T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU TOPU İÇİNDEKİ AKIŞA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ

AHMET ÇAĞRI BİLİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
PROF. DR. NURTEN VARDAR

İSTANBUL, 2015

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU TOPU İÇİNDEKİ AKIŞA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ

Ahmet Çağrı BİLİR tarafından hazırlanan tez çalışması 27.08.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Nurten VARDAR

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Nurten VARDAR

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Fahri ÇELİK

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Sevilay CAN

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Bu çalışma, Marsis Dış Ticaret ve Gemi Sanayi Ltd. Şti. firması tarafından yapılan, TÜBİTAK Teydep 7140178 numaralı projesi kapsamında desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, varlığıyla huzur bulduğum anneme, bu yüksek lisans tez çalışmasını yöneten, olumlu eleştiri ve önerileri ile katkıda bulunan değerli hocam Prof. Dr. Nurten VARDAR'a, çalıştığım işin yanı sıra beni bilimsel çalışmalar da yapma konusunda cesaretlendiren ve destek olan arkadaşım, abim Ar. Gör. Ali DOĞRUL'a, mesai arkadaşım Sn. Serdar MUTLU'ya ve çalıştığım firma olan Marsis Dış Tic. ve Gemi San. Ltd. Şti Genel Müdürü Sn. İlker ÖZYILDIZ'a teşekkür ederim.

Ağustos, 2015

Ahmet Çağrı BİLİR

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii

KISALTMA LİSTESİ viii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÇİZELGE LİSTESİ x

ÖZET xi

ABSTRACT xiii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 2
1.2 Tezin Amacı 5
1.3 Hipotez 5

BÖLÜM 2

MATEMATİK ALTYAPI 6

2.1 Akışkanlar Mekaniğinin Temel Diferansiyel Denklemleri 6
2.1.1 Akışkanlar Mekaniğinin Temel Denklemlerinin Kapalı Formu 6
Standart k-ω Türbülans Modeli 7
2.2 Kullanılan Hesaplamalı Analiz Yöntemi 8
2.2.1 Sonlu Hacimler Yöntemi (FVM) 8

BÖLÜM 3

SU TOPUNDAKİ AKIŞIN DENEYSEL İNCELENMESİ 9

3.1 Su Topunundaki Akışın Deneysel İncelenmesi 9
3.2 Deney Düzeneği 10

BÖLÜM 4

SU TOPUNDAKİ AKIŞIN HAD İLE ANALİZİ VE DENEYSEL ÇALIŞMAYLA KIYASLANMASI ... 13

4.1 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yardımı ile Su Topunda Analiz .. 13
4.2 Su Topundaki Sayısal Analizler Ve Deneysel Çalışmayla Kıyaslanması 14
4.2.1 Sayısal Analiz ve Deneysel Çalışma Sonuçlarının Karşılaştırılması 14
4.2.2 Ağ Yapısının Oluşturulması ve Sınır Şartlarının Tanımlanması..... 15
4.2.2.1 Mesh Analizi..... 15

BÖLÜM 5

YENİ SU TOPLARININ MODELLENMESİ VE AKIŞIN HAD İLE ANALİZİ 20

5.1 Su Topu Geometrilerinin Modellenmesi 20
5.2 Oluşturulan Nozul Geometrileri..... 22
5.2.1 Ağ Yapısının Oluşturulması ve Sınır Şartlarının Tanımlanması 23

BÖLÜM 6

SAYISAL ANALİZ SONUÇLARI 25

6.1 Giriş Basıncının Akım Hatlarına Etkisi 25
6.2 Giriş Basıncının Çıkış Hızına Olan Etkisi 30
6.3 Giriş Basıncının Debiye Olan Etkisi 34

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER 35

KAYNAKLAR..... 37

ÖZGEÇMİŞ..... 39

SİMGE LİSTESİ

t	Zaman
ρ	Yoğunluk
u, v, w	Hız vektör bileşenleri
τ	Kayma gerilmesi
μ	Dinamik viskozite
V	Hız alanı
ρ'	Düzeltme basıncı
ρ^*	Başlangıç basıncı
u', v', w'	Düzeltme hızı
u^*, v^*, w^*	Başlangıç hızı
$S_{M_x}, S_{M_y}, S_{M_z}$	Kütle kuvvetleri
k	Türbülans kinetik enerjisi
ω	Türbülans kinetik enerjisi kayıp oranı
G_k	Ortalama hız gradyenlerinden dolayı türbülans kinetik enerji üretimi
μ_t	Eddy viskozitesi
Pr_t	Enerji için türbülans Prandtl sayısı
G_ω	ω'nın üretimi
Y_k	Türbülanstan dolayı k için kayıp
Y_ω	Türbülanstan dolayı ω için kayıp
σ_k, σ_ω	Türbülans Prandtl sayısı
α^*	Düşük Reynolds sayısı düzeltmesine sebep olan katsayı

KISALTMA LİSTESİ

FVM	Sonlu Hacimler Yöntemi
HAD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Gemilerin Haydarpaşa Garı'nda meydana gelen yangına müdahalesi..... 2
Şekil 1.2 Bir geminin harici yangın söndürme sistemi operasyon testi 2
Şekil 3.1 Konik nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi ve boyutsal resmi..... 9
Şekil 3.2 Deney düzeneği şematik gösterimi..... 10
Şekil 3.3 Gerçek deney düzeneği gösterimi 11
Şekil 4.1 Konik nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi ve boyutsal resmi..... 14
Şekil 4.2 Konik nozul..... 15
Şekil 4.3 Farklı Mesh Sayıları ile Debi Miktarının Kıyaslanması 16
Şekil 4.4 Konik nozullu su topu akış hacminin ağ yapısı..... 17
Şekil 4.5 Konik nozullu su topu için deney sonuçları ile sayısal analiz sonuçlarının karşılaştırılması 18
Şekil 5.1 Pelton nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi..... 21
Şekil 5.2 Ters Pelton nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi..... 21
Şekil 5.3 Pelton nozul 22
Şekil 5.4 Ters pelton nozul 23
Şekil 5.5 Pelton nozullu su topu akış hacminin ağ yapısı 24
Şekil 5.6 Ters Pelton nozullu su topu akış hacminin ağ yapısı 24
Şekil 6.1 Konik nozullu su topunun akım hatları izometrik görünümü 26
Şekil 6.2 Konik nozullu su topunun akım hatları yandan görünümü 26
Şekil 6.3 Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı izometrik görünümü..... 27
Şekil 6.4 Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı yandan görünümü 27
Şekil 6.5 Ters Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı izometrik görünümü . 28
Şekil 6.6 Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı yandan görünümü 28
Şekil 6.7 Konik nozullu su topunun basınç dağılımı 29
Şekil 6.8 Pelton nozullu su topunun basınç dağılımı..... 29
Şekil 6.9 Ters Pelton nozullu su topunun basınç dağılımı..... 30
Şekil 6.10 Konik nozullu su topunun hız vektörleri 31
Şekil 6.11 Pelton nozullu su topunun hız vektörleri. 31
Şekil 6.12 Ters Pelton nozullu su topunun hız vektörleri. 32
Şekil 6.13 Farklı su toplarında farklı basınç değerleri için su çıkış hızı basınç ilişkisi ... 33
Şekil 6.14 Farklı su toplarında farklı basınç değerleri için debi basınç ilişkisi 34

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Konik nozullu su topu ile yapılan deney çalışmasının sonuçları 12
Çizelge 4.1 Farklı eleman sayılarıyla yapılan sayısal analiz sonuçları..... 16
Çizelge 4.2 Deney sonuçları ile sayısal analiz çalışmasının kıyaslanması..... 18
Çizelge 6.1 Konik nozullu su topu giriş basıncı ortalama çıkış hızı ilişkisi..... 32
Çizelge 6.2 Pelton nozullu su topu giriş basıncı ortalama çıkış hızı ilişkisi 32
Çizelge 6.3 Ters Pelton nozullu su topu giriş basıncı ortalama çıkış hızı ilişkisi 33
Çizelge 6.4 Ters Pelton su topuyla diğer su toplarının ortalama çıkış hızı farkları..... 33

ÖZET

SU TOPU İÇİNDEKİ AKIŞI ETKİ EDEN PARAMETRELERİN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ

Ahmet Çağrı BİLİR

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nurten VARDAR

Gemi inşaatı sanayisindeki hızlı gelişmeye paralel olarak, gemilerde kullanılan sistemler ve yardımcı ekipmanlara olan talep de hızla artmaktadır. Bu tezde gemi üstü harici yangın söndürme sisteminin önemli bir ekipmanı olan su topu üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Harici yangın söndürme sistemleri kıyı veya açık denizlerdeki yangınlara müdahale etmek için kullanılır ve yangın söndürme gemilerinde bulunur. Gemilerin amaçlarına göre bulundurdukları harici yangın söndürme sistemleri kapasite ve yetenekleri açısından farklılık göstermektedir. Bu nedenle klas kuruluşları harici yangın söndürme sistemlerini sınıflandırmış ve kurallar koymuştur. Bu sistem pompalar aracılığı ile suyun ya da köpüğün yangın mahalline ulaştırılmasını sağlar. Bu sistemin önemli bir ekipmanı olan su topu özetle düşey ve yatay yönde belirlenmiş mesafeye belirlenmiş debide su atar.

Bu çalışmada su topunda akış konusu hesaplı akışkanlar dinamiği çalışmaları yapılarak incelenmiştir. Ardından gerçek boyutlarda prototip ürün imalatı gerçekleştirilmiş ve deneysel çalışmalar yapılarak sayısal analizler ve deneysel çalışmalar arasında doğrulama sağlanmıştır. Bu sayede su topu akışına etki eden parametreler sayısal ve deneysel olarak incelenmiştir.

Çalışmalar ilk olarak jet akışının incelenmesiyle başlamıştır. Su topunun uç kısmında suyun çıkış hızının ayarlanabilmesi için nozul kullanılmaktadır. Farklı nozul yapılarına sahip su topu geometrileri oluşturularak sayısal analizler gerçekleştirilmiştir. Aynı basınç değerinde diğer nozul geometrilerine göre daha az tepki kuvveti oluşturup daha

fazla debi geçiren ters pelton geometrisine sahip nozulun kullanılması uygun bulunmuştur. Çözümlemelerin Ansys Fluent programında üç boyutlu olarak yapılmasına karar verilmiştir.

Son olarak konik nozullu bir adet su topu prototip imalatı yapılmıştır. İmalatı yapılan su topu için farklı giriş basınçlarında deneyler yapılmış ve çıkış debisi değerleri okunmuştur. Alınan deney sonuçları yapılan sayısal analizlerle kıyaslanmış ve deney sonuçları ile sayısal analiz sonuçlarının birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Su topu, su jeti akışı, su jeti nozulu, türbülans, HAD, deneysel çalışma

ABSTRACT

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE PARAMETERS ACTING ON THE FIRE MONITOR FLOW

Ahmet Çağrı BİLİR

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Nurten VARDAR

In accordance with the development in ship industry, the demand for the systems and auxiliary equipments used in ships is increasing rapidly. In this thesis, water monitor, which is an important equipment in external fire-fighting system onboard the ship, is studied. External fire-fighting systems are used to intervene the fires in shore and offshore and are located in fire-fighting ships. External fire-fighting systems may differ by capacity and capabilities related with the purpose of the ship. By this reason, classification societies have classified the external fire-fighting systems and set up regulations. This system ensures the water or foam to reach fire scene with the help of pumps. The water monitor, an important equipment of this system, throws water to a designated distance in vertical and horizontal direction with a set amount.

In this study, the flow in water monitor is investigated by means of computational fluid dynamics. After, a prototype is produced in real dimensions and experimental studies have been conducted in order to maintain a validation with the numerical studies. Thus, the parameters acting on water monitor flow are observed numerically and experimentally.

Firstly, the jet flow is investigated. To adjust the outlet velocity in the tip of the water monitor, nozzle is used. Water monitor geometries with different nozzle types are generated and numerical analyses are carried out. The reverse pelton type nozzle

geometry is chosen as suitable because of it maintains more flux while it causes less reaction force for the same pressure compared with the other nozzle types. The reaction force of the nozzle geometry cannot be calculated with the one-dimensional force equation, so a commercial software, ANSYS Fluent, is used to model the flow problem in three dimension.

Finally, a water monitor prototype is produced with conical type nozzle. Experiments are made with the produced prototype and outlet flux values are measured for different pressures. The experimental results are compared with the numerical ones and it is observed that the results are in good agreement.

Keywords: Fire monitor, water jet flow, water jet nozzle, turbulence, CFD, experimental study

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Su topu düşey ve yatay yönde belirlenmiş mesafeye belirlenmiş debide su atan ve yangın mahallindeki yangının söndürülmesini sağlayan bir gemi üstü harici yangın söndürme sistemi ekipmanıdır.

Gemi üstü harici yangın söndürme sistemleri kıyı veya açık denizlerdeki yangınlara müdahale etmek için kullanılır ve yangın söndürme gemilerinde bulunur. Gemilerin amaçlarına göre bulundurdukları harici yangın söndürme sistemleri kapasite ve yetenekleri açısından farklılık göstermektedir. Bu nedenle klas kuruluşları harici yangın söndürme sistemlerini sınıflandırmış ve kurallar koymuştur. Bu sistem pompalar aracılığı ile suyun ya da köpüğün yangın mahaline ulaştırılmasını sağlar. Sistemin güç kaynağı genellikle ana makinalar olurken kimi sistemlerde güç kaynağı olarak dizel motorlar kullanılmaktadır. Güç pompalara kavrama sistemi ve gerekli aktarma elemanları ile iletilir. Gemilerin harici yangın söndürme sistemleri Türkiye'de son yıllarda meydana gelen Haydarpaşa Garı ve Galatasaray Üniversitesi yangınlarında kullanılmıştır. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de harici yangın söndürme sisteminin operasyon sırasında çekilmiş fotoğrafları görülmektedir.

Doğrudan su topunda akış konusuyla ilgili literatürde çok az çalışma olmasına karşın, su jeti akışları konusunda pek çok çalışma yapılmıştır.

Jet akış konusuyla ilgili yapılan çalışmalar literatür özeti bölümünde özetlenmiştir. Bu çalışmada ise su topu içindeki akış sayısal ve deneysel olarak incelenecektir.



Şekil 1.1 Gemilerin Haydarpaşa Garı'nda meydana gelen yangına müdahalesi



Şekil 1.2 Bir geminin harici yangın söndürme sistemi operasyon testi

1.1 Literatür Özeti

Doğrudan su topunda jet akış konusuyla ilgili literatürde çok az çalışma olmasına karşın, su jeti akışları konusunda pek çok çalışma yapılmıştır.

Jet akışın sayısal çözümünü zor kılan en önemli neden genel geçer bir çözüm modelinin bulunmaması ve kesin bir türbülans modelinin olmamasıdır. Kullanılan çözüm

modelleri çok farklılık gösterdiği için problemin iyi incelenmesi ve buna göre çözüm modeline ve türbülans modeline karar verilmesi gerekir. Karmaşık sınır tabaka akışları için uygun olması, sınır tabaka için üstün performans göstermesi ve ayrılan akış türlerinde tercih edilmesi sebebiyle SST k-w türbülans modeli bu çalışmada kullanılmıştır.

Hu ve arkadaşları [1] bir su topunun jet karakteristiği ve yapısal özelliklerini Ansys Fluent yazılımını kullanarak sayısal olarak incelemiş, ortaya çıkan ürün tasarımının prototipini üreterek deneysel bir çalışma yapmış ve sayısal ve deneysel sonuçları karşılaştırmıştır. Yapmış oldukları çalışmada su topu borusunun kesit şekli, su topu çapları, giriş basıncı değerlerini değiştirerek bu parametrelerin su topunun jet akış karakteristiğine olan etklilerini incelemişlerdir. Çalışma tek faz olarak yapılmış ve türbülans modeli olarak 2 denklemli RNG K-e türbülans modeli seçilmiştir. Dairesel kesitli boruda kare kesitli boruya göre hız vektörlerinin daha düzgün olduğu görülmüştür. Ayrıca aynı giriş basıncı şartlarında su topunun çapları değiştirilmiş, çap büyüdükçe basınç kaybının da arttığı anlaşılmıştır. En büyük çaplı su topunda en yüksek çıkış hızı elde edilmiştir. Bir diğer sayısal analiz ise farklı giriş basıncı değerleri için yapılmış ve en büyük giriş basıncı değerinde en yüksek çıkış hızı elde edilmiştir. Son olarak deneysel çalışmalar yapılmış ve farklı giriş basıncı değerlerinde su topunun suyu atma mesafeleri ölçülmüştür. Deney esnasında elektromotor, su pompası, debi ölçeri basınç ölçer, prototip su topu ve vanalar kullanılmıştır. Su topu 30^0 lik açı ile dururken 3 farklı basıçta deney gerçekleştirilmiş ve en yüksek basınçta suyu en uzak mesafeye attığı görülmüştür. Su topunun yatayla yaptığı açılar değiştirilerek de bir analiz yapılmış olup, yatayda en uzak mesafeyi 30^0 lik açı sağlarken, düşeyde en uzak mesafeye ise 75^0 lik açının sağladığı görülmüştür.

Y. Yu, M. Shademan ve arkadaşları 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada geometri çeşitliliğinin nozul akışı üzerindeki etkisini HAD ile analiz etmiş ve farklı türbülans modellerini farklı tipteki nozullara uygulayarak sonuçları kıyaslamıştır. [2]

Zhang ve Zhu 2013 yılında yaptığı çalışmada ayarlanabilir su jeti nozullarındaki akış durumunu incelemiştir. Bu çalışmada nozul çıkış açısı ve iğne vananın açısı değiştirilerek farklı durumlarda akış analizi yapılmıştır. Sayısal analiz tek fazlı olarak

yapılmış, Standart K-e türbülans modeli tercih edilmiş ve çalışmalar Ansys Fluent programında yapılmıştır. Çalışmada aynı zamanda nozul çıkışına belli mesafede düz boru eklenmiş ve bu şekilde sayısal analizler de yapılmıştır. Performans olarak düz boru eklenmiş nozulun, diğer nozullara göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. [3]

Z. L. Fang ve arkadaşları 2013 yılında yaptığı çalışmada organ boru nozulunun akış alanı karakteristiğini sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışma zamana bağlı ve çift fazlı çözülmüş olup, K-e türbülans modeli tercih edilmiştir. Çalışmada farklı giriş basıncı değerlerinde kavitasyon etkisi gözlemlenmiştir. Aynı zamanda hıza bağlı olarak kavitasyon değerleri incelenmiştir. Son olarak deneysel çalışma yapılmış ve sayısal analiz sonuçlarıyla deneysel sonuçların tutarlı olduğu gösterilmiştir. [4]

A. Ç. Bilir ve arkadaşları yapmış olduğu çalışmada su jeti nozullarındaki akışı sayısal olarak incelemişlerdir. Jet akışında istenilen atış mesafesine ulaşılabilmesi için su topunun su çıkış kısmında çıkış hızını ayarlamak için nozul kullanılır. Nozul dizaynında dikkat edilmesi gereken husus nozulun oluşturduğu tepki kuvvetlerinin en aza indirilmesidir. Bu bağlamda bu çalışmada öncelikle daha önce yapılan bir çalışmayı tekrar modelleyerek valide etmiş ve daha sonra giriş ve çıkış çapları aynı olan 5 farklı nozul geometrisi oluşturulmuştur. Farklı giriş basınçlarında bu nozullardaki jet akış durumu incelenmiştir. Aynı giriş basıncı şartlarında en çok debiyi geçirip, en az tepki kuvveti oluşturan nozulun ters pelton adı verilen konveks ve konkav açılardan oluşan nozulun gösterdiği anlaşılmıştır. Hesaplamalar 3 boyutlu, türbülanslı ve sıkıştırılamaz akım için gerçekleştirilmiştir. Türbülans modellemesi için 2 denklemli k-w türbülans modeli tercih edilmiştir. [5]

N. Baisheng ve arkadaşları 2011 yılında yapmış oldukları çalışmada yüksek basınçlı aşındırıcı su jeti nozullardaki akışı sayısal olarak incelemişlerdir. Nozulların giriş basıncı değiştirilerek nozul çıkışındaki şok basıncı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada bir ticari yazılım olan Ansys Fluent paket programı kullanılmıştır. Türbülans modellemesi için 2 denklemli RNG K-e modeli tercih edilmiştir. [6]

B. Yuan ve arkadaşları 2012 yılında yapmış oldukları çalışmada yüksek basınçlı konveks nozullardaki akışı farklı türbülans modellerini kullnarak sayısal olarak incelemiş ve istatiksel analiz ile karşılaştırma yapmışlardır. Yapılan çalışmada jet nozullarında k-w

türbülans modelinin daha iyi sonuç verdiğini görmüşlerdir. Ancak buna rağmen K-e türbülans modelinin de jet nozullarındaki akış problemlerinde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. [7]

Hu G.ve arkadaşları 2010 yılında yapmış oldukları çalışmada yangın monitöründeki akışı Ansys Fluent paket programıyla çift fazlı bir problem olarak ele almış ve sayısal olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada yangın monitörü ucunda kullanılan nozul sayesinde oluşturulabilen iki farklı akış tipi olan spray jet akışını ve doğrusal jet akışını incelemişlerdir. Yangın monitöründe kullanılan jet nozulunun performansının iyileştirilmesi üzerine bir dizi çalışmalar yapılmıştır. [8]

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada bir gemi üstü harici yangın söndürme sistemi ekipmanı olan su topundaki akış hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi kullanılarak incelenmiş, bunun yanısıra prototip ürün üretilerek deneysel çalışmalarla sayısal analizler arasında validasyon sağlanmıştır. Daha sonra nozul yapıları farklı olan su topları modellenmiştir. Bu su topları için de sayısal analizler yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı sayısal analizler ve deneysel çalışmalarla bir su topu akışına etki eden parametrelerin incelenmesi, ayrıca sayısal analizleri yapılan farklı su topu geometrilerinde çıkış debisi ve ortalama çıkış hızı konularında mukayese yapılarak uygun nozullu su topu geometrisinin belirlenmesidir.

1.3 Hipotez

Farklı su topu geometrileri tasarlanmış ve bu su topları için farklı giriş basınçlarında akış analizleri gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bir adet su topu prototipi üretilerek yine farklı giriş basınçlarında testler gerçekleştirilmiştir. Sayısal analiz ve deney sonuçlarının %92 oranında yakınsadığı görülmüştür. Sayısal analiz sonuçlarında en iyi performansa sahip su topunun ters pelton nozullu su topu olduğu görülmüştür.

BÖLÜM 2

MATEMATİK ALTYAPI

2.1 Akışkanlar Mekaniğinin Temel Diferansiyel Denklemleri

Hareketin diferansiyel denklemlerini çözmek oldukça zordur ve bu denklemlerin genel matematiksel özellikleri hakkında oldukça az şey bilinmektedir. Bununla beraber, büyük eğitsel değere sahip olan belirli bazı şeyler yapılabilir. İlk olarak denklemler çözülmemiş olsalar dahi akışkanın hareketini düzenleyen temel boyutsuz parametreleri ortaya çıkarırlar. Daimi akış ve sıkıştıralamaz akış kabulleri yapılırsa önemli sayıda yararlı çözümler elde edilebilir. Üçüncü ve oldukça büyük bir basitleştirme sürtünmesiz akış kabulüdür ve Berboulli denklemini geçerli kılar ve çok çeşitli idealleştirilmiş, ya da ideal akışkan, muhtemel çözümleri sağlar. Bu bölümde akışkan hareketini analiz etmek için akışkanlar mekaniğinin temel diferansiyel denklemleri verilecektir.

2.1.1 Akışkanlar Mekaniğinin Temel Denklemlerinin Kapalı Formu

Su topu içindeki türbülanslı akımı modelleyen denklemler literatürdeki süreklilik, momentum ve 2 denklemli k-w türbülans modelidir.

Süreklilik denklemi;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho.\vec{V}) = 0 \qquad (2.1)$$

X yönünde momentumun korunumunun diferansiyel denklemi

$$\rho \frac{D_u}{D_t} = \frac{\partial(-\rho+\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + S_{M_x} \qquad (2.2)$$

Y yönünde momentumun korunumunun diferansiyel denklemi

$$\rho \frac{D_v}{D_t} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial(-\rho+\tau_{yy})}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + S_{M_y} \quad (2.3)$$

Z yönünde momentumun korunumunun diferansiyel denklemi

$$\rho \frac{D_w}{D_t} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial(-\rho+\tau_{zz})}{\partial z} + S_{M_z} \quad (2.4)$$

Su topu içerisindeki akış çalışması için farklı giriş basınçlarında yapılan sayısal analizlerde su topu akış hacminin bölünen bir yapıya sahip olması sebebiyle ve ayrışan akışlarda iyi performans gösterdiği bilinmesi sebebiyle 2 denklemli k-w türbülans modeli tercih edilmiştir.

Standart k-ω Türbülans Modeli

Standart k-ω türbülans modeli D.C Wilcox, (1998) taradından geliştirilmiş bir türbülans modeli olup düşük olup Reynolds sayısı etkisini, sıkıştırılabilirliği ve kayma yayılmalarını göz önüne alır. Standart k-ω türbülans modelinde türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülans kinetik enerjisi kayıp oranı (ω) için taşınım denklemleri aşağıda gösterilmektedir:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k})\frac{\partial k}{\partial x_j}] + G_k - Y_k \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial(\rho \omega)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \omega u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}[(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\omega})\frac{\partial k}{\partial x_j}] + G_\omega - Y_\omega \quad (2.6)$$

Bu denklemlerde görülen G_k ortalama hız gradyenlerinden dolayı kinetik enerjinin üretimini, G_ω ise ω'nın üretimini ifade eder. Y_k ve Y_ω türbülanstan dolayı k ve ω için kaybı gösterir.

σ_k ve σ_ω türbülans Prandtl sayıları olup (k ve ω için) türbülans viskozitesi aşağıdaki gibi hesaplanır. α^*

$$\mu_t = \alpha^* \frac{\rho k}{\omega} \quad (2.7)$$

α^* düşük Reynolds sayısı düzeltmesine sebep olan bir katsayıdır.

Yüksek Reynold sayılı akışlarda k-ω modelinde α^*=1'dir.

$$G_k = -\rho\overline{u_i' u_j'}\frac{\partial u_j}{\partial x_i} \tag{2.8}$$

Boussinesq yaklaşımı bağlamında G_k'yı değerlendirmek gerekirse;

$$G_k = \mu_t S^2 \tag{2.9}$$

S ise ortalama rate-of-strain tensörüdür.

$$G_\omega = \alpha\frac{\omega}{k}G_k \tag{2.10}$$

2.2 Kullanılan Hesaplamalı Analiz Yöntemi

2.2.1 Sonlu Hacimler Yöntemi (FVM)

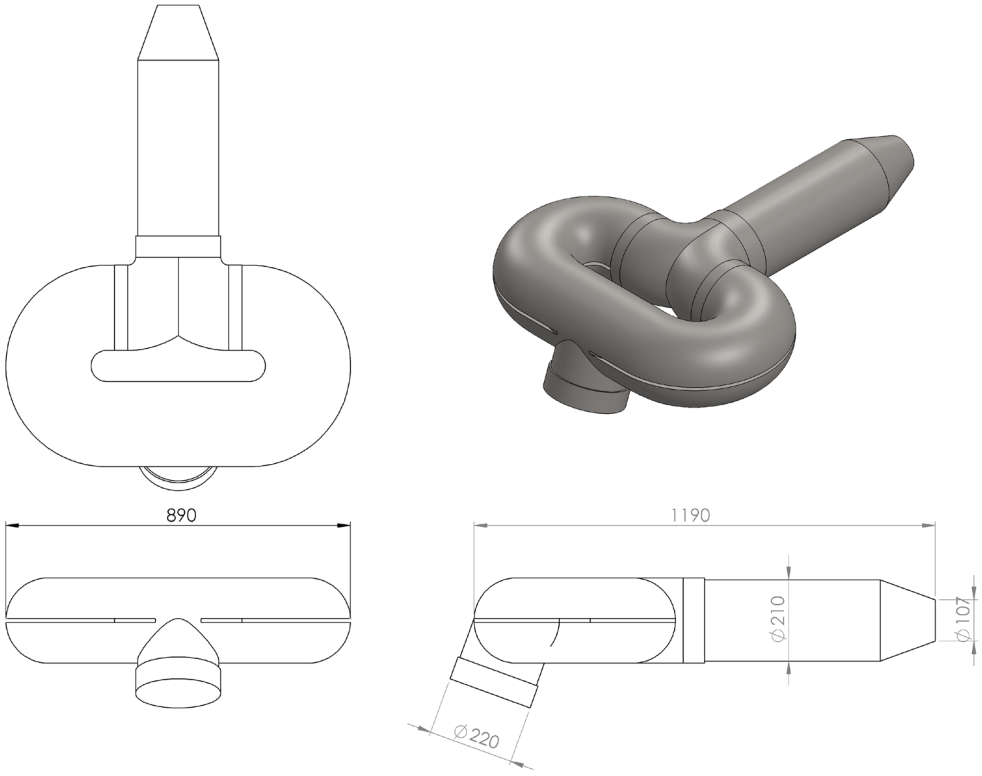
Sonlu hacimler yöntemi kısmi diferansiyel denklemlerin çözümünde kullanılan sayısal bir yöntemdir. Çözüm sonucunda korunumlu değişkenlerin değerleri kontrol hacmi üzerinde hesaplanır. Sonlu hacimler yönteminde kısmi diferansiyel denklem kontrol hacmi üzerinde integre edilir. Bu hacim integrasyonundaki diverjans içeren terimler diverjans teoremi ile yüzey integrallerine dönüştürülür. Daha sonra bu terimler her bir sonlu hacmin yüzeyindeki akılar olarak değerlendirilir. Bir hacme giren akı miktarı ona komşu hacimden çıkan akı miktarına eşit olacağından yöntem korunumlu bir yöntemdir. Yapısal çözüm ağlarında olduğu kadar yapısal olmayan çözüm ağlarında da başarılı sonuçlar vermesi bu yöntemin bir avantajıdır. [9]

BÖLÜM 3

SU TOPUNDAKİ AKIŞIN DENEYSEL İNCELENMESİ

3.1 Su Topunundaki Akışın Deneysel İncelenmesi

Şekil 3.3'te boyutsal resmi gösterilen konik nozullu su topu prototip olarak üretilmiş ve deney çalışmaları bu su topu üzerinde yapılmıştır. Deneyler İstanbul Tuzla'da bulunan Devlet Liman Hizmetleri'nin sahasında uluslar arası bir klas kuruluşu olan Fransız Loydu (Bureau Veritas) gözlemcisi gözetiminde yapılmıştır.

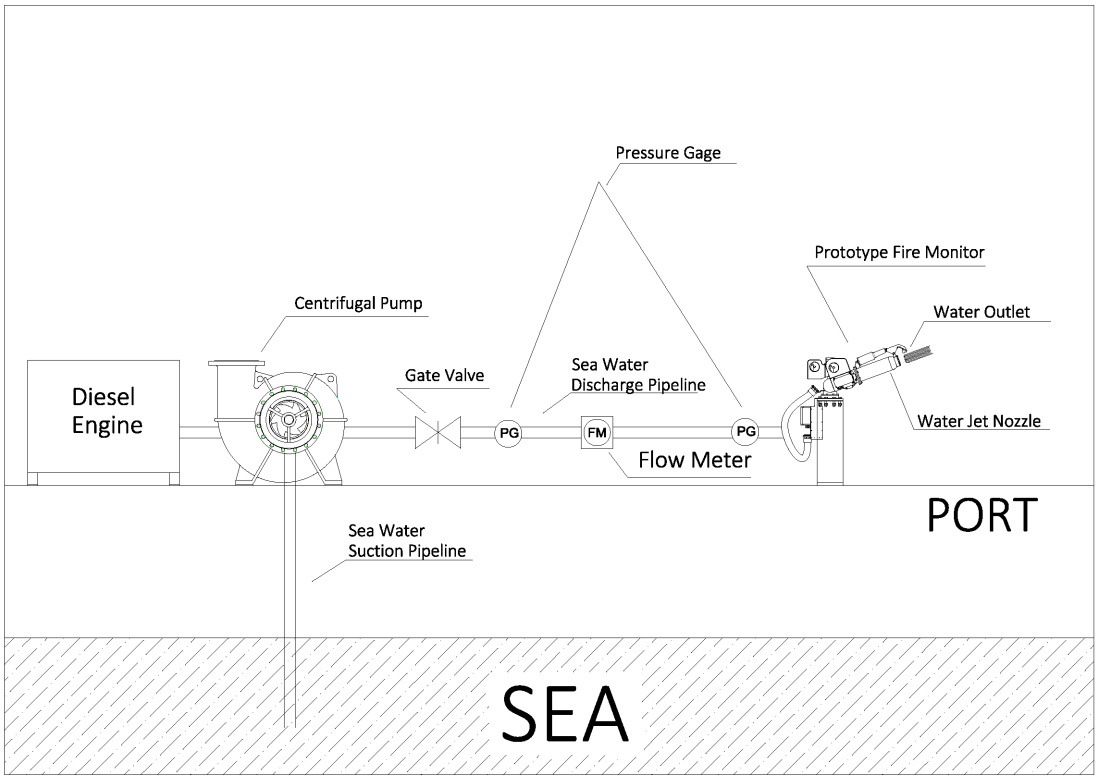


Şekil 3.1 Konik nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi ve boyutsal resmi

Deneylerde ölçülen değerler su topu giriş basıncı, su topunun geçirdiği debi ve su topunun suyu yatay ve düşeyde attığı mesafedir. Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında yalnızca su topunun giriş basıncı ve geçirdiği debiler üzerinde durulmuştur.

3.2 Deney Düzeneği

Deney düzeneğinde bulunan ekipmanlar şunlardır; 1 adet 820 kW gücünde dizel motor, 1 adet 1350 m^3/h debi kapasiteli santrifüj pompa, 1 adet dijital debimetre, 2 adet basınç ölçer, 1 adet gate vana ve bire bir boyutlarda bir adet prototip su topu. Bu deneysel çalışmada kullanılan tüm ölçü aletleri kalibrasyonludur. Şekil 3.1'de deney düzeneğinin şematik gösterimini ve Şekil 3.2'de gerçek deney düzeneğinin fotoğraflanmış hali gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Deney düzeneği şematik gösterimi



Şekil 3.3 Gerçek deney düzeneği gösterimi

Dizel motorun tahrikiyle birlikte santrifüj pompanın kolayaca su çekebilmesi için deney düzeneğinin kurulumu için denize sıfır bir alan tercih edilmiştir. Santrifüj pompa dizel motordan aldığı güç ile birlikte denizden çektiği deniz suyunu boru devresine iletir. İlgili boru devresinden geçen su son olarak su topuna gelir ve burada atmosfere atılır.

Deney esnasında su topu düşey ve yatay yönde sabitlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar su topunun yatay yönde maksimum mesafeye suyu atabilmesi için yerle 35^{0}'lik bir açı yapacak şekilde durması gerektiğini göstermiştir. Deneyden edinilen bu bilgi doğrultusunda yapılan diğer deneysel çalışmalar su topunun yerle 35^{0}'lik açı yapar pozisyondayken gerçekleştirilmiştir.

Deney çalışmaları farklı basınç değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Deney sırasında su topunun hemen girişindeki basınç değeri okunmuş ve o basınç değerinde su topunun geçirdiği debi değeri dijital debimetreden okunarak kaydedilmiştir.

Çizelge 3.1'de konik nozullu su topu ile yapılan deney çalışmasının sonuçları su topu giriş basıncı değişkenine göre su topunun geçirdiği debi ve su topunun suyu yatayda attığı mesafeler gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Konik nozullu su topu ile yapılan deney çalışmasının sonuçları

Basınç (Bar)	6 Bar	7 Bar	8 Bar	9 Bar	10 Bar
Debi (m^3/h)	930 m^3/h	990 m^3/h	1075 m^3/h	1130 m^3/h	1200 m^3/h
Atma Mesafesi(m)	90 m	100 m	110 m	115 m	130 m

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı gibi basınç arttıkça debi miktarı artmaktadır. Yine aynı şekilde basınç arttıkça su topunun suyu fırlatma mesafesi de artmaktadır. Yüksek debi ve yüksek suyu fırlatma mesafesi özellikleri su topundan istenen ana özelliklerdir. Bu durumda giriş basıncı ne kadar yüksek olursa su topunun performansı o kadar iyidir ancak basınç miktarının daha fazla artırılabilmesi için pompanın daha büyük kapasitede seçilmesi gerekmektedir. Bu da gemi üstü harici yangın söndürme sisteminin geminin ana makinasından ya da dizel makinasından duyulan gücün artması anlamına gelmektedir. Fakat gemilerde bu kadar büyük güçlerin harici yangın söndürme sistemleri için ayrılması uygulama olarak genelde mümkün olmamaktadır. Bu sebeple basınç belirli bir düzeye kadar artırılabilmektedir. Özetle eşit debide suyu en az giriş basıncıyla atabilen su topu debi açısından en iyi performansa sahip su topudur denilebilir.

BÖLÜM 4

SU TOPUNDAKİ AKIŞIN HAD İLE ANALİZİ VE DENEYSEL ÇALIŞMAYLA KIYASLANMASI

4.1 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) Yardımı ile Su Topunda Analiz

Birçok mühendislik problemi geometri karmaşıklığı nedenyile analitik olarak çözülememekte ancak geometrinin sonlu sayıda alt hacimlere bölünmesiyle çözümlenebilmektedir. Su topundaki akış özellikleri olan basınç ve hız değerlerinin deney ile elde edilmesi oldukça pahalı ve zordur. Bu sebepten dolayı su topu formu akış karakteristikleri açısından hesaplamalı akışkanlar dinamiği tekniklerinden sonlu hacimler yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Bu bölümde 3 farklı su topundaki jet akışın HAD ile analizi anlatılacaktır. Bu analiz için FLUENT hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı kullanılmıştır. Su topundaki jet akış için 2 denklemli k-ω türbülans modeli tercih edilmiştir. Farklı giriş basınçlarında yapılan sayısal analizler için çıkış debileri ve su topu nozulu doğrultusundaki ortalama su çıkış hızları hesaplanmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında çalışmalar yalnızca hesaplamalı akışkanlar dinamiği çalışmalarıyla sınırlı kalmayıp, çalışma kapsamında sayısal analizi yapılan bir adet su topu prototipi gerçek boyutlarda üretilmiş ve deneyel çalışmalar da yapılmıştır. Bu bölümde sayısal analizlerin anlatımına ek olarak, bir önceki bölümde anlatılan deneysel çalışmaların sonuçları ve sayısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Sayısal analiz işleminin gerçekleştirilebilmesi için aşağıdaki sıra izlenmiştir.

1. Su topu geometrilerinin modellenmesi ve sınır şartlarının tanımlanması
2. Su topu çıkış debilerinin bulunması
3. Su topu nozulu doğrultusundaki ortalama su çıkış hızların bulunması

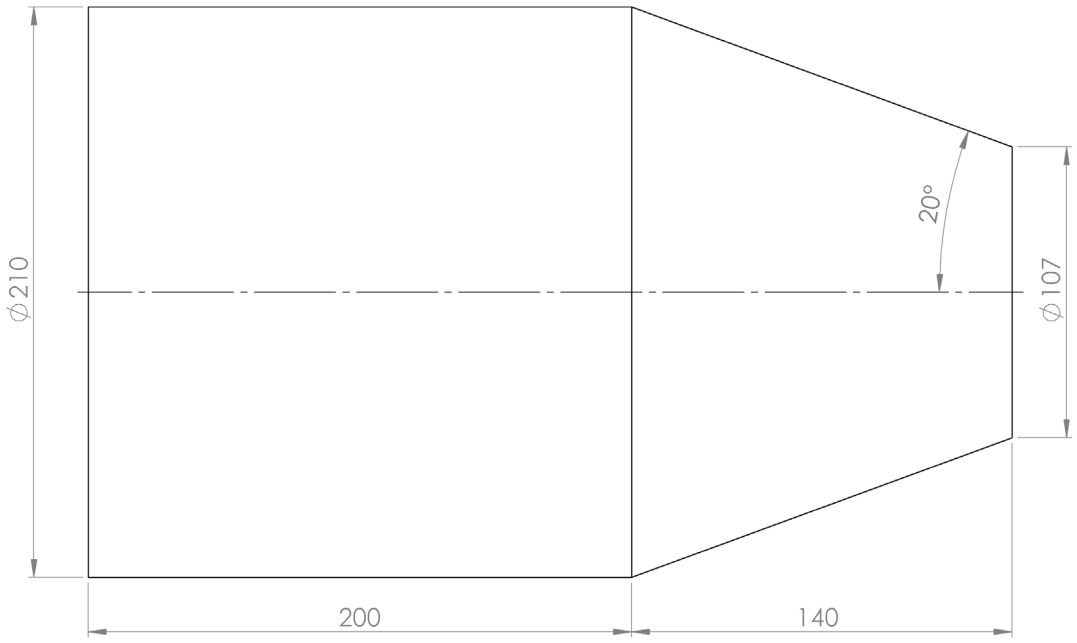
Bu çalışmada hesaplamalar su topu giriş basıncı olan 8, 9 ve 10 bar için ayrı ayrı yapılmış ve akışkan olarak yoğunluğu 1025 kg/m^3 olan ve dinamik viskozitesi 0,001003 kg/m-s olan denizsuyu tercih edilmiştir. Ayrıca sayısal analizlerde 2 denklemli SST k-w türbülans modeli kullanılmıştır.

4.2 Su Topundaki Sayısal Analizler Ve Deneysel Çalışmayla Kıyaslanması

4.2.1 Sayısal Analiz ve Deneysel Çalışma Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bölüm 3'te konik nozullu su topu için yapılan deneysel çalışma sonuçları bu bölümde sayısal analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Sayısal analizler 8, 9 ve 10 bar giriş basıncı için yapılmıştır. Deneyde kullanılan konik nozullu su topunun geometrisi ve ayrıntılı olarak nozul boyutları Şekil 4.1 ve 4.2'de verilmiştir.

Şekil 4.1 Konik nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi ve boyutsal resmi



Şekil 4.2 Konik nozul

HAD analizi yapılacak olan su topuna ait ana boyut ve geometrik özelliklerin belirlenmesinden sonra su topunu oluşturan yüzey meydana gelmiştir. Yüzey modellenmesi için ticari bir CAD programı olan Solidworks kullanılmıştır. Elde edilen bu yüzeyin analizinin yapılabilmesi için uygun ağ yapısı Ansys Meshing üzerinde meydana getirilmiştir.

4.2.2 Ağ Yapısının Oluşturulması ve Sınır Şartlarının Tanımlanması

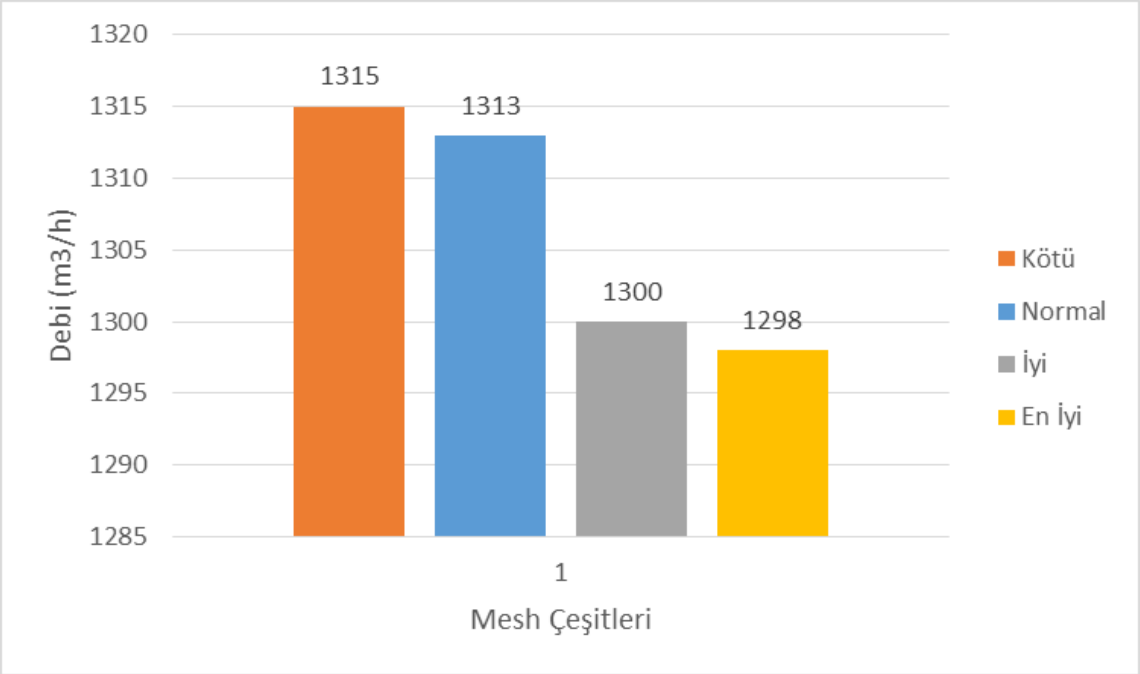
4.2.2.1 Mesh Analizi

Yapılan analizler konik nozulu su topu için farklı sayıda hacimsel elemanlar için ayrı ayrı denenmiş ve sonunda grid sayısından bağımsız çözüm elde edilmiştir. 1459756, 2939364, 6000909 ve 8016640 elemandan oluşan 4 farklı eleman sayısına sahip ağ yapıları için 10 bar giriş şartında 4 adet sayısal analiz yapılmıştır. Bu mesh yapıları sırasıyla kötü, normal, iyi ve en iyi olarak adlandırılmıştır. Konik nozullu su topu için yapılan analizde debi değerleri iyi mesh yapısında oturmuş ve çok iyi mesh yapısıyla aralarında oldukça az bir debi farkı olduğu görülmüştür. Çizelge 4.1'te farklı ağ yapıları, ağ sayıları ve her bir ağ yapısı için sayısal analiz sonucunda elde edilen debiler gösterilmektedir. Eleman sayısından bağımsız çözüm elde edildikten sonra, yapılan

çözümlerde zaman kazancı sağlamak adına çok iyi mesh yapısı yerine, iyi olan mesh yapısıyla tüm çözümler yapılmıştır. Bir sonraki bölümde gösterilen su topu geometrileri için de, su topu geometrilerinin birbirine benzer olması sebebiyle iyi mesh yapısı olarak adlandırılan mesh yapısına benzer bir mesh yapısı kullanılmış ve sayısal analizler bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.1 Farklı eleman sayılarıyla yapılan sayısal analiz sonuçları

Ağ Yapısı	Kötü	Normal	İyi	En İyi
Eleman Sayısı	1459756	2939364	6000909	8016640
Debi (m^3/h)	1315	1313	1300	1298



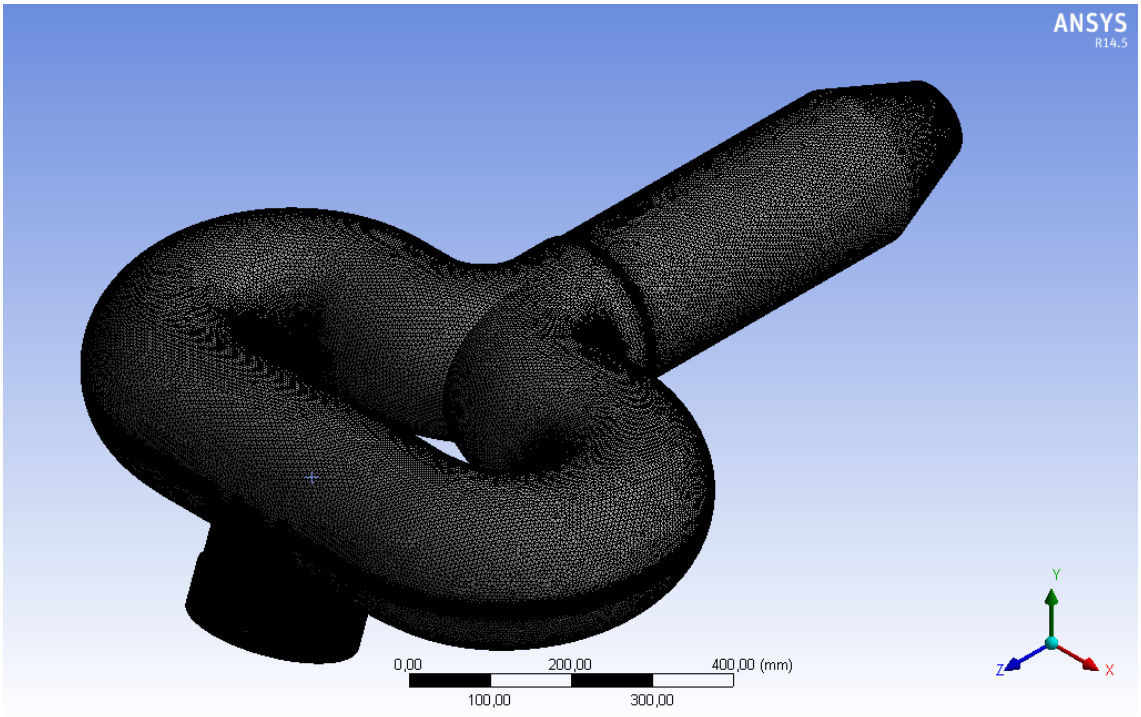
Şekil 4.3 Farklı Mesh Sayıları ile Debi Miktarının Kıyaslanması

Akış hacmi olarak hazırlanan geometriler Ansys Meshing'e transfer edilerek hesaplama hacmi ve ağ yapısı oluşturulmuştur. Ansys Meshing yapısal veya yapısal olmayan sonlu hacimler üreterek temel denklemlerin çözülmesini sağlar. Jet akış problemlerinde iyi sonuç vermesi sebebiyle diktörtgenler prizması (hexadral) ızgara yapısı tercih edilmiştir. Analiz sonuçlarının istenen hassasiyeti vermesi ve su topu boru cidarları

çevresinde sürtünmelerin program tarafından hesaplanabilmesi için su topunun tüm boru çevresinde daha sık bir ızgara yapısı kullanılmaya çalışılmıştır.

Hesaplama hacmi içerisindeki ızgara boyutlarının ve yapısının belirlenmesi analizin en önemli aşamalarından biridir. Büyük ızgara yapılarının seçilmesi durumunda problem yakınsama problemi çekecek, gereğinden küçük ızgara yapısının olması durumunda ise ızgara sayısı artacağından bilgisayarın hesap yükü ve haliyle çözüm süresi artacaktır.

Şekil 4.4'te sayısal analiz için kullanılacak konik nozullu su topu için oluşturulmuş ağ yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Konik nozullu su topu akış hacminin ağ yapısı

Sınır şartları olarak 220 mm çaplı altta bulunan su topu girişine suyun giriş basıncı olan sırasıyla 8, 9, 10 ve 12 bar (pressure inlet), çıkış şartı olarak 107 mm çaplı yanda bulunan su topu çıkışı da basınç çıkışı (pressure outlet) olarak tanımlanmıştır.

Hesaplamalar tek fazlı, sıkıştırılamaz akım için zamandan bağımsız ve 3-D olarak yapılmıştır. Akışkan olarak yoğunluğu 1025kg/m^3 olan deniz suyu kullanılmıştır. Akışkan hacminin ayrılan yapısı sebebiyle, ayrılan akışlarda iyi bir türbülans modeli olduğu

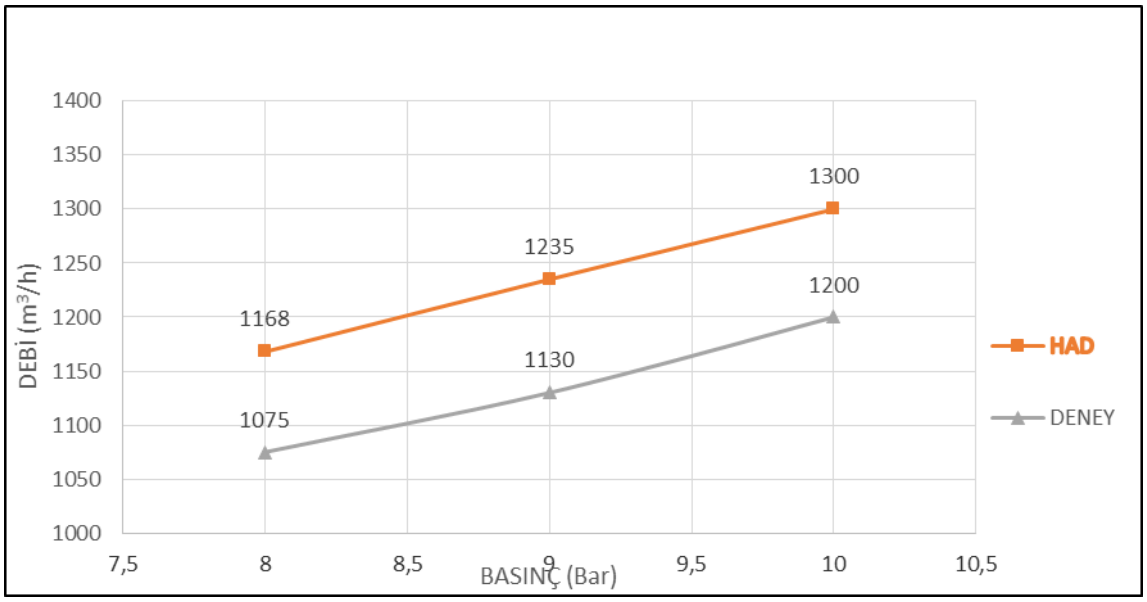
bilinen k-ω SST türbülans modeli tercih edilmiştir. Konik nozullu su topu geometrisi için analizler 8, 9, 10 ve 12 bar giriş basıncı değerlerinde yapılmıştır.

Deneyden elde edilen debi değerleri sayısal sonuçtan elde edilen debi değerleri ile karşılaştırılmıştır. Debi, basınç ilişkisine göre deney sonuçları ile sayısal analizlerin kıyaslanması Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Deney sonuçları ile sayısal analiz çalışmasının kıyaslanması

	Basınç (Bar)	8 Bar	9 Bar	10 Bar
Deneysel	Debi (m3/h)	1075	1130	1200
Analiz	Debi (m3/h)	1168	1235	1300

Şekil 4.5'de deney sonuçları ile sayısal analiz çalışmasının kıyaslanması grafikte karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Konik nozullu su topu için deney sonuçları ile sayısal analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Yukarıdaki kıyaslamada da görüldüğü gibi yapılan analizlerle, yapılan deney sonuçları arasında yaklaşık %92'lik bir uyum vardır. Bu sonuçtan faydalanarak 2 yeni nozullu su

topu geometrisi oluşturularak sayısal analizler gerçekleştirilmiş ve mevcut konik nozullu su topu ile sonuçlar karşılaştırılmıştır.

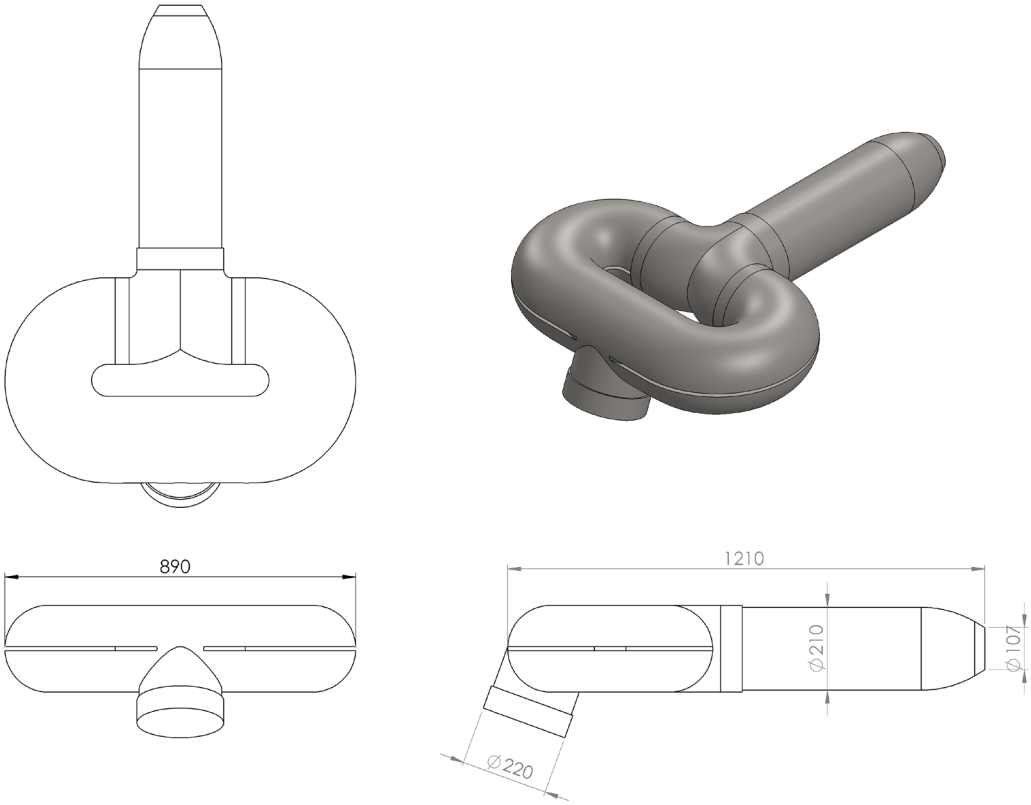
BÖLÜM 5

YENİ SU TOPLARININ MODELLENMESİ VE AKIŞIN HAD İLE ANALİZİ

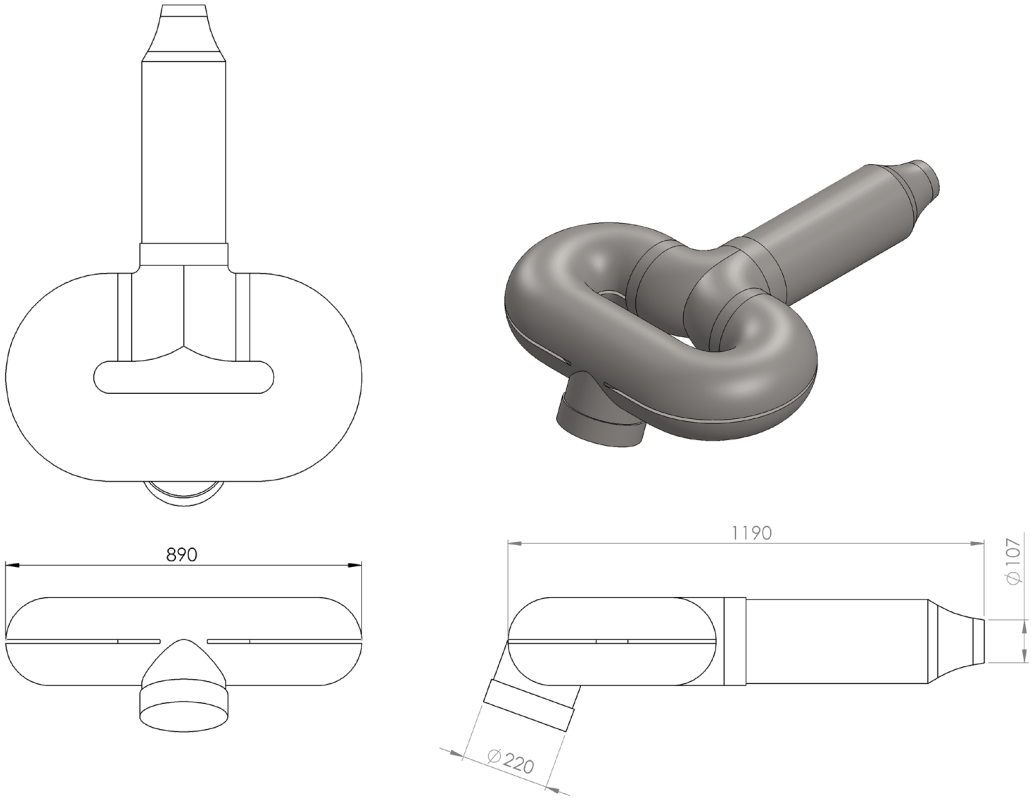
5.1 Su Topu Geometrilerinin Modellenmesi

Bölüm 3 ve 4'te söz edilen konik nozullu su topu için yapılan sayısal ve deneysel sonuçların yakın olması sebebiyle 2 farklı nozullu su topu geometrisi oluşturularak sayısal analizi gerçekleştirilmiştir. Her 3 su topu için akım hatları, basınç dağılımları ve hız alanları bu bölümde verilmiştir.

Tüm su toplarının giriş çapları ve çıkış çapları aynı olup sırasıyla, 220 mm ve 107 mm'dir. Ayrıca tüm su toplarının gövde ve boru kısımlarının geometrileri aynı olup, geometriler arasındaki tek fark su topu uçlarındaki nozullarının farklı olmasıdır. Bu bağlamda 40 derecelik lineer açılı nozula sahip su topuna konik nozullu su topu, pelton yapısına benzerliğinden dolayı bir adet su topuna pelton nozullu su topu ve son olarak ters açı yapması sebebiyle son su topuna da ters pelton nozullu su topu adı verilmiştir. Modelleme için kullanılan su topu hacminin çok karmaşık olması sebebiyle her bir boyutu bir sayı olarak gösterilememekle birlikte pelton nozullu ve ters pelton nozullu su toplarının boyutları Şekil 5.1 ve Şekil-5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Pelton nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi



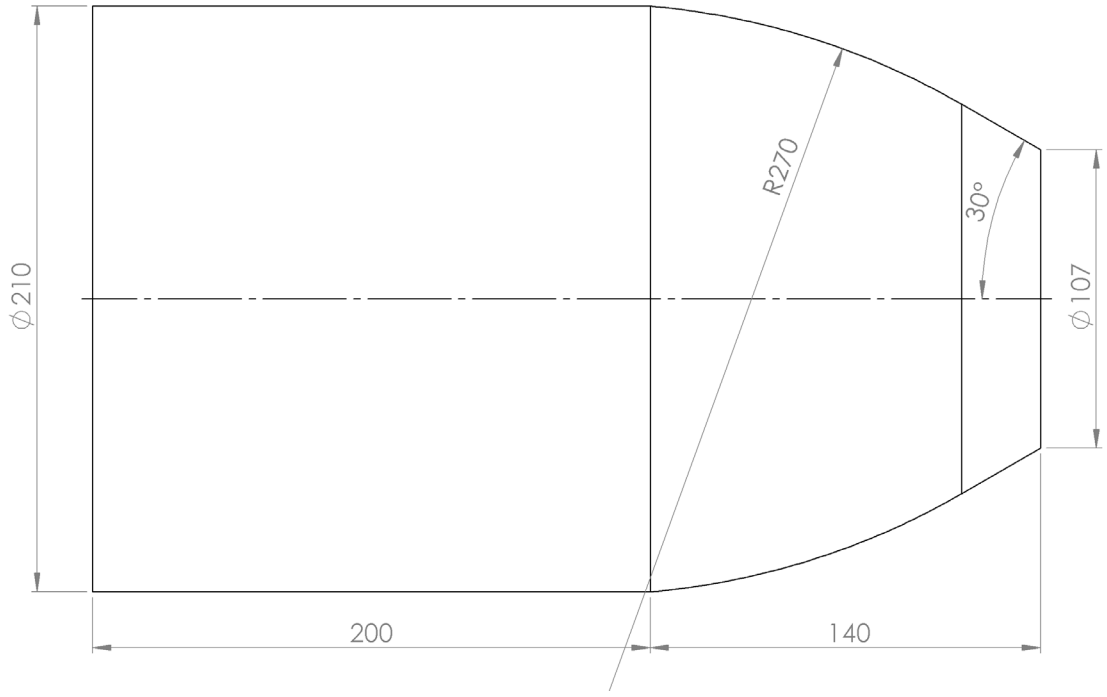
Şekil 5.2 Ters Pelton nozullu su topu akış hacmi 3 boyutlu gösterimi

Jet akışında kullanılan nozuldan aynı basınçta daha çok debi geçirip daha az kuvvet oluşturması beklenir. Bu nedenle düşük basınç kaybı oluşturan nozula sahip bir su topu modelinin belirlenmesi gerekir. [10]

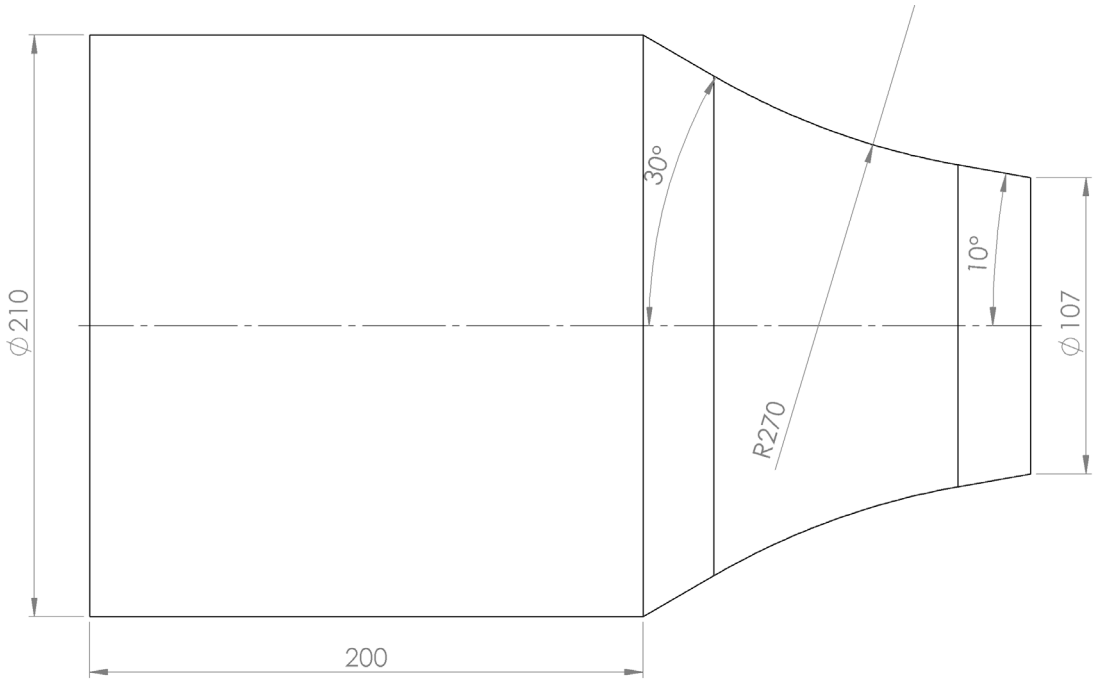
Jet akışında istenilen atış mesafesine ulaşılabilmesi için su topunun su çıkış kısmında çıkış hızını ayarlamak için nozul kullanılır. Nozul dizaynında dikkat edilmesi gereken husus nozulun oluşturduğu tepki kuvvetlerinin en aza indirilmesidir. Aynı giriş ve çıkış çaplarına sahip su toplarından suyun nozul doğrultusundaki ortalama hızının en fazla olduğu nozul atış mesafesi için tercih edilmelidir.

5.2 Oluşturulan Nozul Geometrileri

Bir önceki bölümde Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de gösterilen su toplarına ait nozul geometrileri ayrıntılı olarak Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Nozul geometrilerinin matematiksel bir formülü olmamakla birlikte su topu akışı için uygun görülen nozullar tasarlanmış ve aralarında jet akışı için en uygun su topu nozulunun bulunabilmesi için bu çalışma yapılmıştır.



Şekil 5.3 Pelton nozul



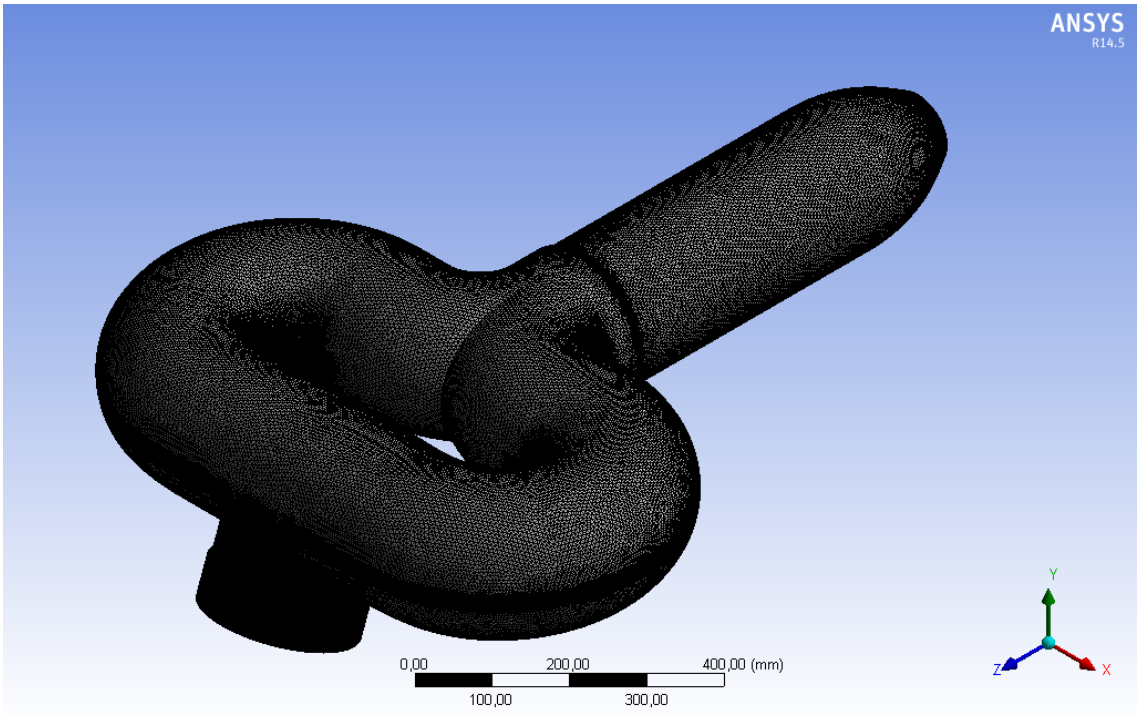
Şekil 5.4 Ters pelton nozul

5.2.1 Ağ Yapısının Oluşturulması ve Sınır Şartlarının Tanımlanması

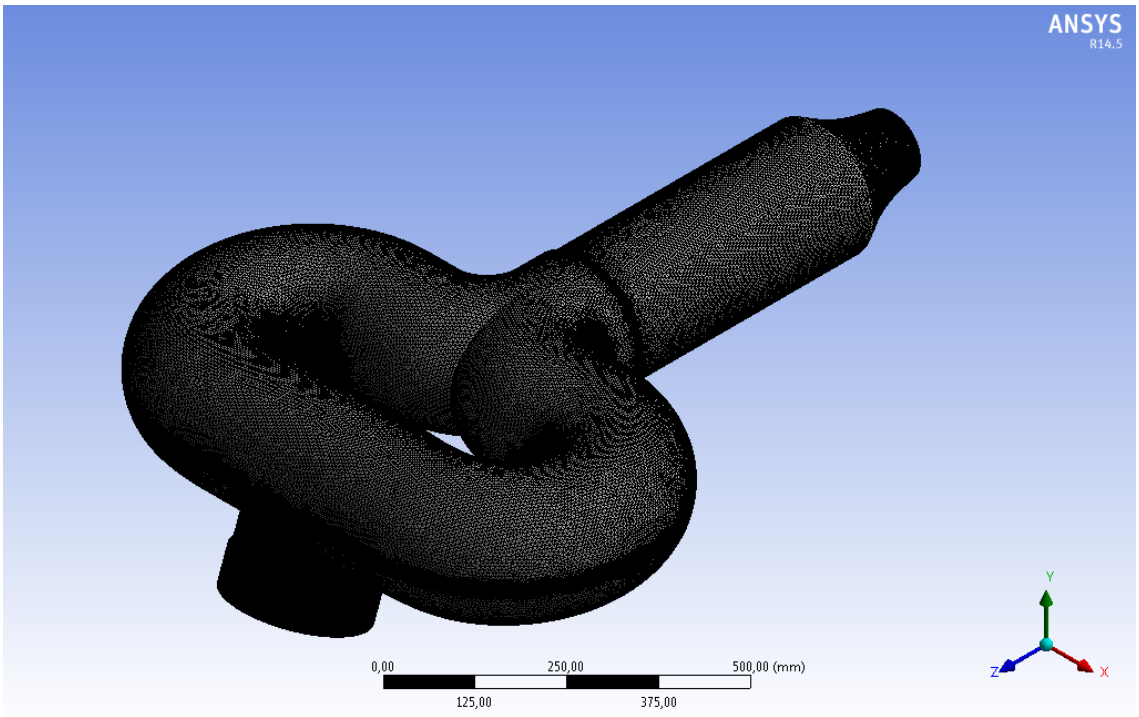
Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de analiz için kullanılacak hacimler gösterilen hacimler için ağ yapıları Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Hesaplamalar tek fazlı, sıkıştırılamaz akım için zamandan bağımsız ve 3-D olarak yapılmıştır. Akışkan olarak yoğunluğu 1025kg/m^3 olan deniz suyu kullanılmıştır. Akışkan hacminin ayrılan yapısı sebebiyle, ayrılan akışlarda iyi bir türbülans modeli olduğu bilinen k-ω SST türbülans modeli tercih edilmiştir. Her bir su topu geometrisi için analizler 8, 10 ve 12 bar giriş basıncı değerlerinde yapılmıştır.

Pelton nozullu ve ters pelton nozullu su topu akış hacimlerinde sırasıyla 6118646 ve 6008227 hacim elemanı kullanılmıştır.



Şekil 5.5 Pelton nozullu su topu akış hacminin ağ yapısı



Şekil 5.6 Ters Pelton nozullu su topu akış hacminin ağ yapısı

BÖLÜM 6

SAYISAL ANALİZ SONUÇLARI

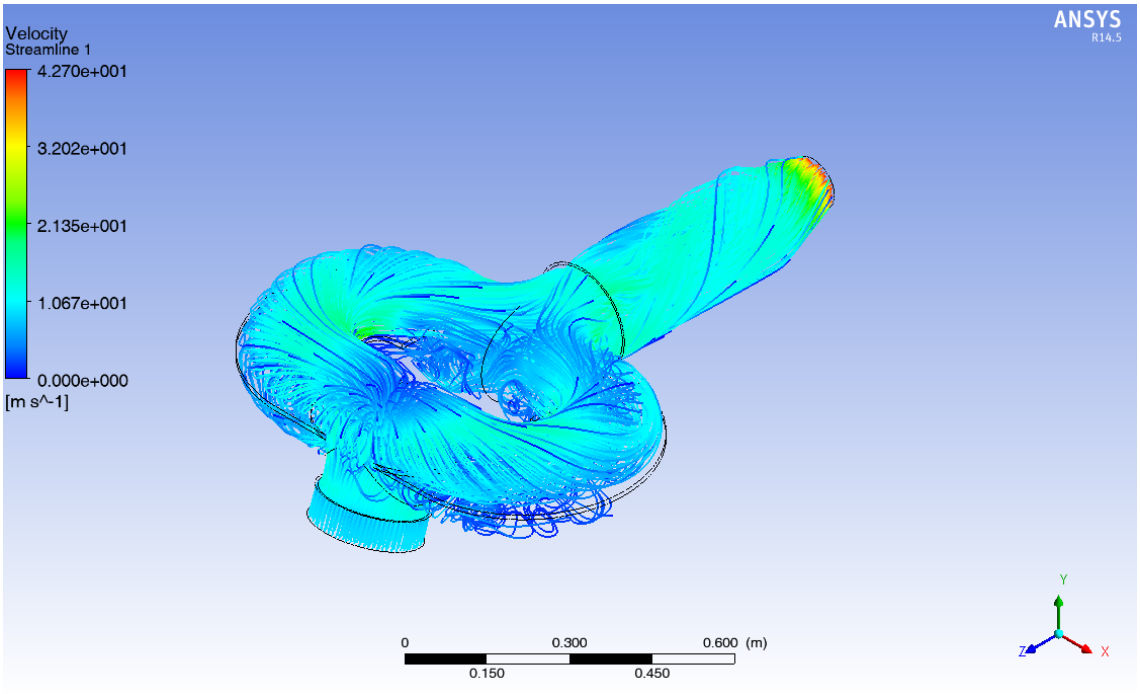
6.1 Giriş Basıncının Akım Hatlarına Etkisi

Hesaplamalar tek fazlı, sıkıştırılamaz akım için zamandan bağımsız ve 3-D olarak yapılmıştır. Akışkan olarak yoğunluğu 1025kg/m^3 olan deniz suyu kullanılmıştır. Akışkan hacminin ayrılan yapısı sebebiyle, ayrılan akışlarda iyi bir türbülans modeli olduğu bilinen k-ω SST türbülans modeli tercih edilmiştir. Her bir su topu geometrisi için analizler 8, 10 ve 12 bar giriş basıncı değerlerinde yapılmıştır. Şekil 6.1-6.6'da 10 bar giriş basıncı için 3 farklı su topuna ait akım hatları görülmektedir.

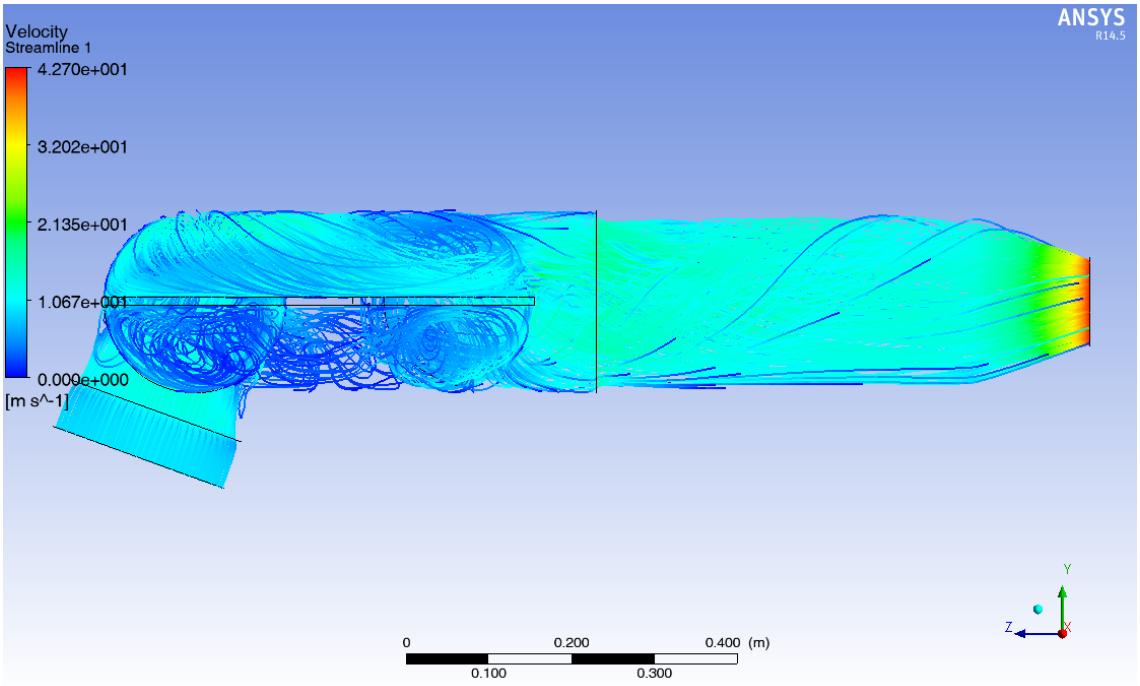
Bu şekillerde görülen akım hatlarının genellikle su topu içerisinde girdap yapılarının belirgin olduğu ve akım hatlarının birbirine çok benzer olmakla beraber ters pelton nozullu su topunda çıkışa doğru akımın merkeze doğru yoğunlaştığı görülmüştür.

Şekil 6.7-6.9'da 10 bar giriş basıncı için 3 farklı su topuna ait basınç dağılımları görülmektedir.

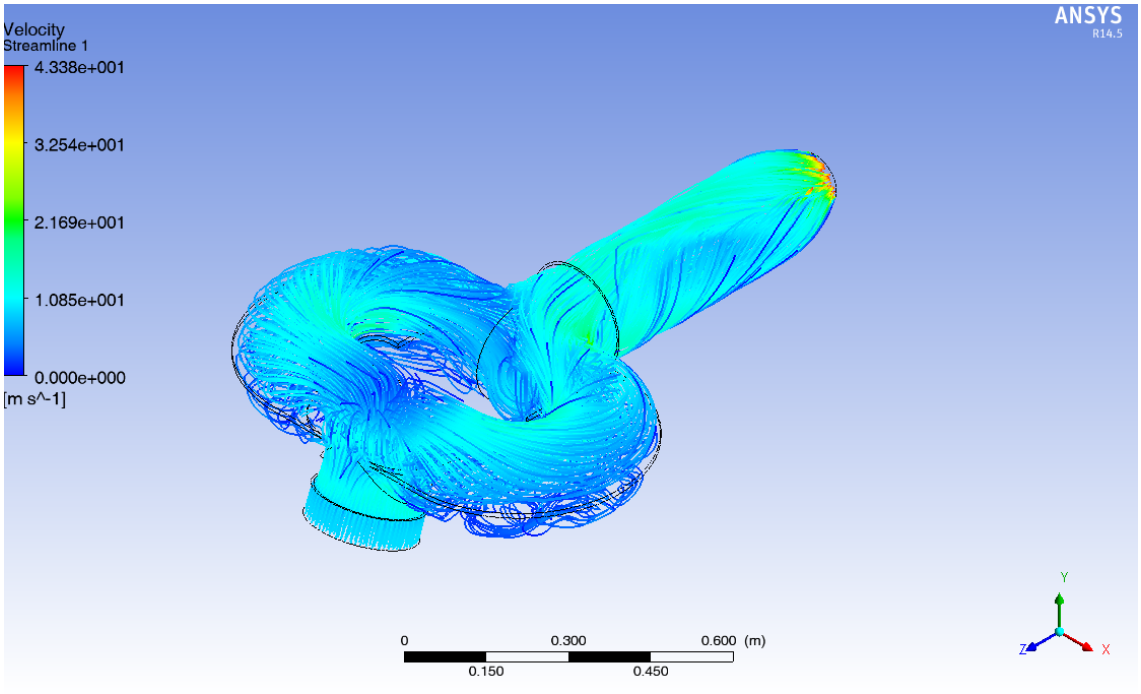
Bu şekillerde görülen basınç dağılımlarında da su topu içerisindeki basınç dağılımlarının birbirine benzer olduğu görülmekle birlikte, diğerlerinden farklı olarak ters pelton nozullu su topunun çıkışında basınç düşümünün daha erken başladığı görülmüştür.



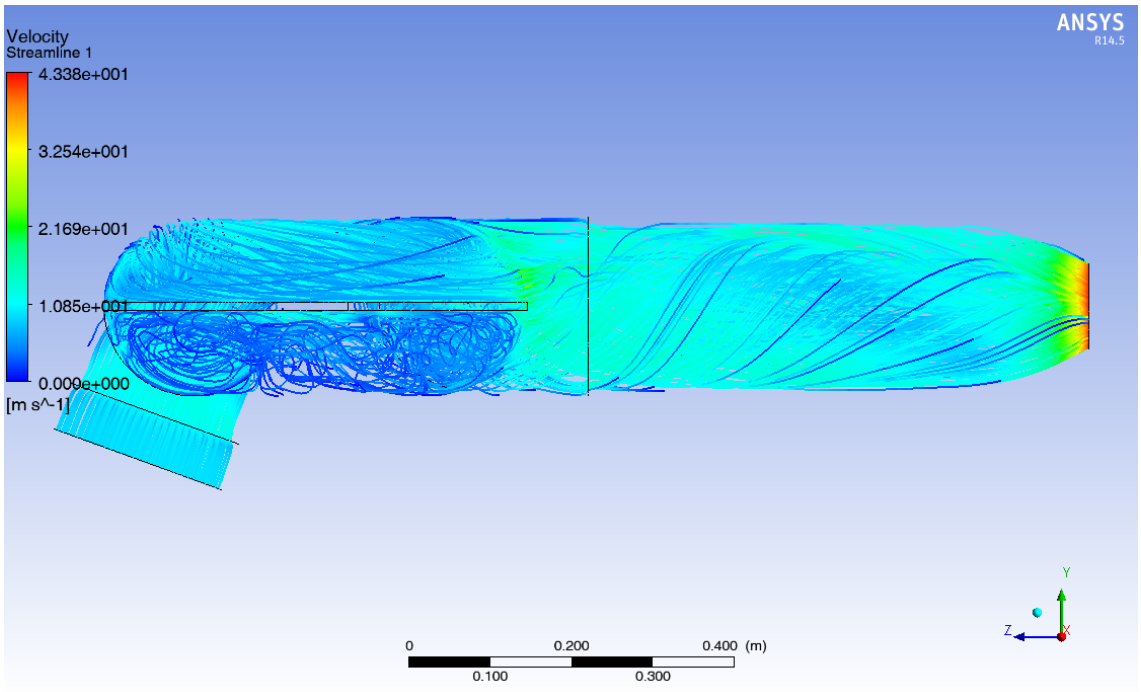
Şekil 6.1 Konik nozullu su topunun akım hatları izometrik görünümü



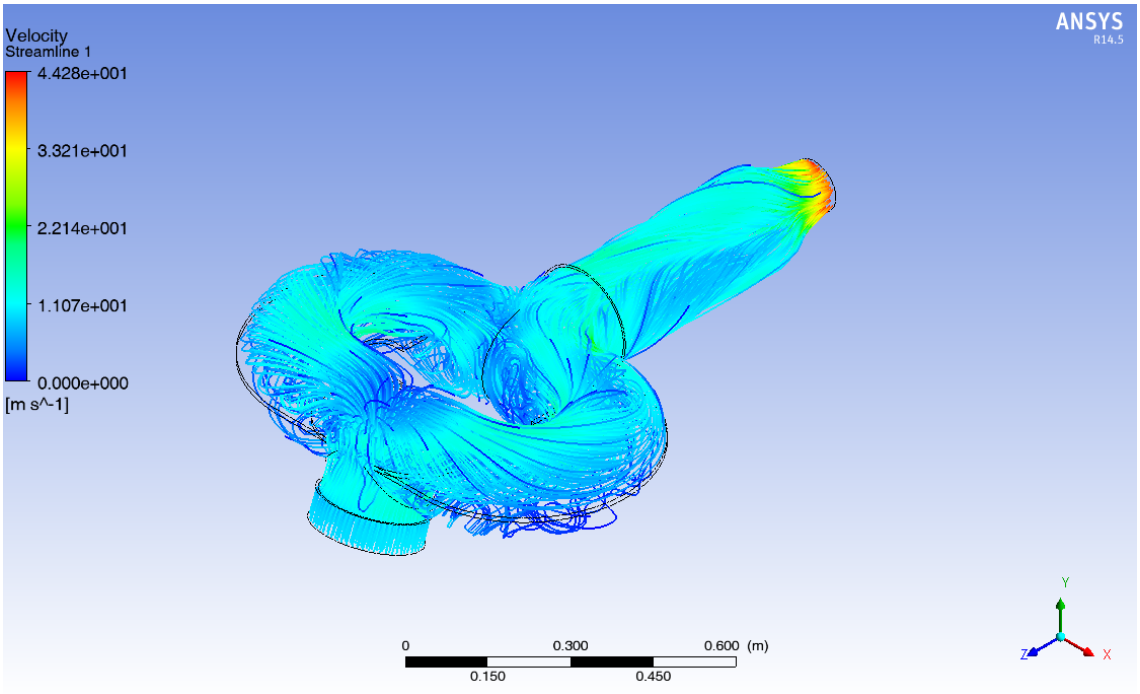
Şekil 6.2 Konik nozullu su topunun akım hatları yandan görünümü



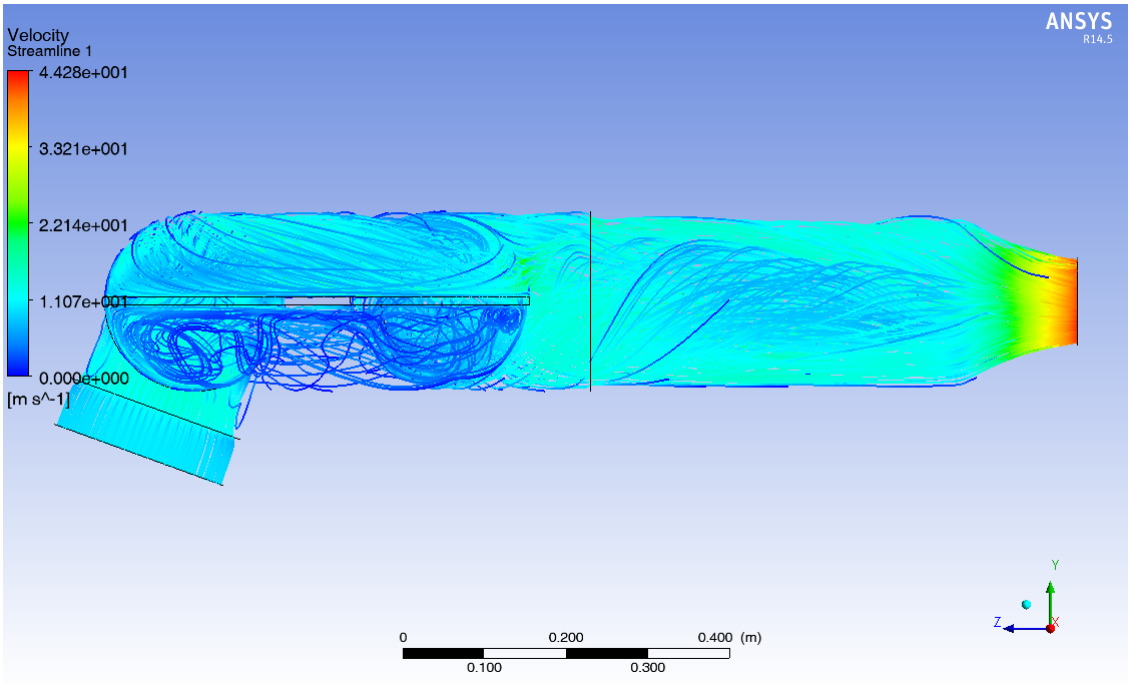
Şekil 6.3 Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı izometrik görünümü



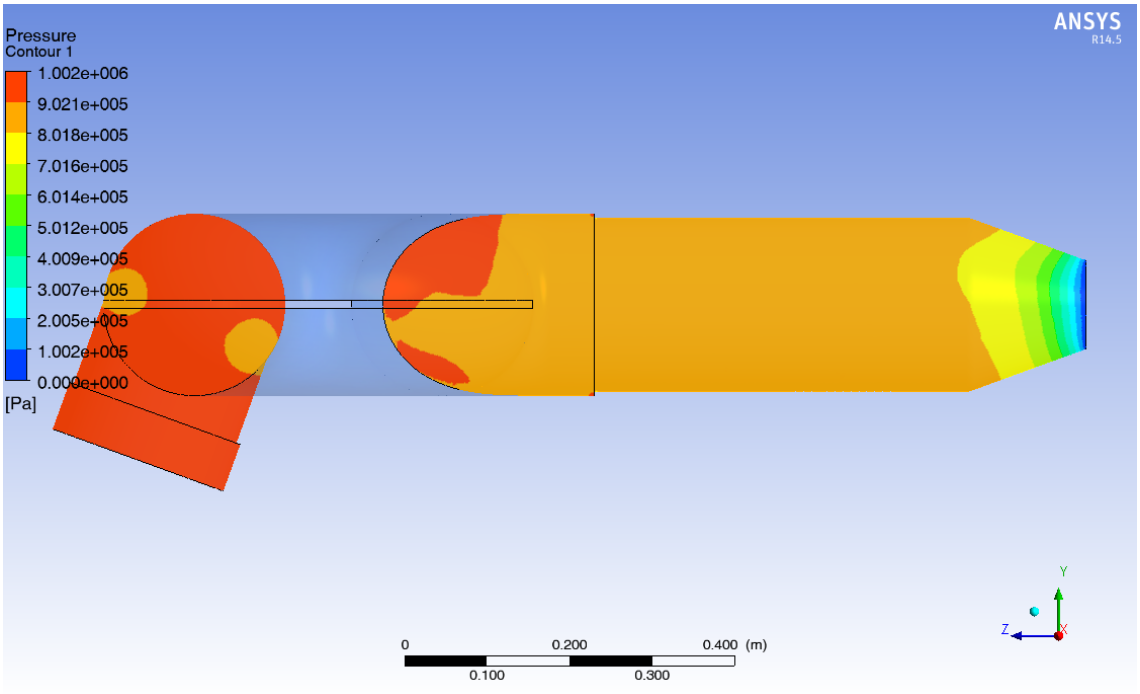
Şekil 6.4 Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı yandan görünümü



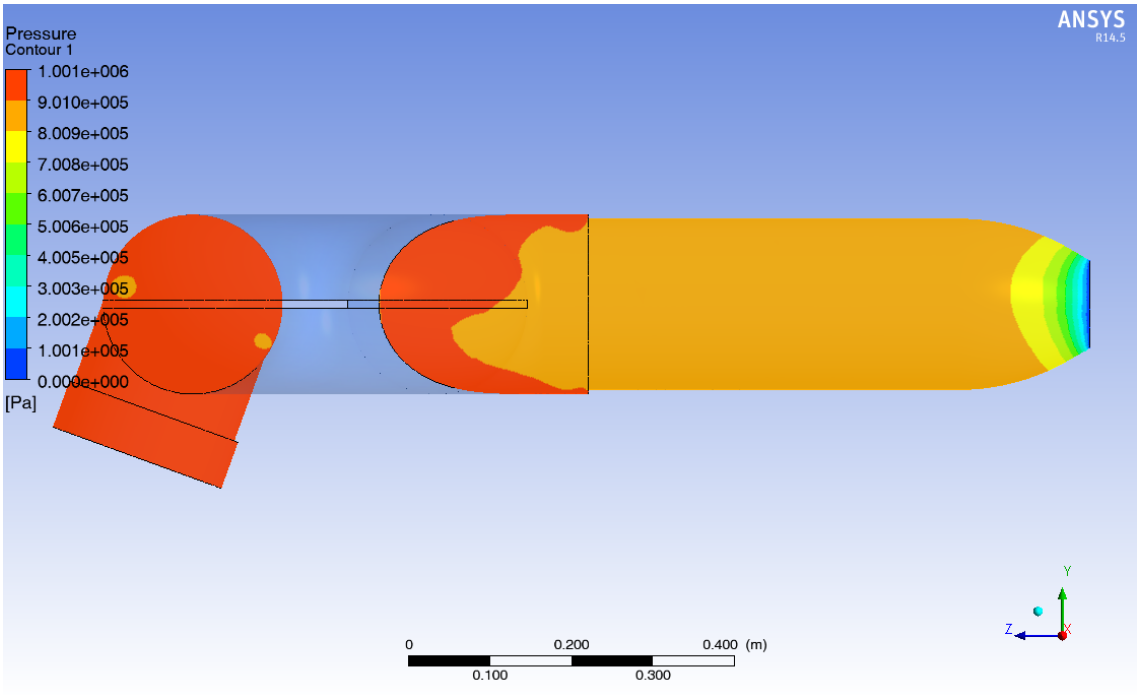
Şekil 6.5 Ters Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı izometrik görünümü



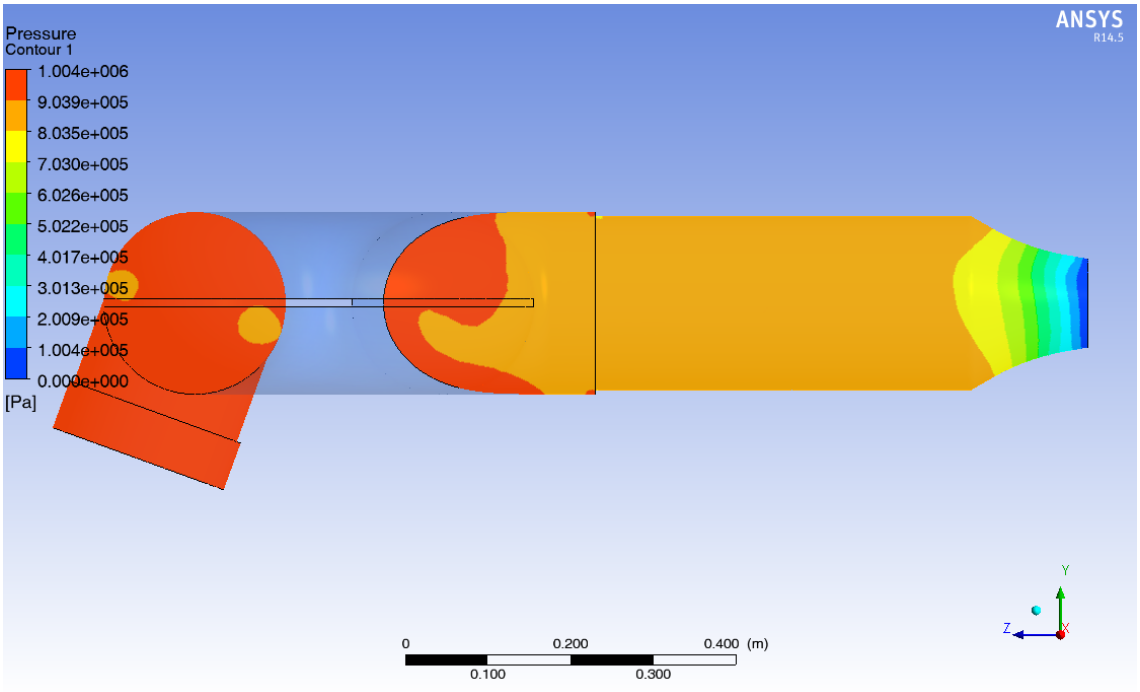
Şekil 6.6 Pelton nozullu su topunun akım hatları dağılımı yandan görünümü



Şekil 6.7Konik nozullu su topunun basınç dağılımı



Şekil 6.8 Pelton nozullu su topunun basınç dağılımı

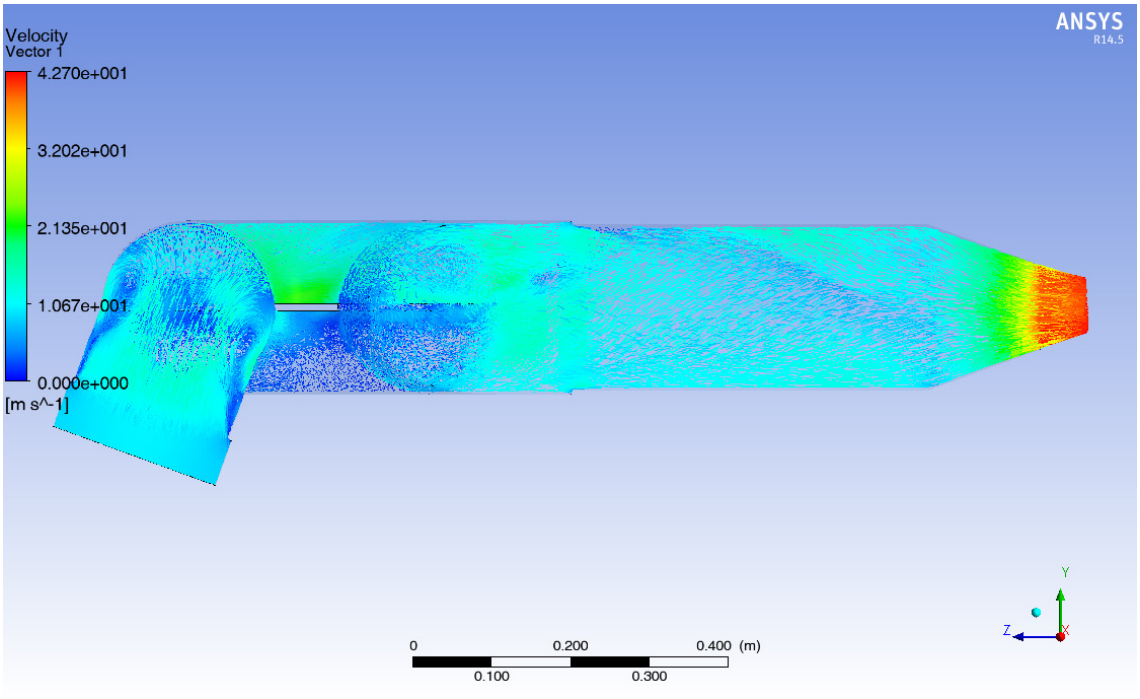


Şekil 6.9 Ters Pelton nozullu su topunun basınç dağılımı

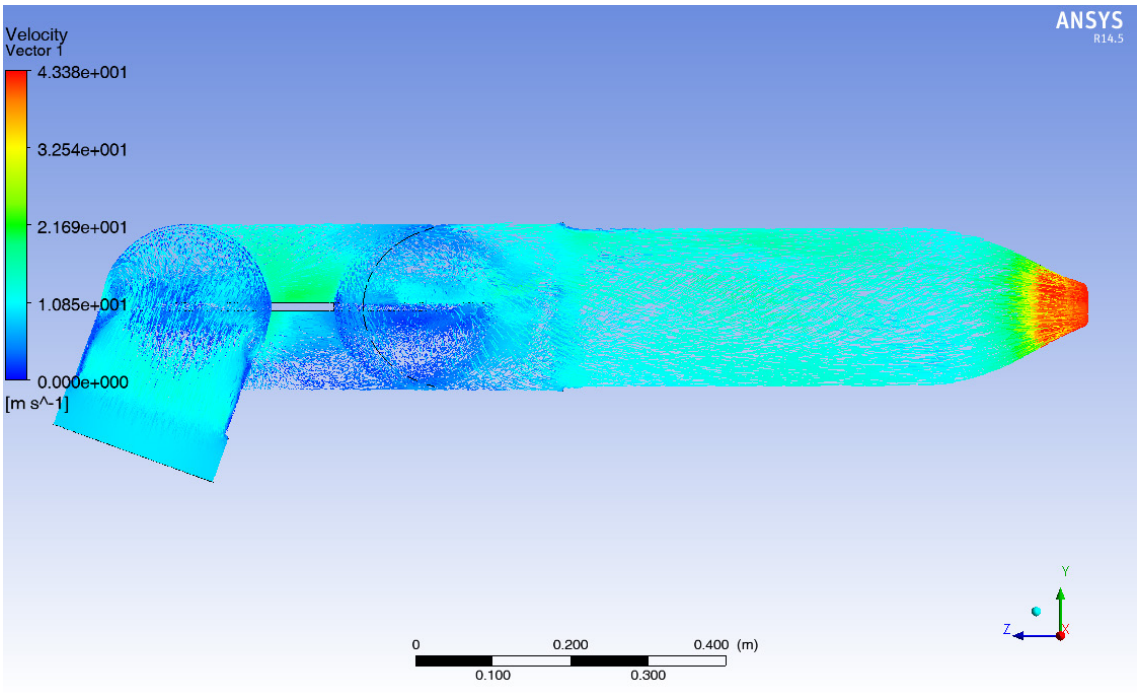
6.2 Giriş Basıncının Çıkış Hızına Olan Etkisi

Su topu performansını gösteren en önemli parametrelerden birisi su topunun suyu attığı mesafedir. Atış mesafesi de suyun su topundan ortalama çıkış hızıyla doğrudan ilgilidir. Bu nedenle su topu içerisindeki hız değişimleri incelenmiş ve 10 bar giriş basıncında su topu içerisindeki hız değişimleri Şekil 6.10-6.12'de gösterilmiştir.

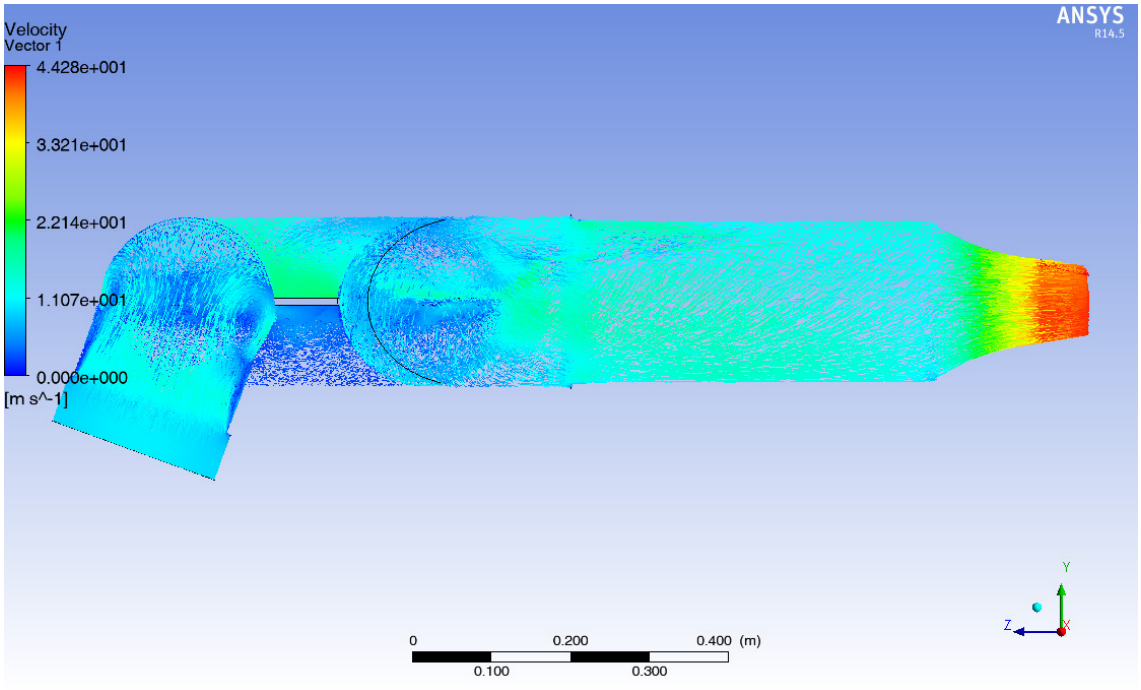
Bu şekillerden görüldüğü gibi su topu içerisindeki akım hızlarının giriş basıncına bağlı olarak değişimi, şekil 6.1-6.9'da verilmiş olan akım hatları ve basınç değişimine paralel olarak genel anlamda birbirine benzer olduğu ancak Şekil 6.5, 6.6 ve 6.9'daki ters pelton tipi nozullu su topunda görülen çıkışa doğru akım hatlarının merkeze yakın bölgelerde yoğunlaşması ve basınç düşümünün daha erken evrede gerçekleşmesine paralel olarak çıkış hızının da ters pelton nozullu su topunda diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 6.10 Konik nozullu su topunun hız vektörleri



Şekil 6.11 Pelton nozullu su topunun hız vektörleri



Şekil 6.12 Ters Pelton nozullu su topunun hız vektörleri

Her bir su topu geometrisi için analizler 8, 10 ve 12 bar giriş basıncı değerlerinde yapılmıştır. Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'de analizi yapılan su toplarında farklı giriş basınçlarında elde edilen su topu çıkış doğrultusundaki ortalama su çıkış hızı ile su topu giriş basıncı arasındaki ilişki görülmektedir.

Çizelge 6.1 Konik nozullu su topu giriş basıncı ortalama çıkış hızı ilişkisi

Basınç (Bar)	8 Bar	10 Bar	12 Bar
Çıkış Hızı (m/s)	36,09	40,18	44,24

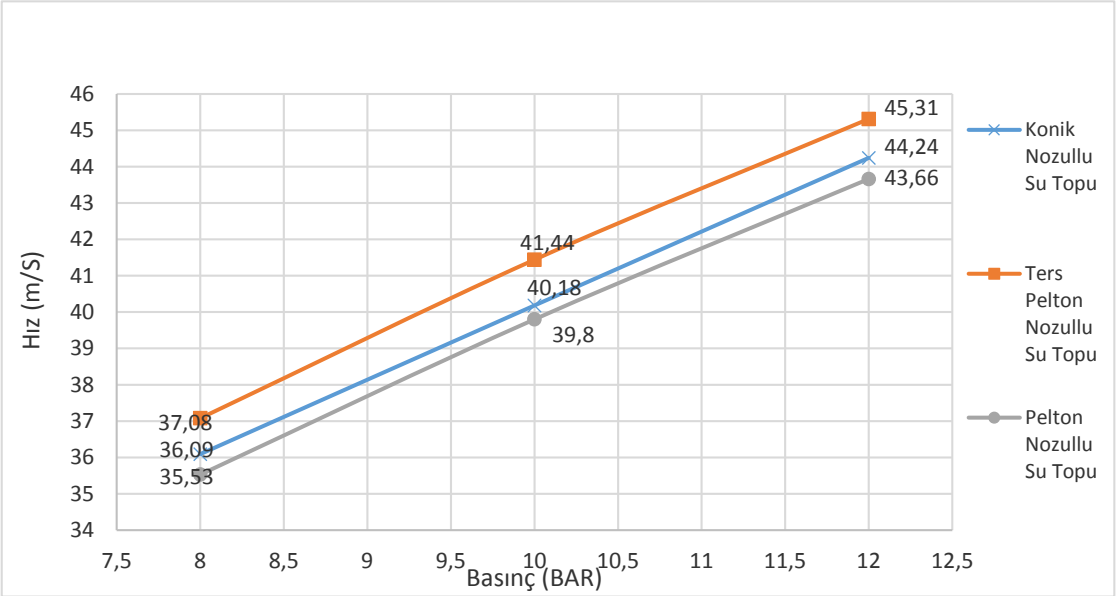
Çizelge 6.2 Pelton nozullu su topu giriş basıncı ortalama çıkış hızı ilişkisi

Basınç (Bar)	8 Bar	10 Bar	12 Bar
Çıkış Hızı (m/s)	35,53	39,80	43,66

Çizelge 6.3 Ters Pelton nozullu su topu giriş basıncı ortalama çıkış hızı ilişkisi

Basınç (Bar)	8 Bar	10 Bar	12 Bar
Çıkış Hızı (m/s)	37,08	41,44	45,31

Şekil 6.13'ten de anlaşılacağı gibi analiz sonuçları göstermiştir ki aynı giriş basıncı değerlerinde ortalama su çıkış hızının en yüksek olduğu su topu ters pelton nozullu su topudur.



Şekil 6.13 Farklı su toplarında farklı basınç değerleri için su çıkış hızı basınç ilişkisi

Ters pelton nozullu su topunun ortalama çıkış hızlarının diğer iki su topu çıkış hızlarına göre farkları yüzde olarak Çizelge 6.4'te gösterilmiştir.

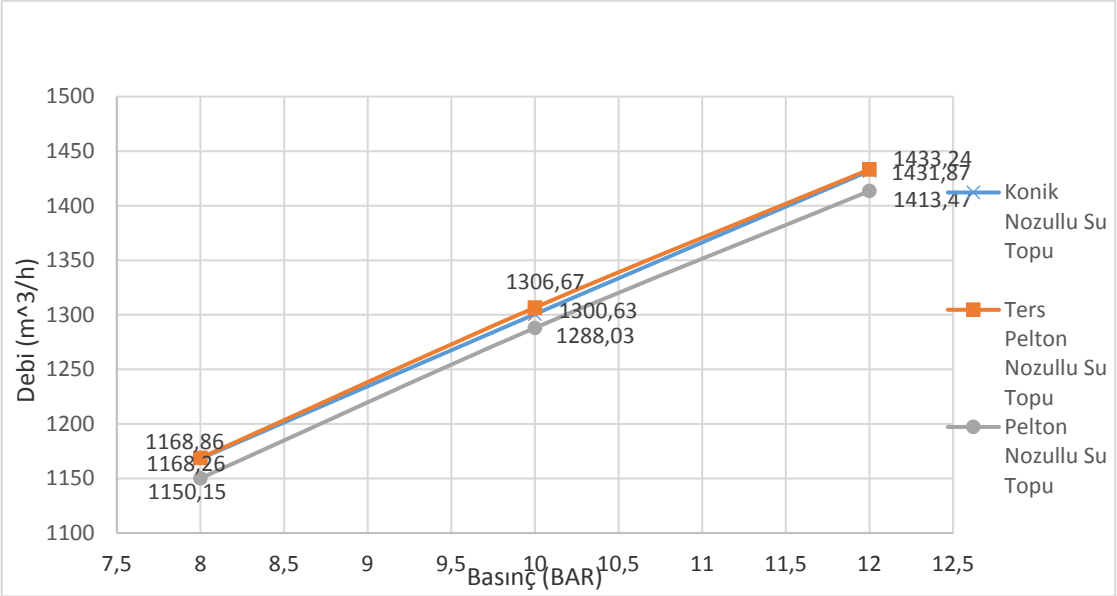
Çizelge 6.4 Ters Pelton su topuyla diğer su toplarının ortalama çıkış hızı farkları

	Basınç (Bar)	8 Bar	10 Bar	12 Bar
Konik Nozullu Su Topu	Fark (%)	2.7	3.1	2.5
Pelton Nozullu Su Topu	Fark (%)	4.3	4.1	3.8

6.3 Giriş Basıncının Debiye Olan Etkisi

Su topu performansını gösteren en önemli parametrelerden bir diğeri de su topunun geçirmiş olduğu su miktarı, yani debidir. Bu nedenle su toplarındaki debi değerleri kıyaslanmış ve Şekil 6.14'te karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

Şekil 6.14'ten de görüldüğü gibi en yüksek hızın elde edildiği ters pelton nozullu su topunda debi değeri de maksimumdur.



Şekil 6.14 Farklı su toplarında farklı basınç değerleri için debi basınç ilişkisi

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada su topundaki jet akış konusu sayısal olarak incelenmiştir. Su topu ucundaki nozullar değiştirilerek farklı su topları için akış simülasyonları tek fazlı olarak ticari bir HAD kodu olan Fluent programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya ilk olarak jet akışıyla ilgili literatürde bulunan HAD çalışmaları hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra kullanılan denklemler, türbülans modeli ve çözüm yöntemi hakkında bilgiler verilmiştir.

3.bölümde konik nozullu su topu için yapılmış olan deney ve deney sonuçları anlatılmıştır, 4.bölümde yapılan konik nozullu su topunun sayısal analizi anlatılmış ve deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları ve sayısal analiz sonuçları arasında yaklaşık olarak %92 değerinde bir yaklaşıklık olduğu görülmüştür.

3.bölüm olan deneysel çalışma sonuçlarından da açıkça anlaşılabileceği gibi basınç arttıkça debi miktarı artmaktadır. Yine aynı şekilde basınç arttıkça su topunun suyu fırlatma mesafesi de artmaktadır. Yüksek debi ve yüksek suyu fırlatma mesafesi özellikleri su topundan istenen ana özelliklerdir. Bu durumda giriş basıncı ne kadar yüksek olursa su topunun performansı o kadar iyidir ancak basınç miktarının daha fazla artırılabilmesi için pompanın daha büyük kapasitede seçilmesi gerekmektedir. Bu da gemi üstü harici yangın söndürme sisteminin ana makinadan ya da dizel makinadan istenilen gücün artması anlamına gelmektedir. Fakat gemilerde bu kadar büyük güçlerin harici yangın söndürme sistemleri için ayrılması uygulama olarak genelde mümkün olmamaktadır. Bu sebeple basınç belirli bir düzeye kadar artırılabilmektedir. Özetle eşit debide suyu en az giriş basıncıyla geçirebilen su topu debi açısından en iyi performansa sahip su topudur denilebilir.

5.bölümde birbirinden farklı 2 adet yeni su topu tasarımı için sayısal analizler gerçekleştirilmiş ve teze konu olan 3 farklı geometrideki su topları için akım hatları, basınç dağılımları, hız alanları ve debi değerleri verilmiştir. Giriş ve çıkış çapları aynı olmak koşulu ile yapılan bu su topu geometrilerinin matematiksel bir formülü yoktur. Aralarında en iyi performansa sahip su topunu bulmak ve kıyas yapmak maksadıyla bu geometriler tasarlanmıştır.

Herbir su topunda farklı giriş basınçlarında bir dizi sayısal analizler yapılmıştır. Su topu içerisindeki akış çalışması için farklı giriş basınçlarında yapılan sayısal analizlerde su topu akış hacminin bölünen bir yapıya sahip olması sebebiyle ve ayrışan akışlarda iyi performans gösterdiği bilinmesi sebebiyle 2 denklemli k-w SST türbülans modeli tercih edilmiştir.

Su topu içerisindeki akışı incelemek için yapılan çalışmalar sonucunda ters pelton nozullu su topu olarak adlandırılan su topunun performansının diğerlerine göre daha iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca ortalama çıkış hızı konusunda da en üstün performansa sahip su topunun yine ters pelton nozullu su topu olduğu görülmüştür.

Sayısal analiz çalışmaları sayesinde yaklaşımda bulunularak daha az sayıda prototip üretilmesi ve daha az sayıda deney yapılması mümkün olacaktır. Bu da hem zamandan hem de parasal açıdan tasarruf yapılmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Hu G., Long M., Liang J. adn Li W., (2012). "Analysis of Jet Characteristics and Structural Optimization of a Liquamatic Fire Water Monitor with Self-swinging Mechanism", Int J Adv Technol 59:805-813.

[2] Yu Y., Shademan M., Barron R. M. and Balachandar R., (2012). "CFD Study of Effects of Geometry Variations on Flow in a Nozzle", Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, Department of Mechanical, Automotive & Materials Engineering, University of Widsor, 6(3):412-425.

[3] Zhang S. B., and Zhu J. M., (2013). "Numerical Simulation of Adjustable Nozzles", 6th International Conference on Pumps and Fans with Compressors and Wind Turbines, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 52 072014.

[4] Fang Z. L., Kang Y., Wang X. C., Li D., Hu Y., Huang M., Wang X Y., (2013). "Numerical and Experimental Investigation on Flow Field Characteristics of Organ Pipe Nozzle", 27th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems (IAHR 2014), School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University.

[5] Bilir A. Ç., Doğrul A., Coşgun T., Yurtseven A. and Vardar N., (2015). "A Numerical Investigation of the Flow in Water Jet Nozzles", International Conference on Advences in Mechanical Engineering (ICAME'2015), Istanbul pp:636-640.

[6] Baisheng N., Hui W., Lei Li, Jufeng Z., Hua Y., Zhen L., Longkang W. and Hailong Li, (2011). 'Numerical Investigation of the Flow Field Inside and Outside High-Pressure Abrasive Waterjet Nozzle' China University of Mining & Technology (Beijing) 100083, China.

[7] Yuan B. et all, (2012). 'Numerical Investigation on High-Pressure Convergent Nozzle by Comparative and Statistical Analysis Method' School of Power Mechanical Engineering, Wuhan University.

[8] Hu G., Chen W., Gao Z., (2010). "Flow Analysis of Spray Jet and Direct Jet Nozzle for Fire Water Monitor", Advanced Materials Research Vols. 139-141 pp.913-916, Key Laboratory of Ministry of Education for Conveyance and Equipment, East China Jiaotong University.

[9] Bir G., (2012). Yangın Monitörlerinde Jet ve Su Şemsiyesi Akışının VOF Metodu ile Sayısal Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[10] Ozdemir Y.H., (2007). Gemi Etrafındaki Akışın Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[11] Ansys Fluent 14.5 Theory Guide

[12] www.cfd-online.com (10.05.2015)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ahmet Çağrı BİLİR

Doğum Tarihi ve Yeri : 23.08.1989 / Çankırı

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ahmetcagribilir@gmail.com

Web : www.ahmetcagribilir.com.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Yüksek Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2012
Lise	Fen Bilimleri	Nevzat Ayaz Anadolu Öğretmen Lisesi	2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma**	**Görevi**
2012 -	Marsis Dış Tic. Ve Gemi San. Ltd. Şti. İstanbul	Ar-Ge Mühendisi & ISO-9001 Kalite Yönetim Sistemi Temsilcisi

YAYINLARI

Makale

1. Bilir A. Ç., Doğrul A., Coşgun T., Yurtseven A. and Vardar N. (2015) “A numerical investigation of the flow in water jet nozules”, Journal of Thermal Engineering,. (Baskıda)

Bildiri

1. Bilir A. Ç., Doğrul A., Coşgun T., Yurtseven A. and Vardar N., (2015) “A numerical investigation of the flow in water jet nozzles”, International Conference on Advences in Mechanical Engineering (ICAME’2015), Istanbul pp:636-640.

2. Bilir A. Ç. and Vardar N., (2015) “Akım düzenleyici plakaların boru içindeki akışa etkisinin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi”, 9. Pompa Vana Kompresör Kongresi, Istanbul. (Baskıda)

Proje

1. Marsis Dış Ticaret ve Gemi Sanayi Ltd. Şti. firması tarafından yapılan, TÜBİTAK Teydep “7140178” proje numaralı “40000 lt/dk debi ile yatayda 150 mt mesafeye su atabilen su topu tasarımı ve prototip üretimi” isimli projesi kapsamında Ar-Ge mühendisi olarak akışkanlar mekaniği ve mukavemet konuları ağırlıklı olmak üzere tüm aşamalarında bilfiil çalışılmıştır.