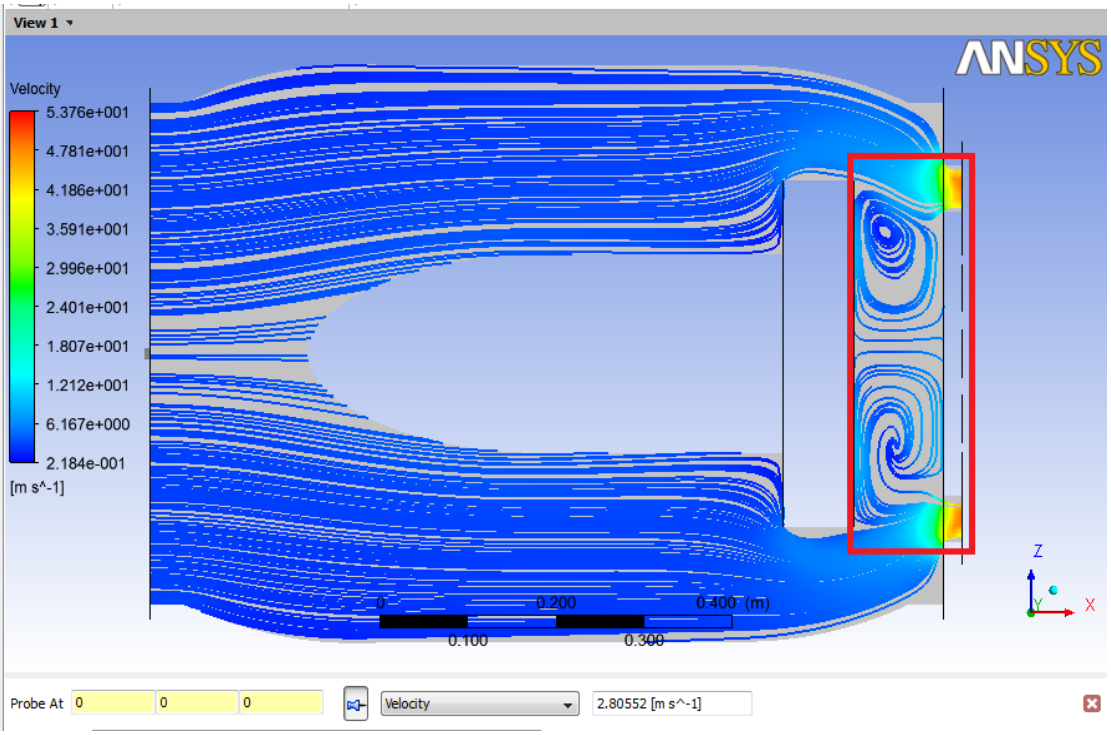
Çalışmada tasarlanan modelde 3 farklı klape dururumu ve klape konum 3 te farklı giriş ve çıkış basınç değerleri verilmiş ve bu durumlar için incelemeler yapılmıştır.

6. SAYISAL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

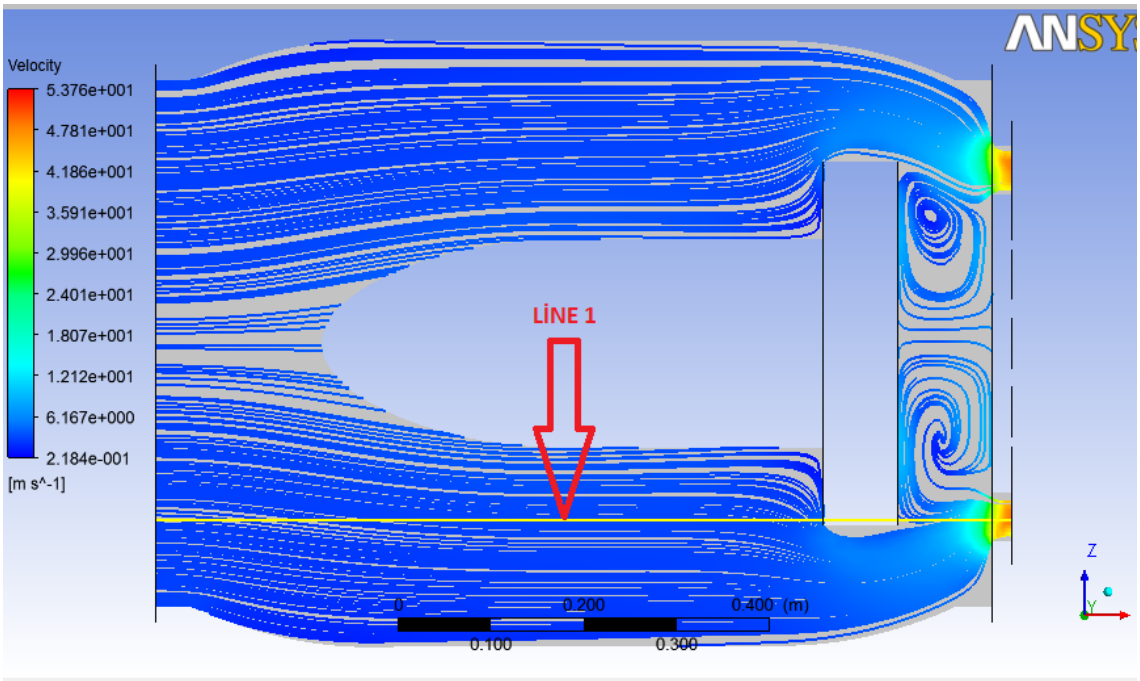
6.1. Model 1: Klape Konumu 1 İçin Sonuçlar



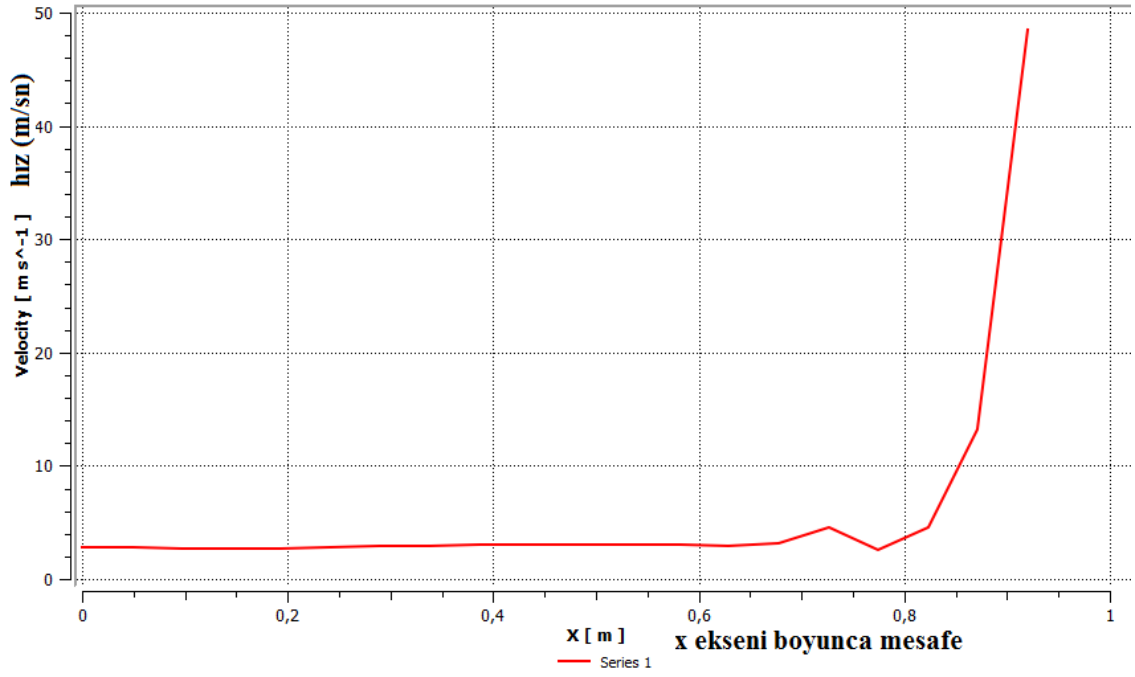
Şekil 6.1 Klape konumu 1 için xy yüzeyi boyunca streamline (akış) gösterimi



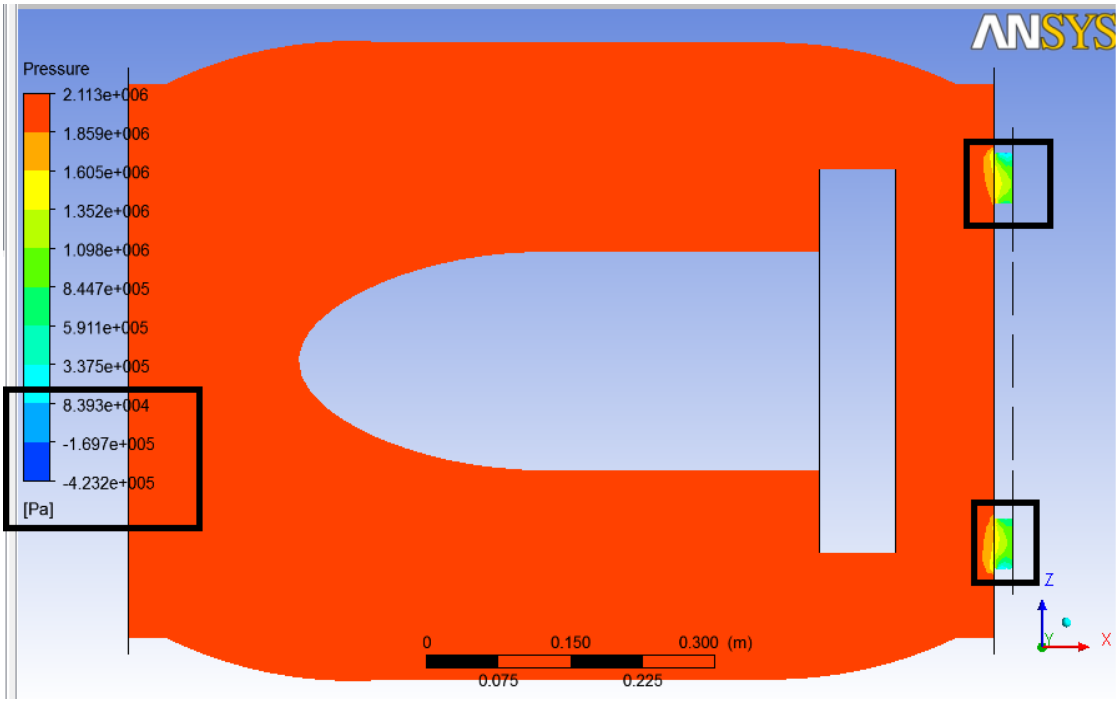
Şekil 6.2 Klape konumu 1 için xz yüzeyi boyunca akım çizgileri



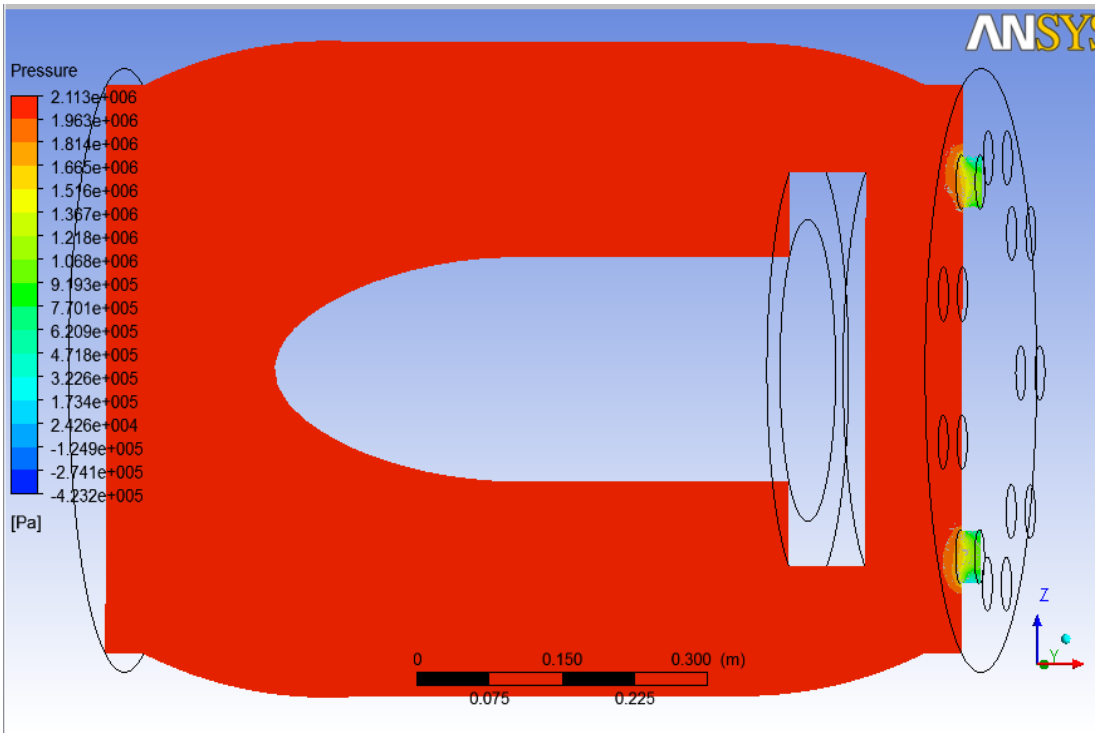
Şekil 6.3 Klape konumu 1 için line 1 oluşturulması



Şekil 6.4 Klape konumu 1 için line 1 boyunca hız dağılımı



a)



b)

Şekil 6.5 a,b Klape konumu 1 için xz yüzeyi boyunca basınç dağılımı

Tablo 6.1 Klape konum 1 için x ekseni boyunca belirle mesafelerdeki hız değerleri

Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)	Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)
1	0.00	2.84	11	484.21	3.06
2	48.42	2.80	12	532.63	3.05
3	96.84	2.74	13	581.05	3.02
4	145.26	2.69	14	629.47	2.98
5	193.68	2.72	15	677.90	3.17
6	242.11	2.79	16	726.32	4.54
7	290.53	2.88	17	774.74	2.52
8	338.95	2.97	18	823.16	4.60
9	387.37	3.02	19	871.58	13.18
10	435.79	3.05	20	920.00	48.45

Tablo 6.2 Klape konumu 1 için maksimum ve minimum basınç değerleri

Maksimum Basınç	Minimum Basınç
21.11 bar	**-4.23 bar**

Tablo 6.3 Suyun farklı sıcaklıklarda fiziksel özellikleri (Şen, M., 2006)

T (°C)	ρ (kg/m³)	Pb (bar)
20	998.3	0.02337
25	997.1	0.03166
30	995.7	0.04242
40	992.3	0.07375
50	988.0	0.12334

t: sıcaklık
ρ: yoğunluk
Pb: mutlak buharlaşma basıncı

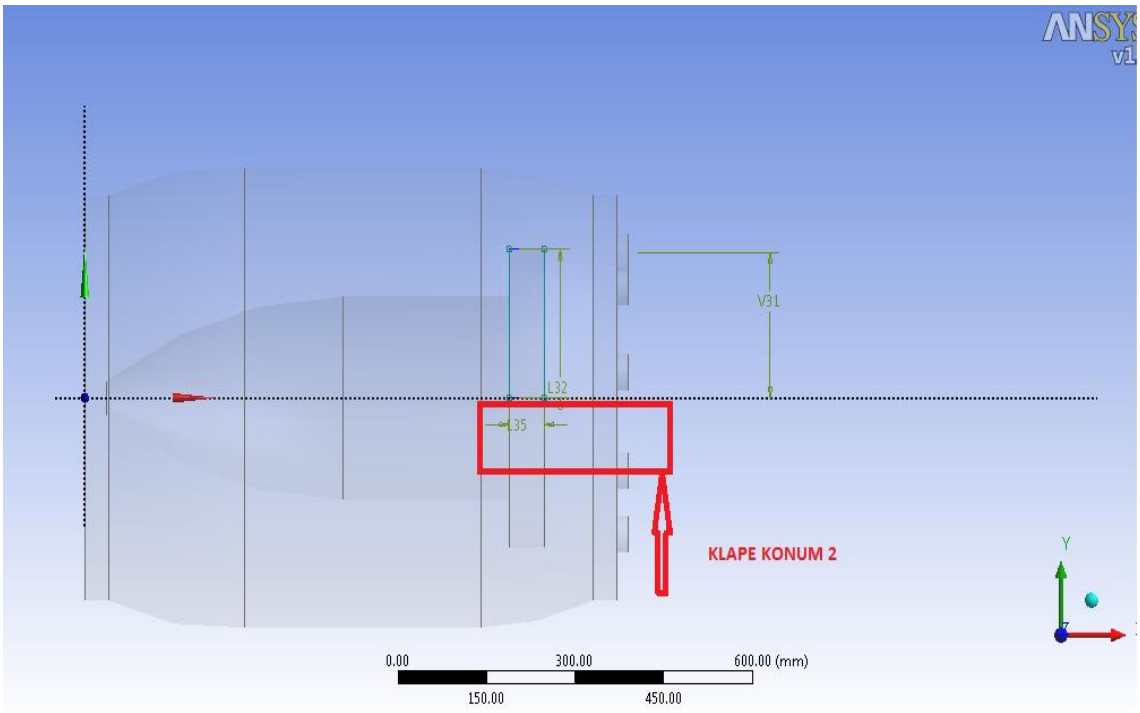
Plunger vana içerisinden geçen akışın modellenmesi sonucunda klape konumu 1 giriş basıncı 16 bar çıkış basıncı 8 bar için elde edilen hız basınç dağılımları yukarıdaki şekillerde gösterilmiştir. Şekil 6.4 ve Tablo 6.1'de görüldüğü gibi akış hızı değişiminin, vana içerisinde x ekseni boyunca **823.16** mm'ye (823.16 mm dahil) kadar minimum

0.03 m/s, maksimum **1.91** m/s olduğu görülmektedir. Bu mesafeden sonra hız değişimi hızlı bir şekilde artış göstermiştir.

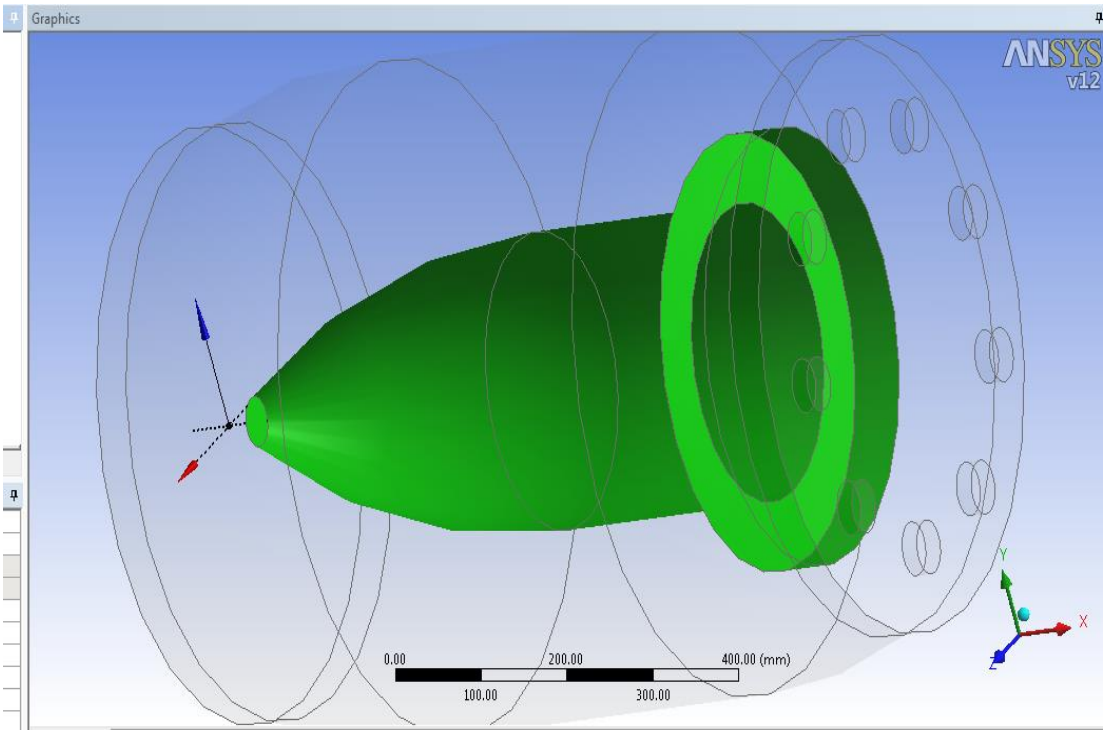
Bunun neticesinde basınç değerinin suyun buharlaşma basıncının altına düştüğü bölgeler oluşmuş ve bu bölgelerde kavitasyon oluşumu gözlemlenmiştir. Klape konum 1 için bakıldığına basınç değişiminin vana girişinden çıkış deliklerine kadar yok denecek kadar az olduğu fakat çıkış deliklerine yakın bölgelerden çıkışa kadar değişimin maksimuma ulaştığı görülmektedir (Şekil 6.5).

6.2. Model 2: Klape Konumu 2 İçin Sonuçlar

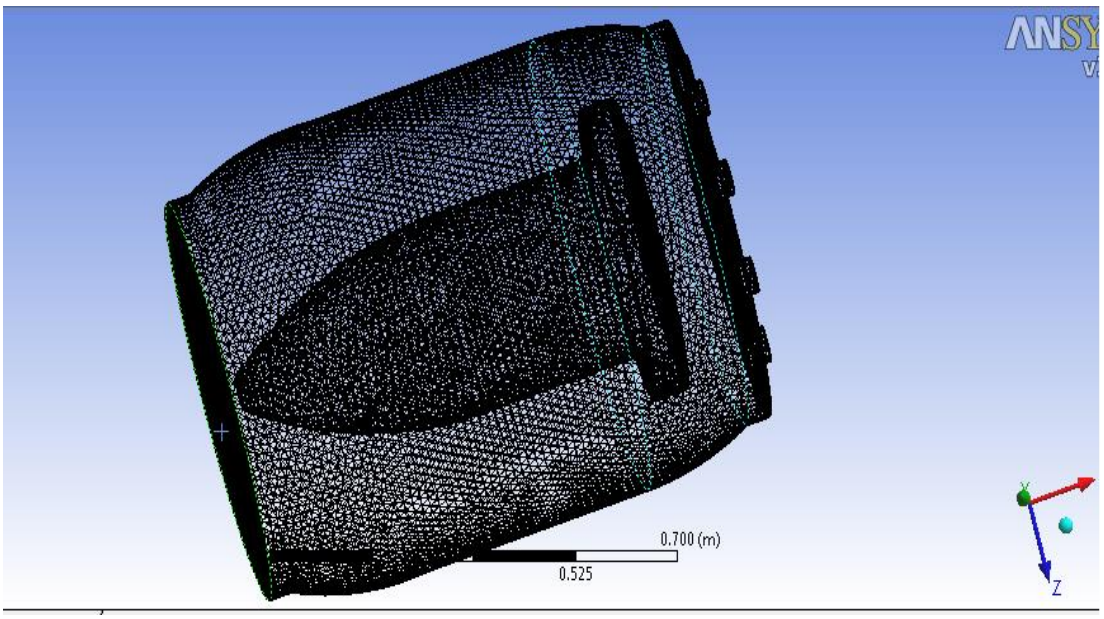
Klape konumu 2 için klape genişliği (L35) 60 mm olarak girilmiş diğer bir deyişle vana klapesi açık konuma doğru simüle edilmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.6 Klape konumu 2 tasarımı (Klape genişliği (L35) = 60 mm)



Şekil 6.7 3d Klape konumu 2



Şekil 6.8 Klape konumu 2 gösterimi (mesh sayısı 389556)

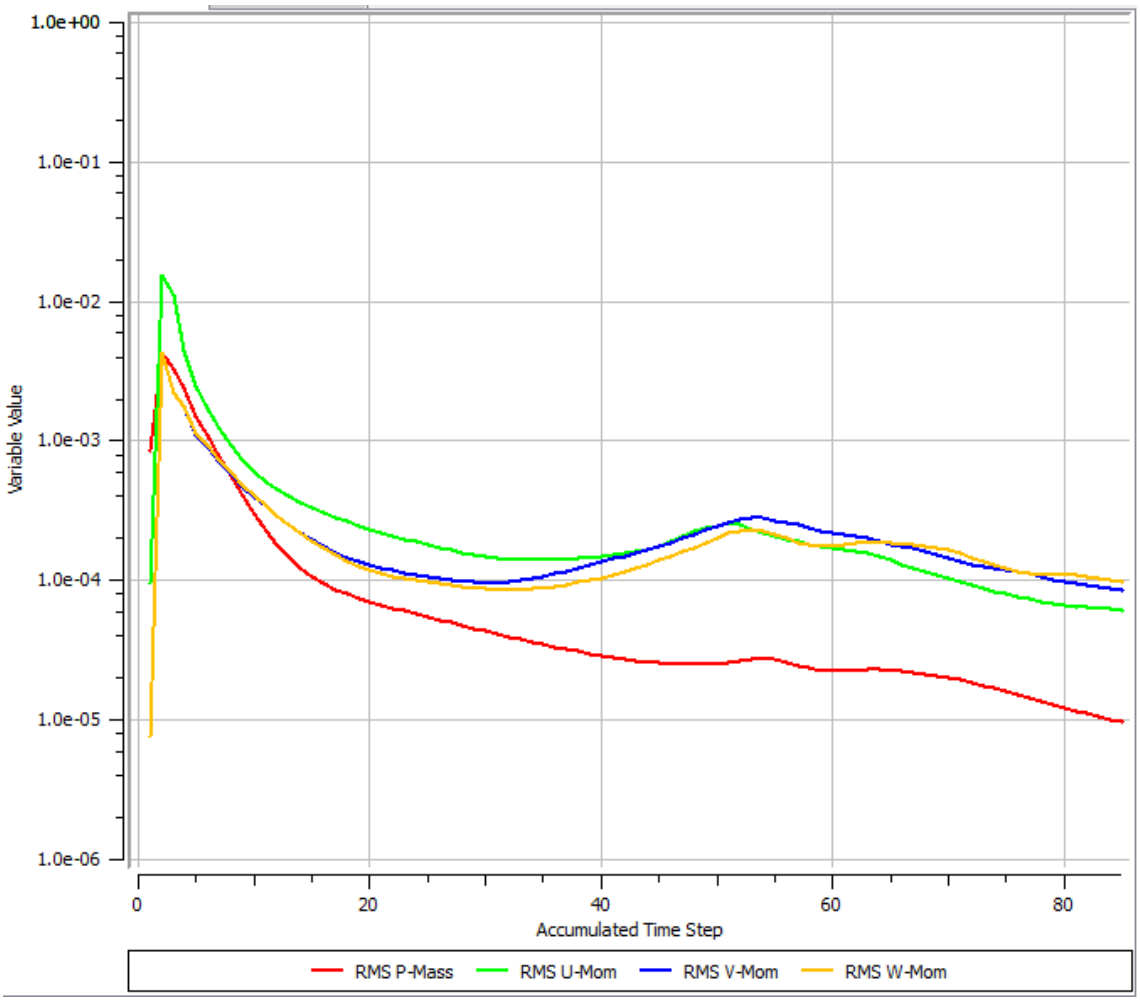
Tablo 6.4 Klape konumu 2' de çözüm için yakınsama değeri (85. iterasyon)

```
UTER LOOP ITERATION =   85                    CPU SECONDS = 4.234E+02
-------------------------------------------------------------------------
       Equation       | Rate | RMS Res | Max Res |  Linear Solution |
----------------------+------+---------+---------+------------------+
 U-Mom                | 0.98 | 6.1E-05 | 2.5E-03 |       1.1E-02  OK|
 V-Mom                | 0.97 | 8.5E-05 | 8.0E-03 |       1.3E-02  OK|
 W-Mom                | 0.96 | 9.8E-05 | 1.3E-02 |       1.3E-02  OK|
 P-Mass               | 0.96 | 9.6E-06 | 6.4E-04 |  8.5  4.1E-02  OK|
----------------------+------+---------+---------+------------------+
 K-TurbKE             | 0.95 | 1.5E-04 | 1.9E-02 |  5.4  4.9E-03  OK|
 E-Diss.K             | 1.01 | 7.3E-05 | 4.0E-03 |  8.5  2.0E-04  OK|
----------------------+------+---------+---------+------------------+
```

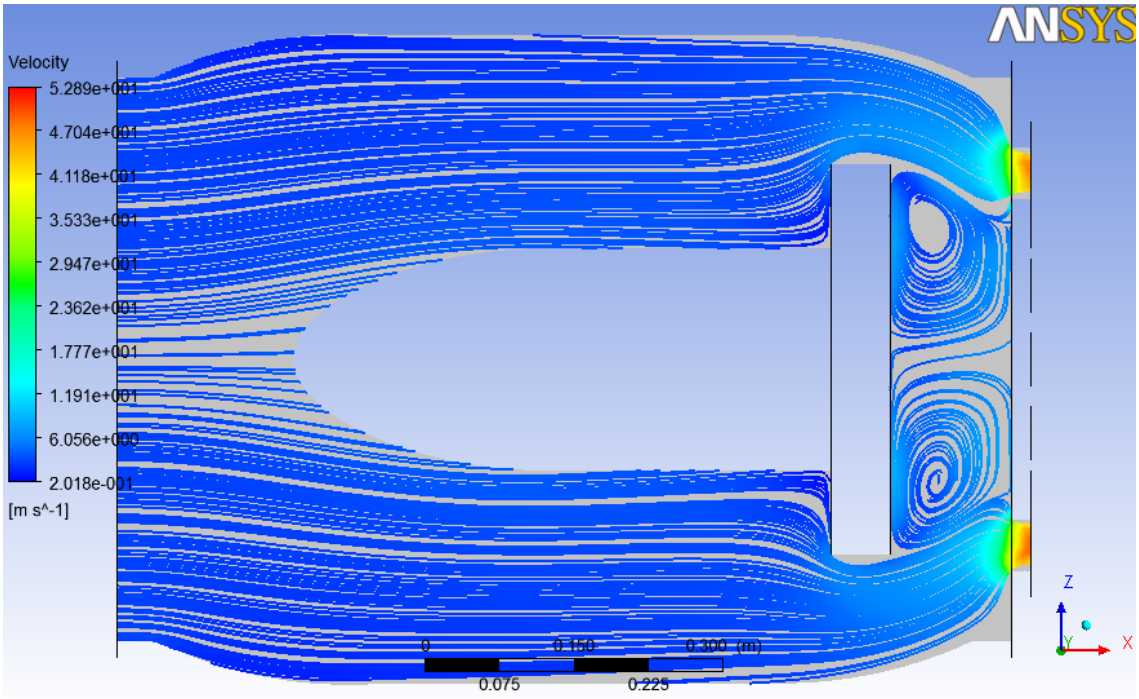
Tablo 6.5 Klape konumu 2 için minimum ve maksimum değişken değerleri (85. iterasyon)

```
+-------------------------------------------------------------------+

Domain Name : Domain 1
+-------------------------------------------------------------------+
|      Variable Name                          |    min    |    max    |
+-------------------------------------------------------------------+
| Density                                     |  9.97E+02 |  9.97E+02 |
| Specific Heat Capacity at Constant Pressure|  4.18E+03 |  4.18E+03 |
| Dynamic Viscosity                           |  8.90E-04 |  8.90E-04 |
| Thermal Conductivity                        |  6.07E-01 |  6.07E-01 |
| Static Entropy                              |  0.00E+00 |  0.00E+00 |
| Velocity u                                  | -4.60E+00 |  5.29E+01 |
| Velocity v                                  | -2.82E+01 |  2.73E+01 |
| Velocity w                                  | -2.85E+01 |  3.09E+01 |
| Pressure                                    | -3.97E+05 |  2.11E+06 |
| Turbulence Kinetic Energy                   |  5.44E-04 |  3.62E+00 |
| Turbulence Eddy Dissipation                 |  6.75E-03 |  6.03E+03 |
| Eddy Viscosity                              |  2.68E-03 |  7.76E-01 |
| Temperature                                 |  2.98E+02 |  2.98E+02 |
+-------------------------------------------------------------------+
```



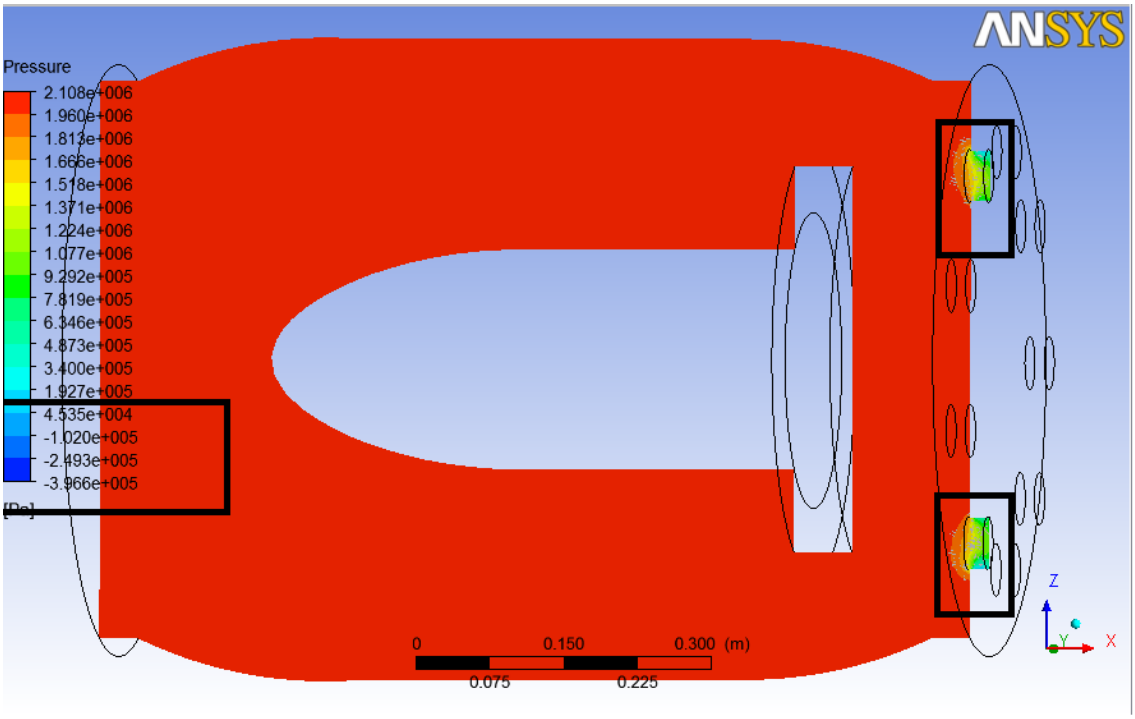
Şekil 6.9 Klape konumu 2 için iterasyon sayısına göre yakınsama eğrileri



Şekil 6.10 Klape konumu 2 için xz yüzeyi boyunca akım çizgileri



Şekil 6.11 Klape konumu 2 için line 1 boyunca hız dağılım grafiği



Şekil 6.12 Klape konumu 2 için xz yüzeyi boyunca basınç dağılımı

Tablo 6.6 Klape konum 2 için x ekseni boyunca belirle mesafelerdeki hız değerleri

Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)	Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)
1	0.00	2.84	11	484.21	3.11
2	48.42	2.80	12	532.63	3.13
3	96.84	2.73	13	581.05	3.12
4	145.26	2.70	14	629.47	3.11
5	193.68	2.73	15	677.90	3.35
6	242.11	2.80	16	726.32	5.08
7	290.53	2.90	17	774.74	2.93
8	338.95	2.99	18	823.16	6.90
9	387.37	3.06	19	871.58	13.35
10	435.79	3.09	20	920.00	48.63

Tablo 6.7 Klape konumu 2 için maksimum ve minimum basınç değerleri

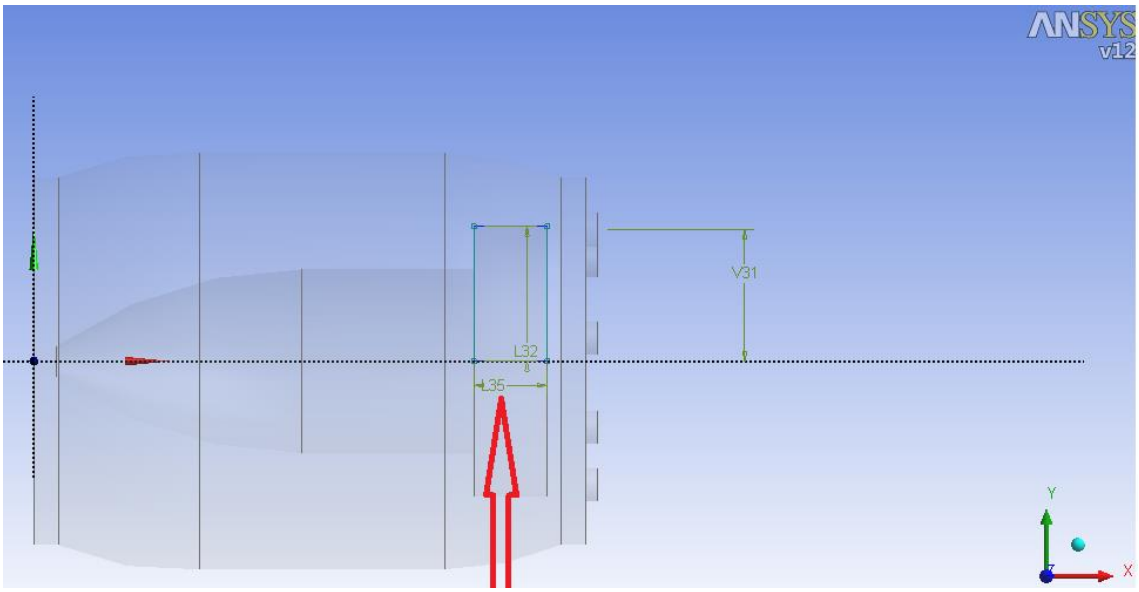
Maksimum Basınç	**Minimum Basınç**
21.08 bar	**-3.97 bar**

Giriş basıncı 16 bar çıkış basıncı 8 bar olan plunger vana klape konumu 2 için verilen Şekil 6.11 ve tablo 6.6' yı incelendiği zaman, modellemesi yapılan akışın sonuç kısmında elde edilen hız değişimlerinin klape konum 1 göre çok fazla değişmediği görülmüştür. Bununla beraber; Tablo 6.6 incelendiğinde hızın, çıkış deliklerine yakın olan 823.16 mm'den başlayarak artış miktarının fazlalaştığı ve çıkış delikleri ağız mesafesi olan 920 mm'de maksimum değere ulaştığı görülmüştür.

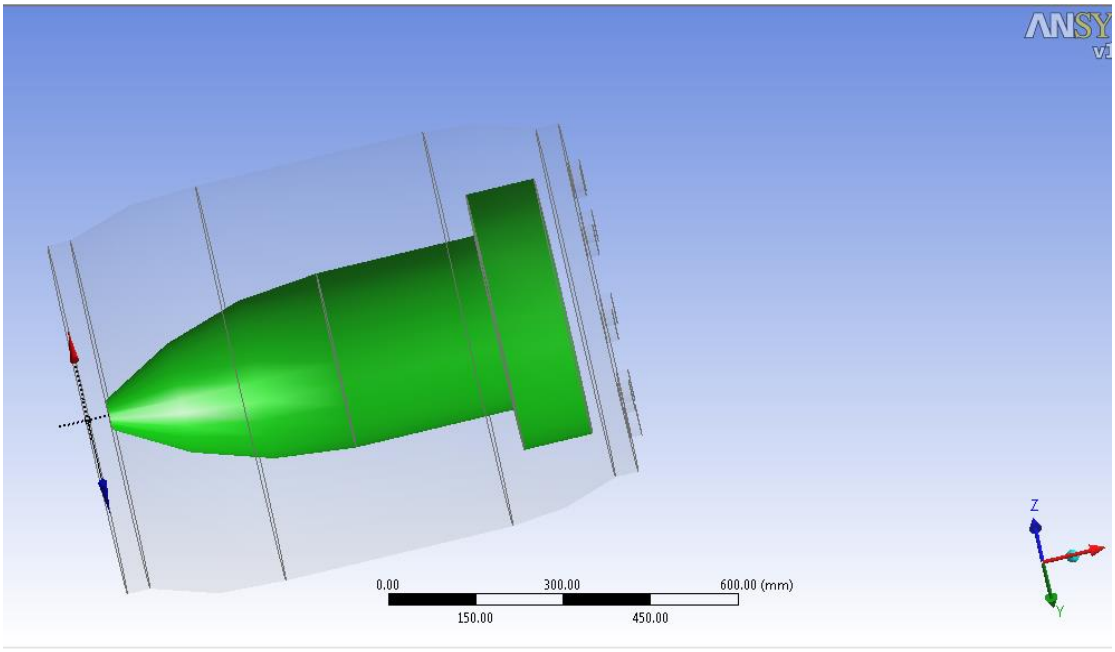
Klape konumu 2'de de basınç değerinin de suyun buharlaşma basıncının altına düştüğü bölgeler oluşmuştur (Şekil 6.12 ve Tablo 6.7). Bundan dolayı bu bölgelerde kavitasyonun oluştuğu gözlemlenmiştir.

6.3. Model 3: Klape Konumu 3 İçin Sonuçlar

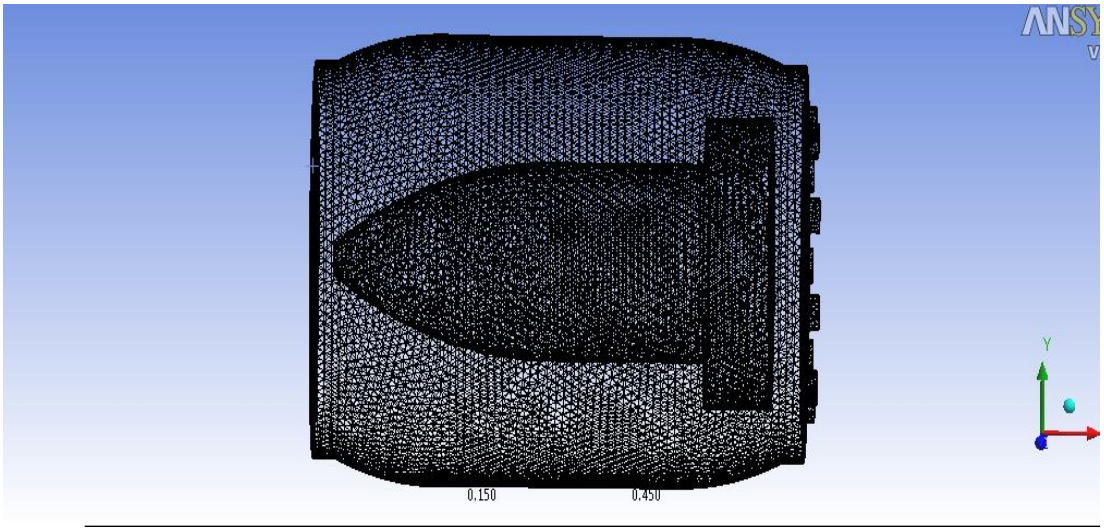
Klape konumu 3 için klape genişliği (L35) 120 mm olarak girilmiş diğer bir deyişle vana klapesi kapatma yönüne doğru simüle edilmiştir (Şekil.6.13).



Şekil 6.13 Klape konumu 3 tasarımı (Klape genişliği (L35) = 120 mm)



Şekil 6.14 3d Klape konumu 3



Şekil 6.15 Klape konumu 3 (mesh sayısı 380713)

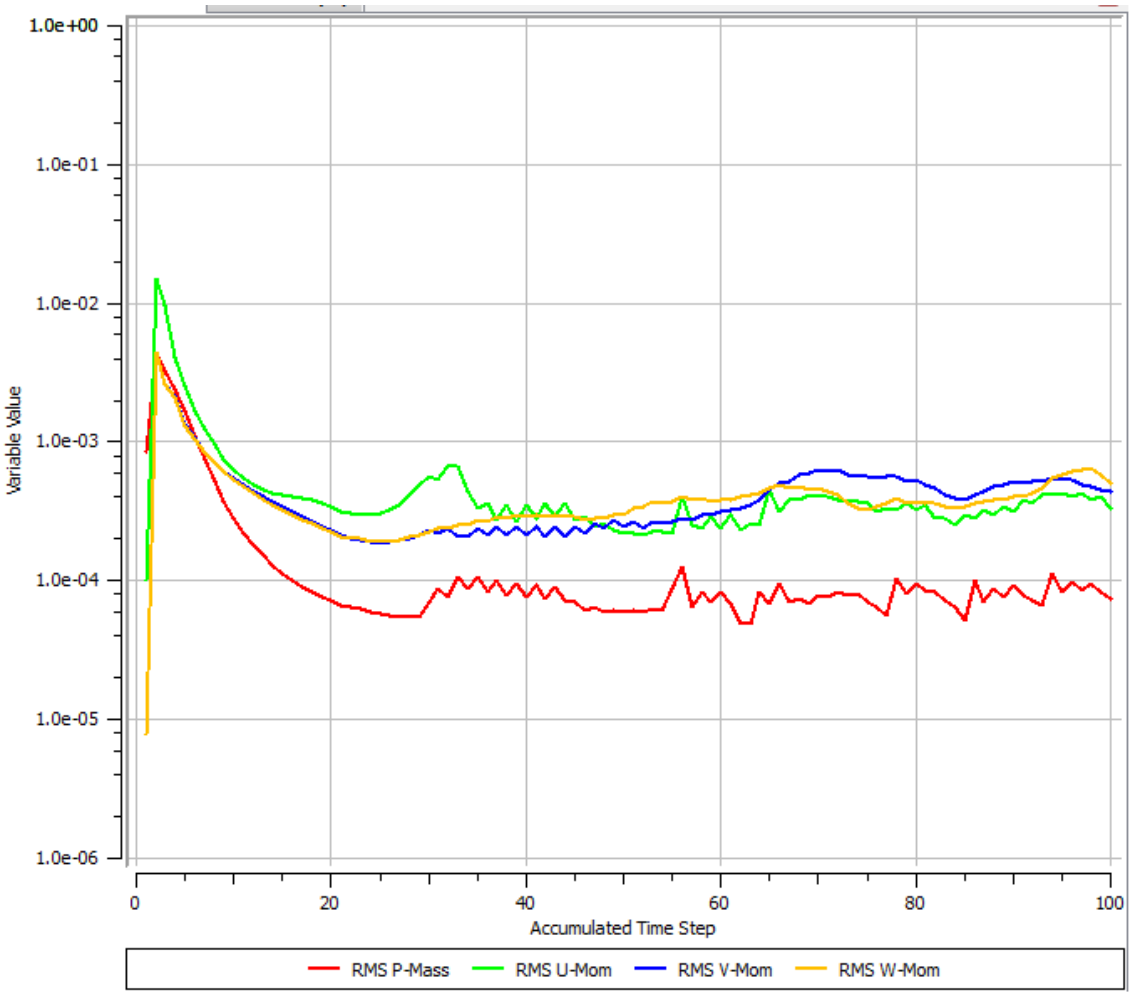
Tablo 6.8 Klape konumu 3'de çözüm için yakınsama değeri (100. iterasyon)

```
+-------------------------------------------------------------------+
| K-TurbKE             | 0.95 | 1.0E-03 | 5.1E-02 |  5.4  3.2E-03  OK|
| E-Diss.K             | 1.01 | 6.5E-04 | 3.4E-02 |  8.6  1.3E-04  OK|
+----------------------+------+---------+---------+-----------------+

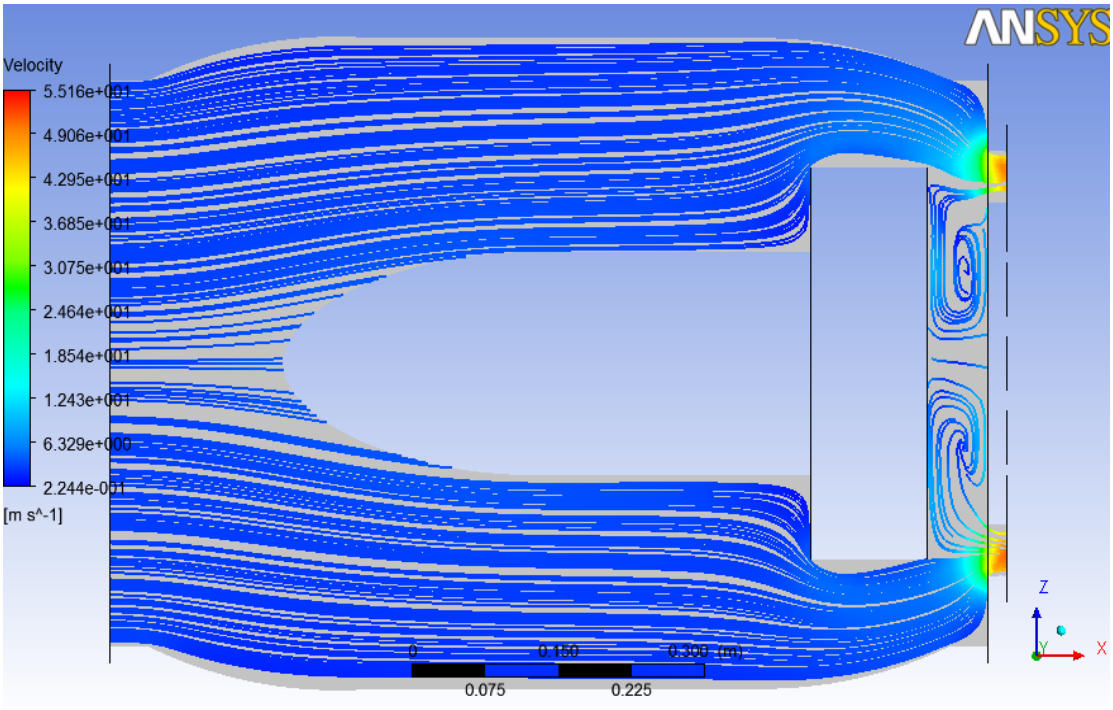
=====================================================================
OUTER LOOP ITERATION =  100                    CPU SECONDS = 1.014E+03
---------------------------------------------------------------------
|       Equation       | Rate | RMS Res | Max Res |  Linear Solution |
+----------------------+------+---------+---------+-----------------+
| U-Mom                | 0.82 | 3.3E-04 | 1.5E-02 |       9.4E-03  OK|
| V-Mom                | 0.96 | 4.4E-04 | 2.1E-02 |       1.3E-02  OK|
| W-Mom                | 0.89 | 5.1E-04 | 2.9E-02 |       1.1E-02  OK|
| P-Mass               | 0.89 | 7.4E-05 | 1.1E-02 |  8.5  2.7E-02  OK|
+----------------------+------+---------+---------+-----------------+
+-------------------------------------------------------------------+
```

Tablo 6.9 Klape konumu 3 için minimum ve maksimum değişken değerleri (100. iterasyon)

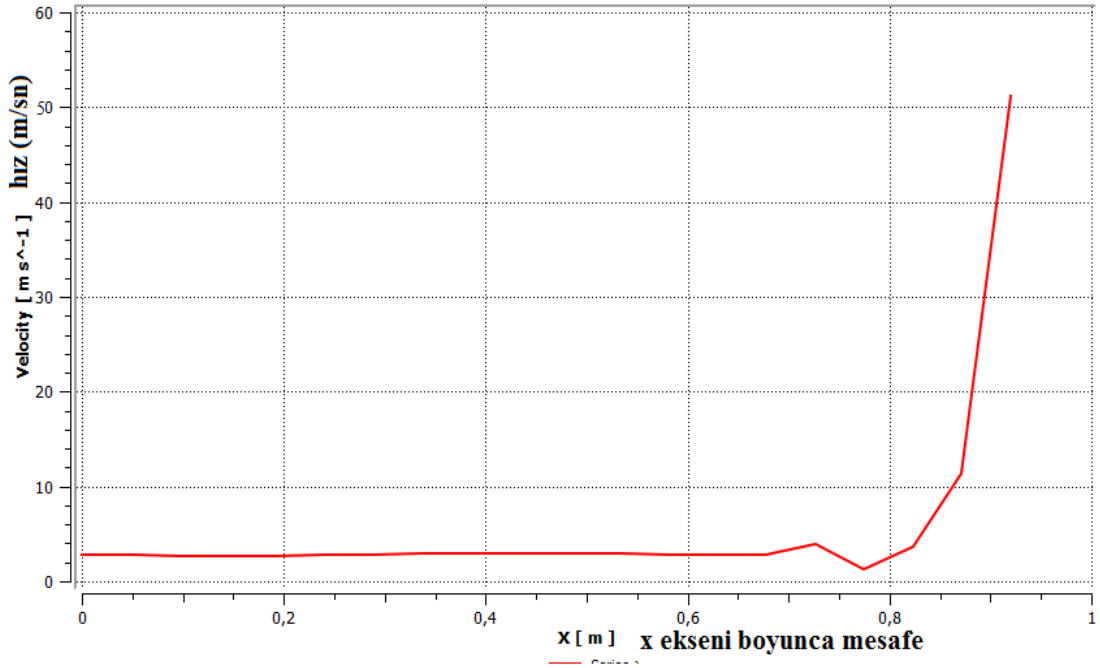
```
+-------------------------------------------------------------------+
|      Variable Name                          |    min    |    max    |
+-------------------------------------------------------------------+
| Density                                     |  9.97E+02 |  9.97E+02 |
| Specific Heat Capacity at Constant Pressure|  4.18E+03 |  4.18E+03 |
| Dynamic Viscosity                           |  8.90E-04 |  8.90E-04 |
| Thermal Conductivity                        |  6.07E-01 |  6.07E-01 |
| Static Entropy                              |  0.00E+00 |  0.00E+00 |
| Velocity u                                  | -1.59E+01 |  5.51E+01 |
| Velocity v                                  | -2.82E+01 |  2.80E+01 |
| Velocity w                                  | -2.81E+01 |  2.77E+01 |
| Pressure                                    | -6.06E+05 |  2.12E+06 |
| Turbulence Kinetic Energy                   |  5.63E-04 |  4.79E+00 |
| Turbulence Eddy Dissipation                 |  7.02E-03 |  7.36E+03 |
| Eddy Viscosity                              |  2.72E-03 |  1.24E+00 |
| Temperature                                 |  2.98E+02 |  2.98E+02 |
+-------------------------------------------------------------------+
```



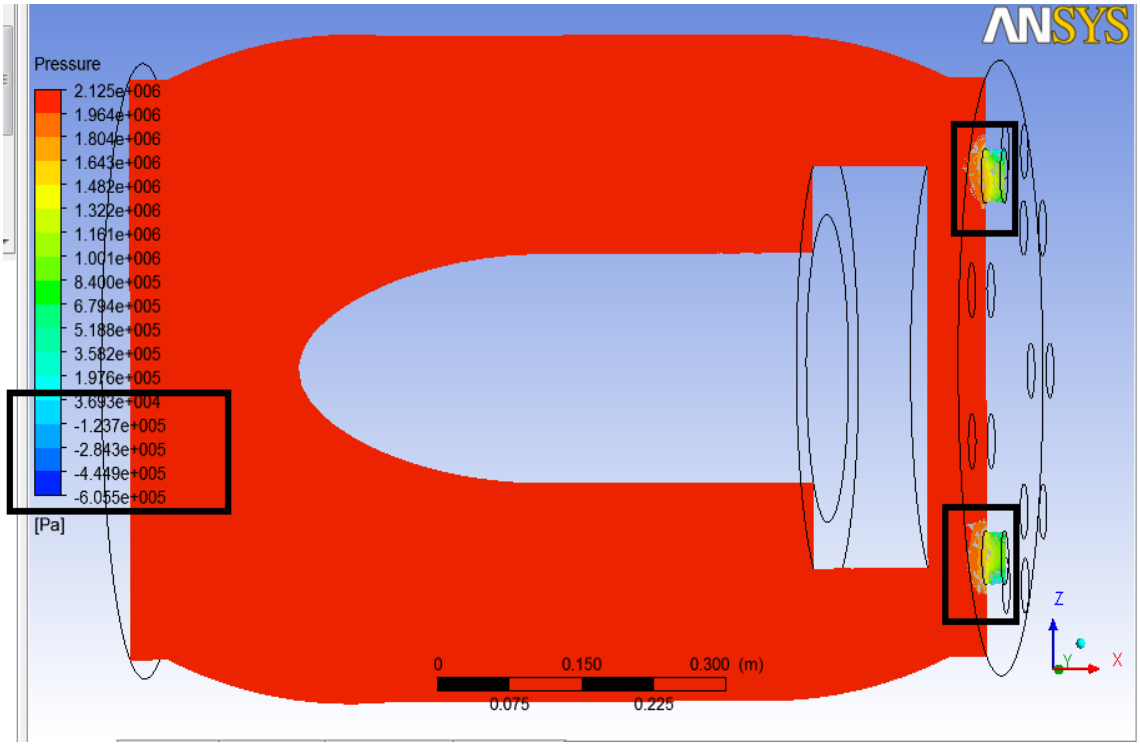
Şekil 6.16 Klape konumu 3 için iterasyon sayısına göre yakınsama eğrileri



Şekil 6.17 Klape konumu 3 için xz yüzeyi boyunca akım çizgileri



Şekil 6.18 Klape konumu 3 için line 1 boyunca hız değerleri



Şekil 6.19 Klape konumu 3 için xz yüzeyi boyunca basınç dağılımı

Tablo 6.10 Klape konum 3 için x ekseni boyunca belirle mesafelerdeki hız değerleri

Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)
1	0.00	2.84
2	48.42	2.80
3	96.84	2.73
4	145.26	2.69
5	193.68	2.71
6	242.11	2.77
7	290.53	2.85
8	338.95	2.93
9	387.37	2.98
10	435.79	2.98

Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)
11	484.21	2.97
12	532.63	2.93
13	581.05	2.86
14	629.47	2.77
15	677.90	2.84
16	726.32	3.88
17	774.74	1.27
18	823.16	3.65
19	871.58	11.29
20	920.00	51.18

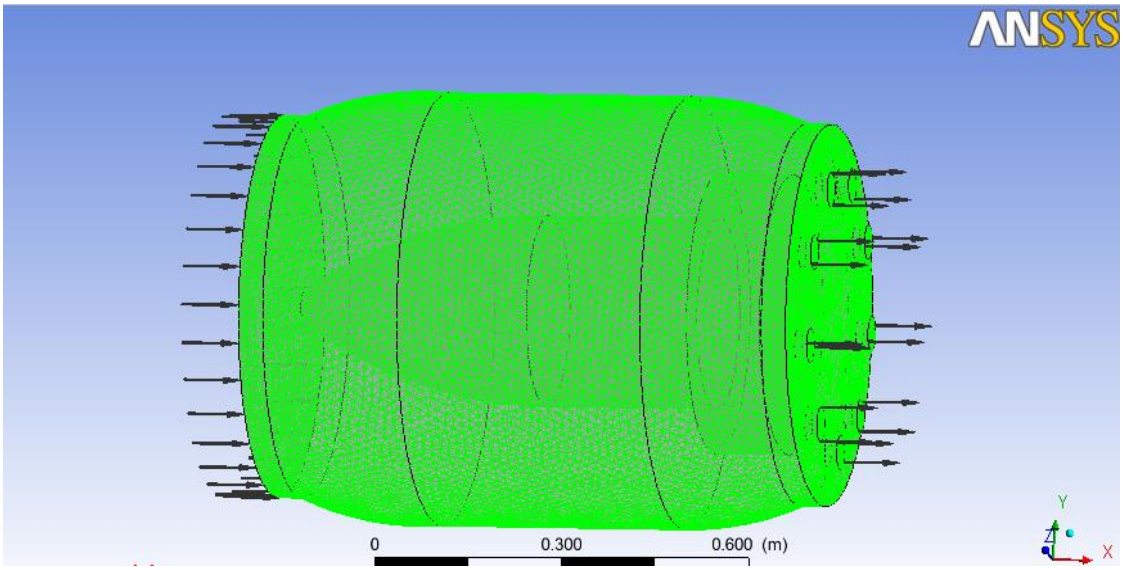
Tablo 6.11 Klape konumu 3 için maksimum ve minimum basınç değerleri

Maksimum Basınç	Minimum Basınç
21.25 bar	**-6.06 bar**

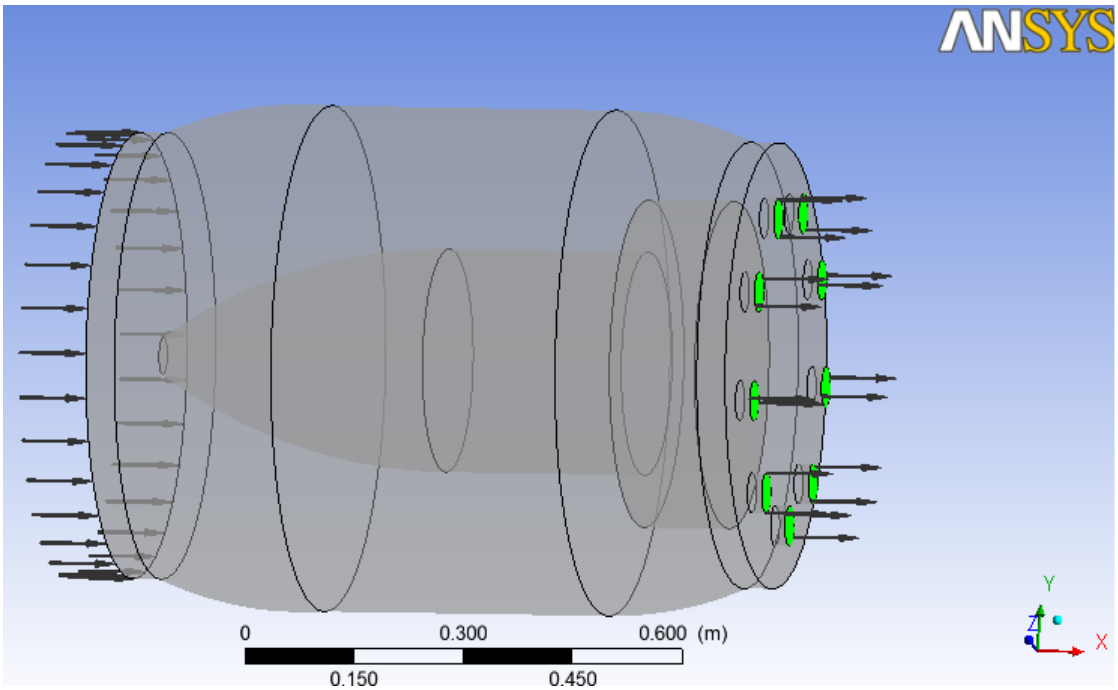
Giriş ve çıkış basınçları değiştirilmeden kapatma simüle edilecek şekilde klape genişliği artırılarak yapılan klape 3 modellemesi için yapılmış olan sonuç çalışması şekil 6.18 ve Tablo 6.10 incelendiğinde vana çıkış deliğinin ağız kısmındaki (mesafe 920mm) hızın bir önceki konum 2 ye göre yaklaşık 2.5 m/s artığı görülmüş olup ayrıca çıkıştan önceki mesafelerdeki (mesafe 823.16 mm ve 871.58 mm) hızların da düştüğü gözlemlenmektedir. Yine görüldüğü gibi çıkış bölgesine yakın yerlerde ani hız artışları olmuştur.

Klape konumu 3'de de basınç değerinin de suyun buharlaşma basıncının altına düştüğü bölgeler oluşmuştur (Şekil 6.19 ve Tablo 6.11). Bundan dolayı bu bölgelerde kavitasyonun oluştuğu gözlemlenmiştir.

6.4. Model 4:Klape Konumu 3 Klape Açıklığında Giriş basıncı: 20 bar Çıkış basıncı 1 bar İçin Sonuçlar



Şekil 6.20 Klape konumu 3'de sınır şartları giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar



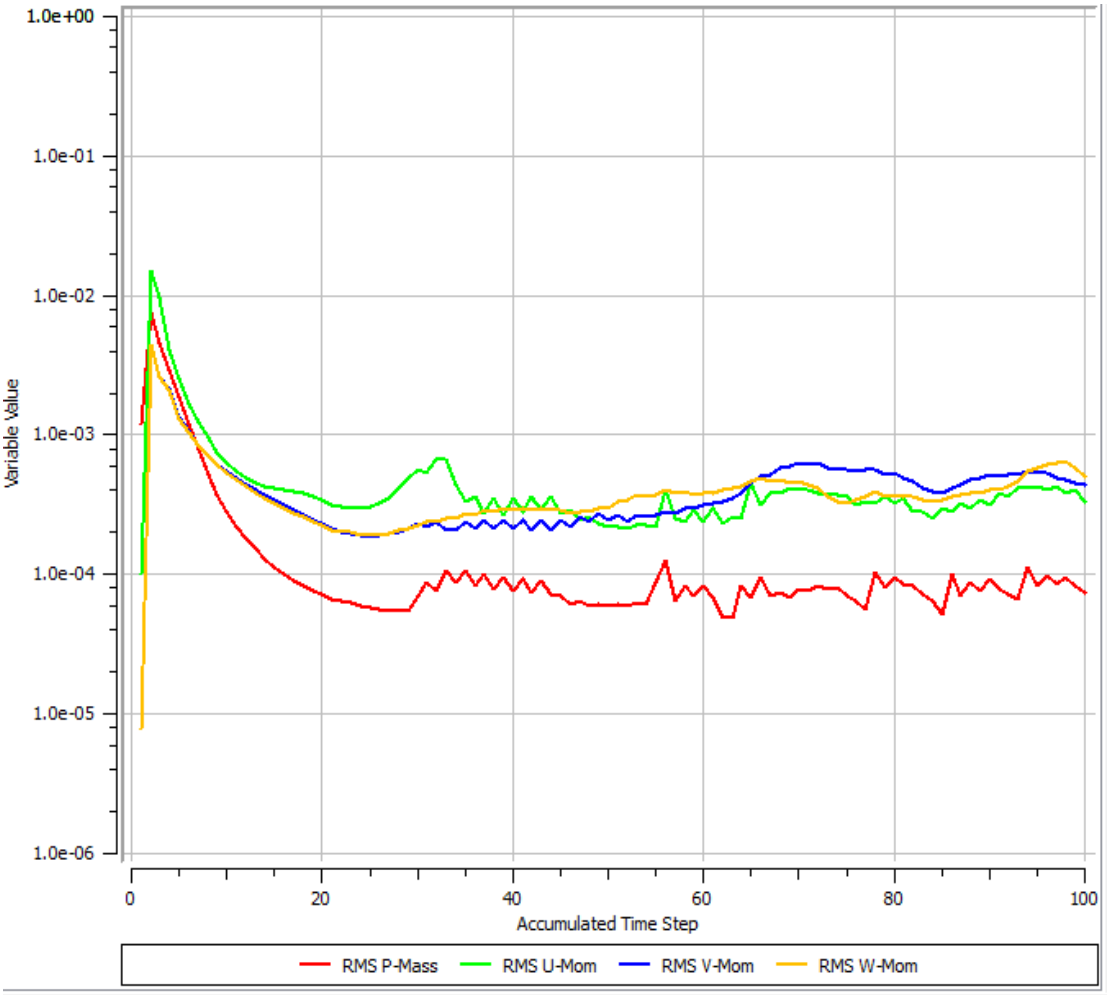
Şekil 6.21 Klape konumu 3'de sınır şartları giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar

Tablo 6.12 Klape konumu 3'de **(**giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) çözüm için yakınsama değeri (100. iterasyon)

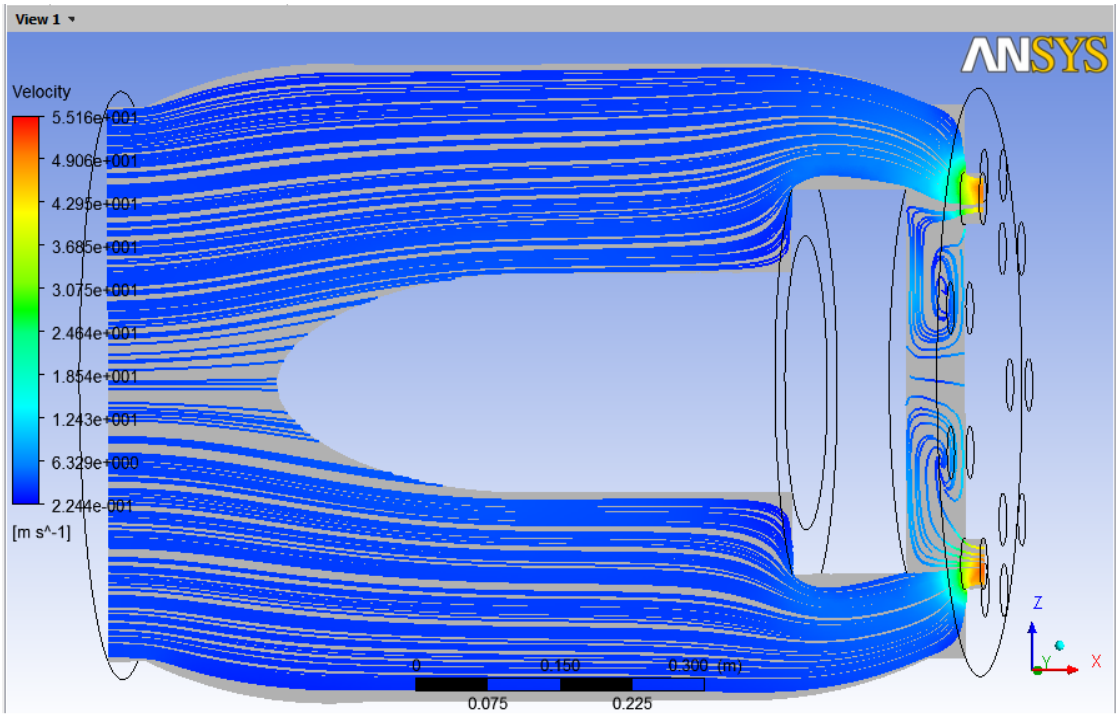
```
================================================================================
OUTER LOOP ITERATION =  100                      CPU SECONDS = 4.403E+02
--------------------------------------------------------------------------------
|       Equation       | Rate | RMS Res | Max Res |  Linear Solution |
+----------------------+------+---------+---------+------------------+
| U-Mom                | 0.82 | 3.3E-04 | 1.5E-02 |       9.4E-03  OK|
| V-Mom                | 0.96 | 4.4E-04 | 2.1E-02 |       1.3E-02  OK|
| W-Mom                | 0.89 | 5.1E-04 | 2.9E-02 |       1.1E-02  OK|
| P-Mass               | 0.89 | 7.4E-05 | 1.1E-02 |  8.5  2.7E-02  OK|
+----------------------+------+---------+---------+------------------+
+------------------------------------------------------------------------+
|                     ****** Notice ******                               |
```

Tablo 6.13 Klape konumu 3 **(giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar)** için minimum ve maksimum değişken değerleri (100. iterasyon)

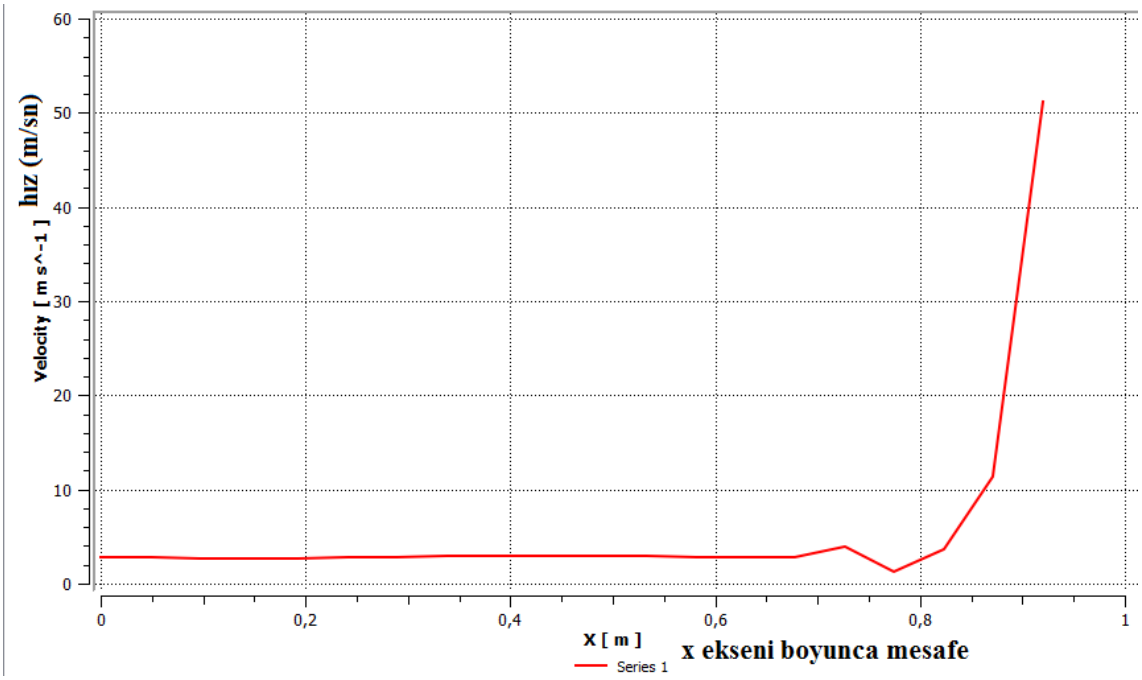
```
Domain Name : Domain 1
+------------------------------------------------------------------------+
|      Variable Name                          |    min    |    max    |
+------------------------------------------------------------------------+
| Density                                     |  9.97E+02 |  9.97E+02 |
| Specific Heat Capacity at Constant Pressure|  4.18E+03 |  4.18E+03 |
| Dynamic Viscosity                           |  8.90E-04 |  8.90E-04 |
| Thermal Conductivity                        |  6.07E-01 |  6.07E-01 |
| Static Entropy                              |  0.00E+00 |  0.00E+00 |
| Velocity u                                  | -1.59E+01 |  5.51E+01 |
| Velocity v                                  | -2.82E+01 |  2.80E+01 |
| Velocity w                                  | -2.81E+01 |  2.77E+01 |
| Pressure                                    | -1.31E+06 |  1.42E+06 |
| Turbulence Kinetic Energy                   |  5.63E-04 |  4.79E+00 |
| Turbulence Eddy Dissipation                 |  7.02E-03 |  7.36E+03 |
| Eddy Viscosity                              |  2.72E-03 |  1.24E+00 |
| Temperature                                 |  2.98E+02 |  2.98E+02 |
+------------------------------------------------------------------------+
```



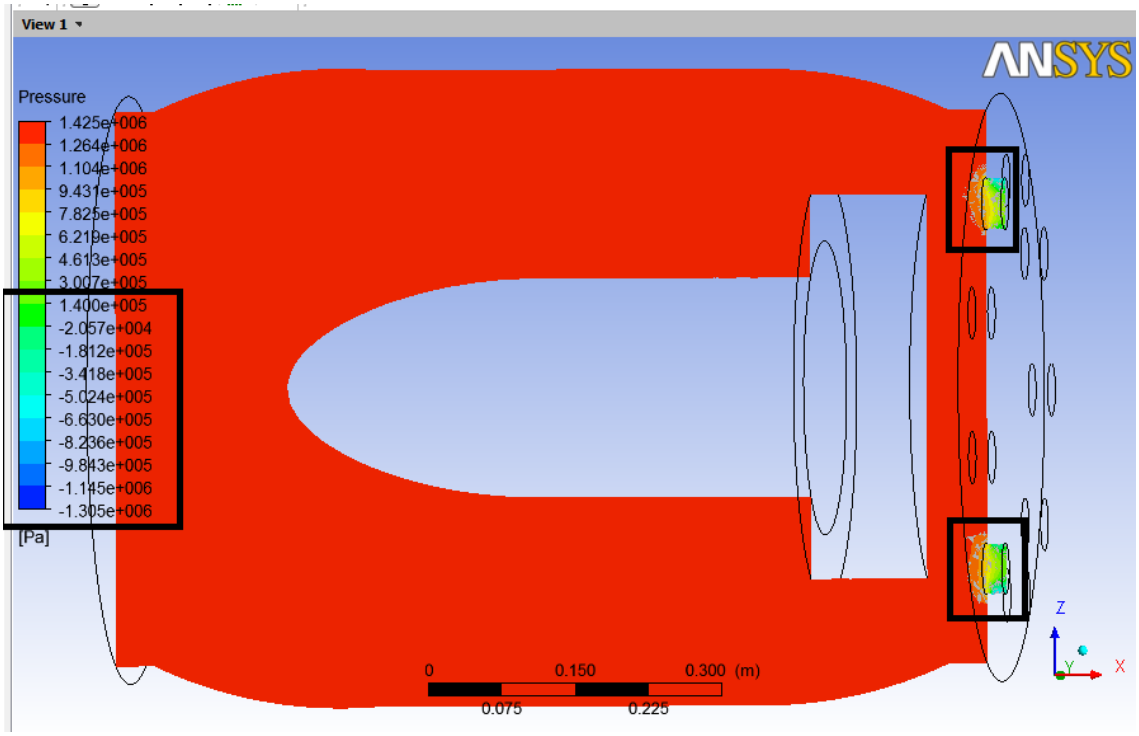
Şekil 6.22 Klape konumu 3 **(**giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için iterasyon sayısına göre yakınsama eğrileri



Şekil 6.23 Klape konumu 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için xz yüzeyi boyunca akım çizgileri



Şekil 6.24 Klape konumu 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için line 1 boyunca hız değerleri



Şekil 6.25 Klape konumu 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için xz yüzeyi boyunca basınç dağılımı

Tablo 6.14 Klape konum 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için x ekseni boyunca belirli mesafelerdeki hız değerleri

Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)	Nokta	Mesafe (mm)	Hız (m/s)
1	0.00	2.84	11	484.21	2.97
2	48.42	2.80	12	532.63	2.93
3	96.84	2.73	13	581.05	2.86
4	145.26	2.69	14	629.47	2.77
5	193.68	2.71	15	677.90	2.84
6	242.11	2.77	16	726.32	3.88
7	290.53	2.85	17	774.74	1.27
8	338.95	2.93	18	823.16	3.65
9	387.37	2.98	19	871.58	11.29
10	435.79	2.98	20	920.00	51.18

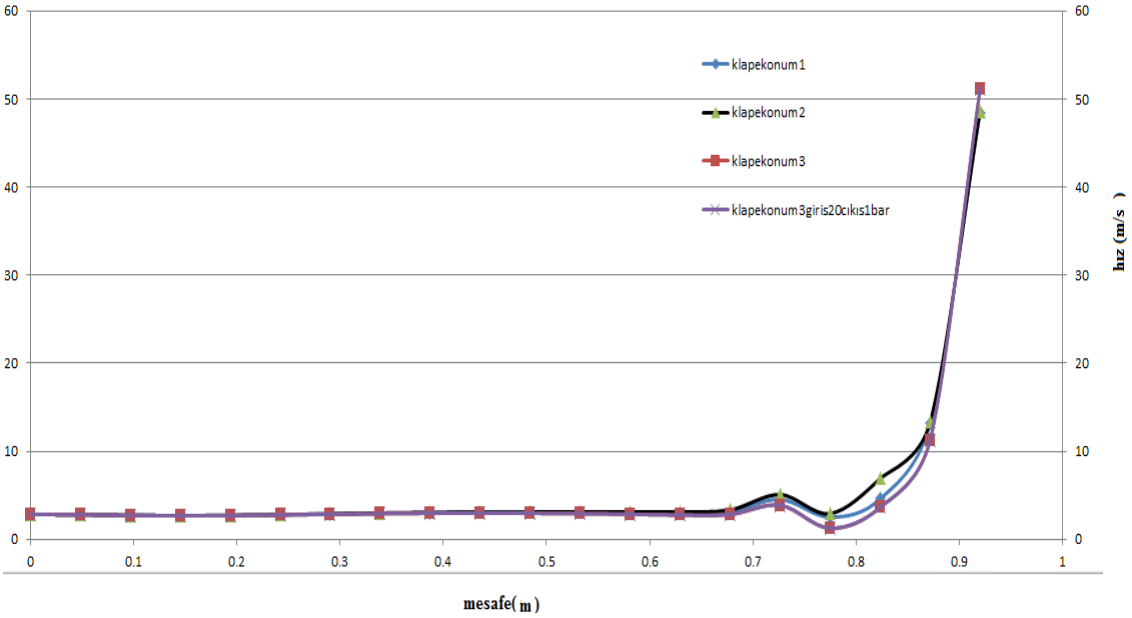
Tablo 6.15 Klape konumu 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için maksimum ve minimum basınç değerleri

Maksimum Basınç	Minimum Basınç
14.25 bar	-13.05 bar

Klape konumu 3’ de giriş basıncı 20 bar ve çıkış basıncı 1 bar olarak değiştirilip yapılan modelleme için yapılmış olan sonuç çalışması Şekil 6.24 ve Tablo 6.14 de verilmiştir Söz konusu verilmiş olan Şekil ve tablo incelendiğinde bir önceki klape konum 3 giriş basıncı 16 çıkış basıncı 8 olan model 3 ile, aynı mesafelerdeki hızların eşit olduğu gözlemlenmiştir.

Klape konumu 3 **(**giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar)’de de basınç değerinin de suyun buharlaşma basıncının altına düştüğü bölgeler oluşmuştur (Şekil 6.25 ve tablo 6.15). Bundan dolayı bu bölgelerde kavitasyonun oluştuğu gözlemlenmiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER



Şekil 7.1 Yapılan 4 model için x mesafesi boyunca hız değişimi

Tablo 7.1 Yapılmış olan 4 model için maksimum ve minimum basınç değerleri

Tasarım	Özellikler	Maksimum basınç (bar)	Minimum basınç (bar)
Model 1	Giriş basıncı 16 bar çıkış basıncı 8 bar klape genişliği 80 mm	21.11	-4.23
Model 2	Giriş basıncı 16 bar çıkış basıncı 8 bar klape genişliği 60 mm	21.08	-3.97
Model 3	Giriş basıncı 16 bar çıkış basıncı 8 bar klape genişliği 120 mm	21.25	-6.06
Model 4	Giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar klape genişliği 120 mm	14.25	-13.05

* Tabloda verilen basınç değerleri gösterge basınç değerleridir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde yapılan bu çalışmada görüldüğü üzere (Şekil 7.1 ve Tablo 7.1) dört modelin de aynı x mesafelerindeki hızlarının çok az değiştiği diğer bir deyişle basıncın da değişiminin çok az olduğu görülmüştür. Bununla birlikte dört model de çıkış deliklerine yakın alanlarda hız değişiminin yaklaşık olarak 4 ile 5 kat arası artış gösterdiği ve bu hız değişimlerinin artışıyla birlikte basıncın 25 ^{o}C deki suyun buharlaşma basıncının altına düştüğü alanların olduğu görülmüştür.

Buharlaşma basıncının altına düşen basınç alanlarında kavitasyon oluştuğu ayrıca basınç değişimlerine bakıldığında (Tablo 7.1) sistemin negatif ve pozitif basınçlar altında kalarak su darbesi (koç darbesi) oluşturabileceği durumlar da ortaya çıkmıştır.

Genel olarak vana çıkış deliklerine ve ona yakın bölgelerde oluşan kavitasyon oluşumlarını görebilmek için tüm modellemeler, aynı beş noktadan kontrol edilmiş ve bu koordinatlara göre basınç ve hız değişimleri Tablo 7.2, 7.3, 7.4, 7.5' te gösterilmiştir.

Tablo 7.2 Model 1 Klape konumu 1 için beş farklı koordinatta basınç-hız değişimleri

Koordinat	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Gösterge Basıncı (Pa)	Hız (m/s)
1	909	-99	-203.3	725437	43.4886
2	904	-99.9	-208	822984	41.0241
3	908	-99.9	-205	712199	43.4878
4	909	-99.9	-203.3	739512	43.6116
5	909	-99	-203.5	714279	43.4188

Tablo 7.3 Model 2 Klape konumu 2 için beş farklı koordinatta basınç-hız değişimleri

Koordinat	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Gösterge Basıncı (Pa)	Hız (m/s)
1	909	-99	-203.3	685938	43.6208
2	904	-99.9	-208	783444	39.9054
3	908	-99.9	-205	662952	42.9889
4	909	-99.9	-203.3	704995	43.7876
5	909	-99	-203.5	675640	43.5435

Tablo 7.4 Model 3 Klape konumu 3 için beş farklı koordinatta basınç-hız değişimleri

Koordinat	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Gösterge Basıncı (Pa)	Hız (m/s)
1	909	-99	-203.3	609711	47.658
2	904	-99.9	-208	854790	41.3029
3	908	-99.9	-205	497076	47.0132
4	909	-99.9	-203.3	601134	47.7814
5	909	-99	-203.5	600718	47.6084

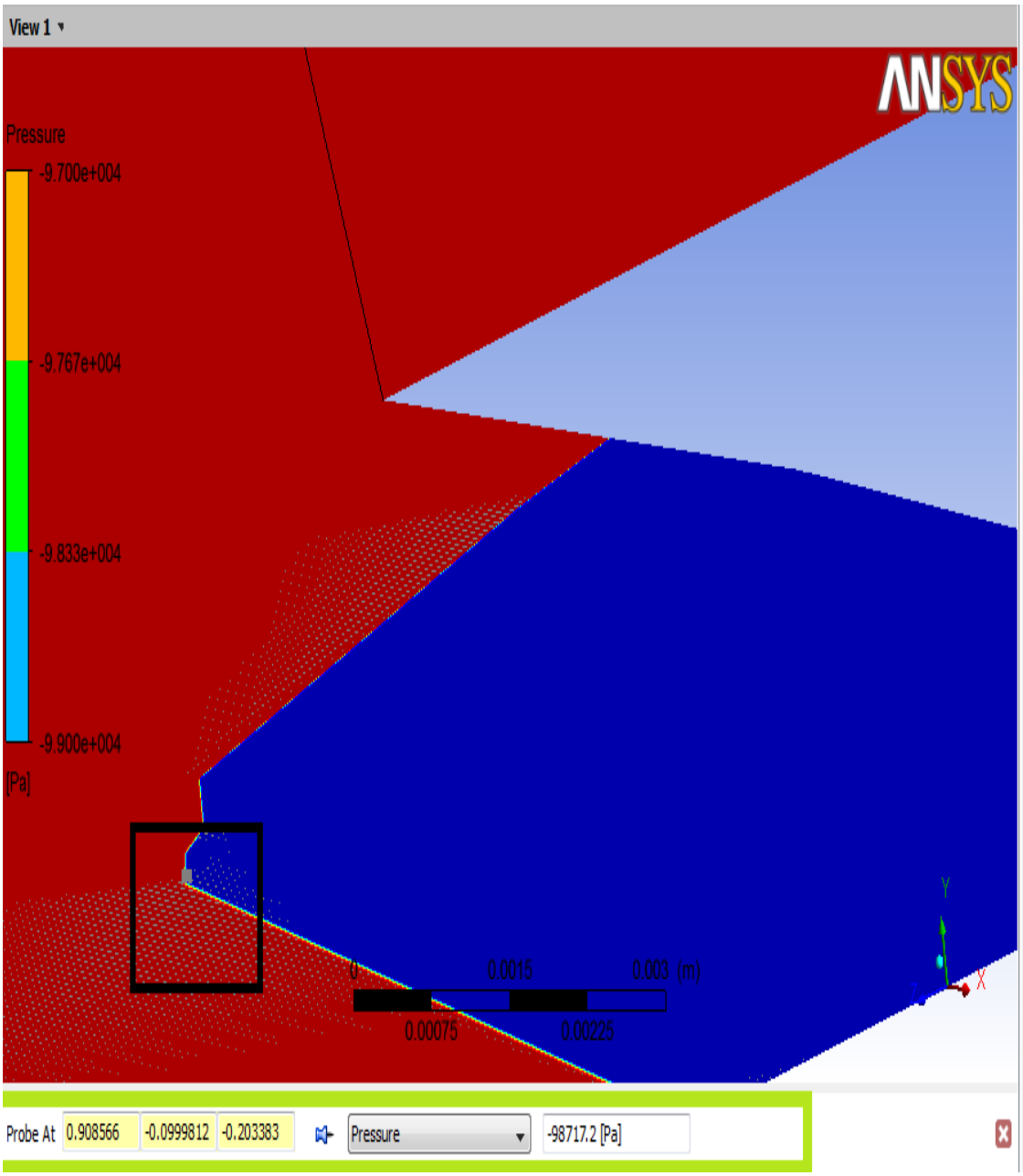
Tablo 7.5 Model 4 Klape konumu 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için beş farklı koordinatta basınç-hız değişimleri

Koordinat	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Gösterge Basıncı (Pa)	Hız (m/s)
1	909	-99	-203.3	-90317.6	47.6583
2	904	-99.9	-208	154756	41.3034
3	908	-99.9	-205	-202958	47.0136
4	909	-99.9	-203.3	**-98893.9**	47.7817
5	909	-99	-203.5	**-99310.7**	47.6087

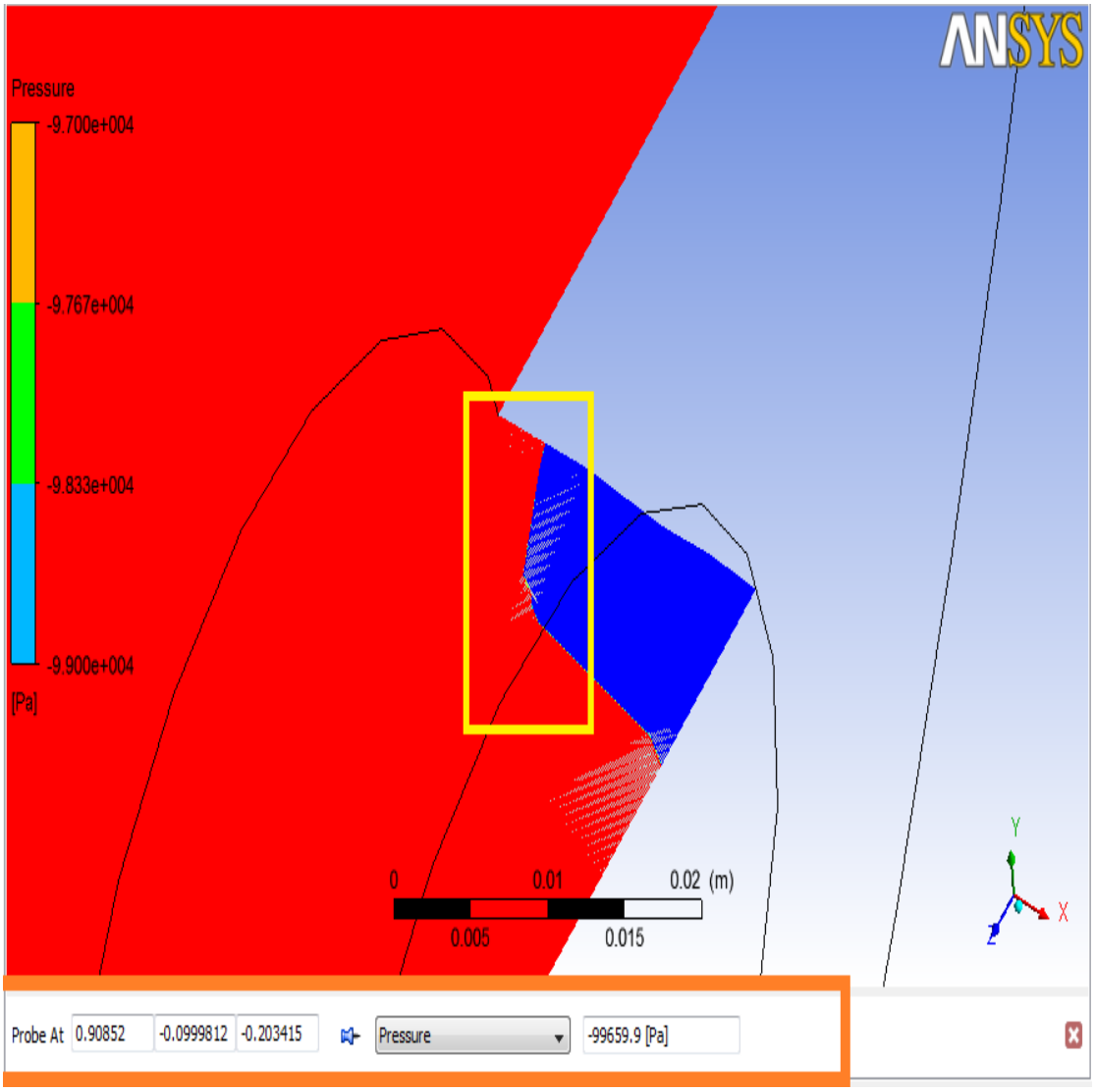
Tablo 7.2, 7.3, 7.4 ve 7.5'de de görüldüğü gibi seçilen birbirine yakın 5 farklı koordinatta gözlemlenen hız değişimleri yüksek değerlerde olmamakla birlikte kavitasyon oluşumu klape konum 1, konum 2 ve konum 3 için seçilen beş noktada görülmemektedir. Bu konumlar için kavitasyon oluşumu, noktasal olmasa da bölgesel

olarak ancak Tablo 7.1'de verilen maksimum ve minimum basınç değerlerine bakılarak görülebilmektedir.

Model 4 klape konum 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için verilmiş olan tablo 7.5' te 4. ve 5. noktalarda tespit edilen basınç değerleri ile noktasal olarak da kavitasyonun oluştuğu yerler gözlemlenebilmektedir.



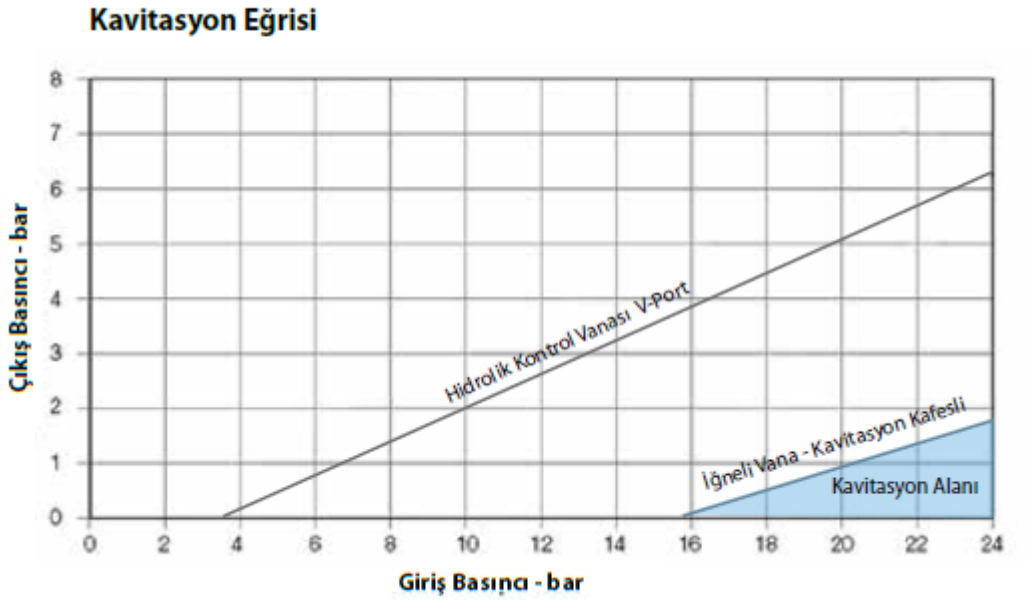
a)



b)

Şekil 7.2 a,b Model 4 klape konum 3 (giriş basıncı 20 bar çıkış basıncı 1 bar) için farklı koordinatlarda noktasal kavitasyon

Yapılan çalışmada da klape konumları 1, 2, 3 ve klape konumu 3 te giriş ve çıkış basınçları değiştirilerek oluşan akış incelenmiş ve kavitasyon oluşan bölgeler tespit edilmiştir. Ayrıca Model 3 için yapılmış olan çalışmada, tasarlanan söz konusu model için giriş ve çıkış basınçları Doğuş Vana tarafından yapılmış olan vana kataloğunda plunger vana için deneysel olarak bulunarak yapılmış olan kavitasyon eğrisinde (Şekil 7.3) kavitasyon alanı içerisindeki basınç değerleri ile (giriş basıncı 20 bar, çıkış basıncı 1 bar) Model 4 oluşturulmuş ve söz konusu bu modelde de kavitasyon oluştuğu gözlemlenmiştir.



Şekil 7.3 Doğuş vana kataloğu,2016 Plunger vana deneysel kavitasyon eğrisi

Sonuç olarak, HAD simülasyon programı yardımıyla yapılan modellerin sayısal analizlerinin yapılıp, bu analizler sonucunda ortaya çıkan kavitasyon, koç darbesi vb. diğer etkenlerin tespit edilmesinin mümkün olacağı, deneysel yöntemlerde her bir çalışma şartları için oluşturulacak modellerle yapılan yöntemler yerine kullanılabileceği ve kullanılan HAD simülasyon programı ile analiz edilen modellerin analiz sonucunda bulunacak olan optimum modelin daha kısa sürede ve daha ekonomik bir şekilde yapılacağı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Altan, E., 2012, Farklı tip uçakların gövde ve kanatları etrafındaki akışın sayısal incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitütsü*, Samsun, 18-22.

Anonim, 2016, Plunger Vana Kataloğu, Doğuş Vana, Manisa 1-10.

Anonim 2016, Plunger Tip Enerji Kırıcı Vana Kataloğu, Semsan Makine Pompa Sanayi, Samsun, 1-9

Anonim, 2013, Pompa İstasyonu Tasarım ve Pompa Seçim Kriterleri, DSİ İçme Suyu Daire Başkanlığı içme Suyu ve Atıksu İhtisas Eğitimi, Ankara, 45-46.

Anonim, 2012, Vanlar, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2-41.

Anonim, 2011, Vanalarda kavitason ve vana tipine göre kavitasyon önlemleri, www.tesisat.com.tr, 181, 1-2.

Can F. Ö., 2011, Eğrisel yüzeyler üzerindeki akışlarda reynolds ve prandtl sayılarının nusselt sayısına etkisinin incelenmesi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 17-22.

Carlton, J. S., 1994, Marine Propellers & Propulsion, *Butterworth-Heinemann Ltd.,Oxford, UK.,* 65-68.

Çelik, F., Kavitasyon, www.yildiz.edu.tr , 1-9

Duymaz, A. B., 2008, Kelebek vanalarda vana kayıp katsayısının sonlu hacimler yöntemiyle ve deneysel olarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-28.

Gök, O., 2014, Kelebek vanaların optimizasyonu ve yeni bir kelebek vana tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 39-44.

Kor, O., 2008 Kanatlı borulu ısı değiştiricilerinin karışık taşınım şartları için sayısal incelenemesi, Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü*, izmir, 13-20.

Sevgi, Y., 2011, Merkezkaç pompalarda öncark uygulamasının kavitasyon etkisinin sayısal ve deneysel incelenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 21-30.

Şen, M., 2006, Santrifüj Pompalar ve Pompa Tesisat, MAS Pompa Sanayi A.Ş., İstanbul, 2. Baskı, 65-77, 211.

Tunç, G., 2014, Bir cfd programı ile vanalardaki akışın incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 3-25

Yüksel, B., 2008, Sürgülü vana kayıp katsayısının sonlu hacimler yöntemiyle ve deneysel olarak belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-28.

ANSYS 12 (Academic Teaching Introductory) command References and gui.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İskender YİĞİT
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : ADANA / 25-05-1978
Telefon : 0506 5744574
Faks : ---
e-mail : iskenderyigit@dsi.gov.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Merkez EML., Seyhan, ADANA**	**1995**
Üniversite	:	**Mersin Üniversitesi, Yenişehir, MERSİN**	**2001**
Yüksek Lisans	:	**Batman Üniversitesi , Merkez, BATMAN**	**2017**
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011-	DSİ	İkmal Başmühendisi
2010-2011	Öztem Kumatsu Yetkili Servis	Servis Müdürü
2006-2009	Astor-Mako Asansör	İmalat Müdürü
2004-2005	İzmir Senkromec	Bölüm Sorumlusu

UZMANLIK ALANI

Enerji Ana Bilim Dalı

YABANCI DİLLER

İngilizce