



Gedik Üniversitesi
İSTANBUL

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GEDİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TORPİDOLARDA STEP UYGULAMALARININ
PERFORMANSA ETKİLERİ : 3-B HAD ANALİZİ**

BİLAL ULU
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Mehmet Ali Baykal

2015_İSTANBUL



Gedik Üniversitesi
İSTANBUL

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GEDİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TORPİDOLARDA STEP UYGULAMALARININ
PERFORMANSA ETKİLERİ : 3-B HAD ANALİZİ**

BİLAL ULU
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Mehmet Ali Baykal

2015_İSTANBUL

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GEDİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SAVUNMA TEKNOLOJİLERİ ANA BİLİM DALI

Gedik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 131202001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Bilal ULU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "TORPİDOLARDA STEP UYGULAMALARININ PERFORMANSA ETKİLERİ : 3-D HAD ANALİZİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

İmza

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet Ali Baykal.....*M. Baykal*
(Gedik Üniv. Mak. Müh. Blm. Başkanı)

Jüri (Üye) : Prof. Dr. Abdi Kükner.....*Abdi Kükner*
(İ.T.Ü. Gemi İnş. ve Dnz. Tekn. Müh. Fak.)

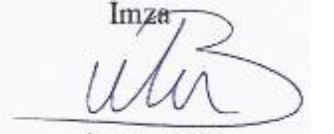
Jüri (Üye) : Doç. Dr. Ertan Öcalan.....*Öcalan*
(Gedik Üniv. Öğretim Görevlisi)

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı

İmza



BİLAL ULU

ÖZET

Tezin Adı :Torpidolarda Step Uygulamalarının Performansa Etkileri :
3-B HAD Analizi

İsim ve Soyadı: Bilal ULU

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Ali BAYKAL

Anabilim Dalı : Savunma Teknolojileri

Savunma sektöründeki hızlı gelişmeler ve bilgisayar teknolojisinin hızlı ilerlemesi sonucunda Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi mevcut sistemlerin gelişiminde yaygın kullanılan bir yöntem olmuştur. Maliyet etkin çözümler ve daha verimli teknolojilere ulaşmak için mühendislik hesaplamalarında bu tür yöntemler sıkça kullanılmaya başlanılmıştır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği metodu ile yüksek maliyetli deney havuzlarına gereksinim olmadan gerçeğe çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Çözümü zor kompleks hesaplamalara çözümler bulunabilmiştir. Birçok sektördeki değişik mühendislik kolları, artık bu programları kullanarak daha hızlı ve verimli sonuçlara ulaşabilmektedir.

Bu tez çalışmasında bir torpido geometrisine ilave step uygulamalarının performans üzerine olan etkileri; basınç, türbülans kinetik enerjisi, hız ve kuvvet gereksinimleri noktasında analiz edilerek, yüksek hızlarda stepli geometrinin davranışı ve step çaplarının değişiminin sonuçları programın verdiği verilerle yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Torpido, HAD, Akışkanlar Mekaniği, Step, Analiz

SUMMARY

Thesis name : Effects of Steps on the Performance of Torpedoes :
3-D CFD Analysis
Name and Surname : Bilal ULU
Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Ali BAYKAL
Field : Defence Technology

As a result of rapid progress in defense sector and rapid development in computer technology, Computational Fluid Dynamics has become an indispensable method in the development of the existing systems. To reach cost based solutions and more efficient technologies, these methods are widely used in engineering calculations. By using Computational Fluid Dynamics, results that are close to real are obtained without any need to high cost experiment pools. Complex computations that are hard to solve by other methods are solved easily. By using these programs many types of engineering areas can reach rapid and efficient results.

In this thesis, to an addition to torpedo ship; performance effects of step applications are analyzed by checking pressure, turbulent kinetic energy, velocity and force parameters. In high velocities, behavior of the geometry with step and the change of step diameter are interpreted by the datas come from the program.

Keywords :Torpedo, CFD, Fluid Mechanic, Steps, Analysis

ÖNSÖZ

Hızla gelişen teknoloji ile birlikte, Savunma Sistemleri de üretim öncesi sanal ortamlarda modellenmiş gerçek çalışma ortamlarına benzer pencerelerde gerçeğe yakın analizleri yapılmış ve bu çalışmalar devam etmektedir. Bu anlamda kullanılan analiz programı ile birlikte maliyetlerde geri çekilerek üretim öncesi ürünle ilgili daha sağlıklı sonuçlar elde edilmiş, en değerli iki kaynak olan zaman ve para kaybının minimize edilmesi hedeflenmiştir.

Benzer düşünceyle, çalışılan bu tez süresince destekleriyle Figes A.Ş. çalışanı arkadaşlarıma, tecrübe ve görüşleri ile beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Ali Baykal'a ve bu dönemde onların zamanlarından yararlanarak çalışmalara ağırlık verdiğim kızlarım ve eşime teşekkür eder, çalışmanın tüm ilgililere yararlı olmasını dilerim.

İstanbul, 2015

Bilal ULU

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. TARİHÇE	2
3. GÜNÜMÜZ TORPİDOLARI	5
4. AKIŞKANLAR MEKANİĞİ ve HAD ÇALIŞMALARI	7
4.1. Akışkanlar Mekaniği Denklemleri	7
4.1.1 Kütle korunumunun diferansiyel denklemi	8
4.1.2 Momentum korunumunun diferansiyel denklemi	9
4.1.3 Newton tipi akışkan (Navier-Stokes denklemleri)	10
4.2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ve Ansys Fluent	11
4.2.1 HAD nerede kullanılır ve ne zaman tercih edilir;.....	11
4.2.2 Ansys Fluent yazılımı	12
4.2.3 Ansys Fluent işlem örgüsü.....	13
4.2.4 Torpido optimizasyon-analiz-dizayn programı (TOAD).....	14
5. ANALİZE GİRİŞ	16
5.1. Katı Model Oluşturma	16
5.2. Ansys Fluent Programında Mesh (Ağ Yapısı) Oluşturulması.....	17
5.3. Sınır Şartlarının Oluşturulması	20
5.4. Ansys Fluent Solution Verileri	21

6. ANALİZ VERİLERİ ve DEĞERLENDİRMELER.....	23
6.1. Model_1 İçin Analiz Verilerinin Grafikselsel Gösterimleri	28
6.2. Model_2 İçin Analiz Verilerinin Grafikselsel Gösterimleri	30
6.3. Model_3 İçin Analiz Verilerinin Grafikselsel Gösterimleri	32
6.4. Model_4 İçin Analiz Verilerinin Grafikselsel Gösterimleri	34
6.5. Stepli Çapın / Stepsiz Çapa Oranlarına (D2/D1) Göre Verilerin İrdelenmesi	36
6.6. Tüm Analiz Verilerinin Birarada Gösterimi.....	44
6.7. Aynı Hız ve Çap Oranları İçin Verilerin Değerlendirilmesi – Stepsiz Modelle Kıyaslama	47
7. SONUÇ	53
8.ÖNERİLER.....	53
9. ANALİZİ YAPILAN HERBİR MODEL İÇİN ELDE EDİLEN GÖRSELLER	54
9.1. Model_1.1.1-1.2.1-1.3.1 İçin Analiz Sonuçları	54
9.2. Model_1.1.2-1.2.2-1.3.2 İçin Analiz Sonuçları	59
9.3. Model_1.1.3-1.2.3-1.3.3 İçin Analiz Sonuçları	63
9.4. Model_2.5.1-2.6.1-2.7.1 İçin Analiz Sonuçları	67
9.5. Model_2.5.2-2.6.2-2.7.2 İçin Analiz Sonuçları	71
9.6. Model_2.5.3-2.6.3-2.7.3 İçin Analiz Sonuçları	75
9.7. Model_3.9.1-3.10.1-3.11.1 İçin Analiz Sonuçları	79
9.8. Model_3.9.2-3.10.2-3.11.2 İçin Analiz Sonuçları	84
9.9. Model_3.9.3-3.10.3-3.11.3 İçin Analiz Sonuçları	88
9.10. Model_4.13.1-4.14.1-4.15.1 İçin Analiz Sonuçları	93
9.11. Model_4.13.2-4.14.2-4.15.2 İçin Analiz Sonuçları	97
9.12. Model_4.13.3-4.14.3-4.15.3 İçin Analiz Sonuçları	101
9.13. Stepsiz Modelin Analiz Sonuçları	105

KAYNAKLAR.....	110
-----------------------	------------

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1_ Kütle akışının “x-y-z” yönündeki ifadeleri	8
Tablo 2_ Analizi Yapılan Torpido Modelleri.....	16
Tablo 3_ Modellere ait analiz verileri	27
Tablo 4_ V=5m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri.....	36
Tablo 5_ V=10m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri.....	38
Tablo 6_ V=15m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri.....	40
Tablo 7_ V=40m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri.....	42
Tablo 8_ Model_4 ve Stepsiz modelin analiz verileri	45
V=5 m/sn ve Değişen Çaplarda Tüm Modellerin Karşılaştırılması	
Tablo 9_ D2=550mm - V=5 m/sn için analiz verileri	47
Tablo 10_ D2=580mm - V=5 m/sn için analiz verileri	47
Tablo 11_ D2=600mm - V=5 m/sn için analiz verileri	48
Tablo 12_ D2=620mm - V=5 m/sn için analiz verileri	48
V=10 m/sn ve Değişen Çaplarda Tüm Modellerin Karşılaştırılması	
Tablo 13_ D2=550mm - V=10 m/sn için analiz verileri	49
Tablo 14_ D2=580mm - V=10 m/sn için analiz verileri	49
Tablo 15_ D2=600mm - V=10 m/sn için analiz verileri	50
Tablo 16_ D2=620mm - V=10 m/sn için analiz verileri	50
V=15 m/sn ve Değişen Çaplarda Tüm Modellerin Karşılaştırılması	
Tablo 17_ D2=550mm - V=15 m/sn için analiz verileri	51
Tablo 18_ D2=580mm - V=15 m/sn için analiz verileri	51
Tablo 19_ D2=600mm - V=15 m/sn için analiz verileri	52
Tablo 20_ D2=620mm - V=15 m/sn için analiz verileri	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1_ 1870’li yıllarda yapılan torpidolar.....	3
Şekil 2_ Süper Kavitasyon.....	5
Şekil 3_ Bir torpidonun şematik gösterimi (Frits, 2004).....	6
Şekil 4_ Kartezyen koordinatlarda kütle giriş ve çıkış akışının “x” yönündeki gösterimi	8
Şekil 5_ ANSYS FLUENT işlem örgüsü	13
Şekil 6_ TOAD Yetenekleri	14
Şekil 7_ Dört farklı stepli torpido ile stepsiz torpido modeli	17
Şekil 8_ 90 derecelik alanda torpido ve su hacmi	18
Şekil 9_ Su hacmi ve torpido yüzeyi için mesh yoğunluğu.....	19
Şekil 10_ Torpido üzerinde görülen mesh yoğunluğu.....	19
Şekil 11_ Torpido baş tarafı mesh yoğunluğu	19
Şekil 12_ Torpido üzerinde oluşan basınç değerlerine ait veriler	22
Şekil 13_ Torpido üzerinde oluşan türbülans kinetik enerji değerlerine ait veriler.....	22
Şekil 14_ Torpido üzerinde oluşan hız değerlerine ait veriler.....	22
Şekil 15_ Step arkası oluşan türbülans	23
Şekil 16_ $V=5$ m/sn de Model_ 1.0-1.1-1.2-1.3 için kuvvet değerleri.....	28
Şekil 17_ $V=10$ m/sn de Model_ 2.0-2.1-2.2-2.3 için kuvvet değerleri.....	28
Şekil 18_ $V=15$ m/sn de Model_ 3.0-3.1-3.2-3.3 için kuvvet dağılımı.....	29
Şekil 19_ $V=40$ m/sn de Model_ 4.0-4.1-4.2-4.3 için kuvvet değerleri.....	29
Şekil 20_ $V=5$ m/sn de Model_ 5.0-5.1-5.2-5.3 için kuvvet değerleri.....	30
Şekil 21_ $V=10$ m/sn de Model_ 6.0- 6.1-6.2-6.3 için kuvvet değerleri.....	30
Şekil 22_ $V=15$ m/sn de Model_ 7.0-7.1-7.2-7.3 için kuvvet değerleri.....	31
Şekil 23_ $V=40$ m/sn de Model_ 8.0-8.1-8.2-8.3 için kuvvet değerleri.....	31
Şekil 24_ $V=5$ m/sn de Model_ 9.0-9.1-9.2-9.3 için kuvvet değerleri.....	32
Şekil 25_ $V=10$ m/sn de Model_ 10.0-10.1-10.2-10.3 için kuvvet değerleri. 32	
Şekil 26_ $V=15$ m/sn de Model_ 11.0-11.1-11.2-11.3 için kuvvet değerleri. 33	
Şekil 27_ $V=40$ m/sn de Model_ 12.0-12.1-12.2-12.3 için kuvvet değerleri. 33	
Şekil 28_ $V=5$ m/sn de Model_ 13.0-13.1-13.2-13.3 için kuvvet değerleri... 34	
Şekil 29_ $V=10$ m/sn de Model_ 14.0-14.1-14.2-14.3 için kuvvet değerleri. 34	

Şekil 30_ V=15 m/sn de Model_ 15.0-15.1-15.2-15.3 için kuvvet değerleri.	35
Şekil 31_ V=40 m/sn de Model_ 16.0-16.1-16.2-16.3 için kuvvet değerleri..	35
Şekil 32_ V=5m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi	37
Şekil 33_ V=10m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi	39
Şekil 34_ V=15m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi	41
Şekil 35_ V=40m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi	43
Şekil 36_ Tüm modeller için analiz verilerinin grafiksel gösterimi	44
Şekil 37_ Model_4 ve Stepsiz model verileri.....	46
<u>MODEL 1 (D2:580mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 38_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	54
Şekil 39_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	55
Şekil 40_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	55
Şekil 41_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	56
Şekil 42_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	56
Şekil 43_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	57
Şekil 44_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	57
Şekil 45_ V=10 m/sn için step arkası türbülansın oluşumu	57
Şekil 46_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	58
Şekil 47_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	58
Şekil 48_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	58
Şekil 49_ V=15 m/sn için step arkası türbülansın oluşumu	59
<u>MODEL 1 (D2:600mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 50_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	59
Şekil 51_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi.....	60
Şekil 52_ V=5 m/sn hız değerlerinin değişimi	60
Şekil 53_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	61
Şekil 54_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	61
Şekil 55_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi.....	61

Şekil 56_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	62
Şekil 57_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	62
Şekil 58_ V=15 m/sn için basınç değerleri değişimi	62
Şekil 59_ V=15 hız değerlerinin değişimi	63
Şekil 60_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	63
Şekil 61_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	63
<u>MODEL 1 (D2:620m) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 62_ V=5 m/sn için basınç değerleri değişimi	64
Şekil 63_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi	64
Şekil 64_ V=5 m/sn için hız değerleri değişimi	64
Şekil 65_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	65
Şekil 66_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi	65
Şekil 67_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi	65
Şekil 68_ V=10 m/sn için hız değerleri değişimi	66
Şekil 69_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	66
Şekil 70_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi	66
Şekil 71_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	67
Şekil 72_ V=15 m/sm hız değerleri değişimi	67
Şekil 73_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	67
<u>MODEL 2 (D2:580mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 74_ V=5 m/sn için basınç değerleri değişimi	68
Şekil 75_ V=5 m/sn türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	68
Şekil 76_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	68
Şekil 77_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	69
Şekil 78_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi	69
Şekil 79_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi	69
Şekil 80_ V=10 m/sn için hız değerleri değişimi	70
Şekil 81_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	70
Şekil 82_ V=15 m/sn için basınç değerleri değişimi	70
Şekil 83_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi	71
Şekil 84_ V=15 msn için hız değerleri değişimi	71
Şekil 85_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	71

MODEL 2 (D2:600mm) için görsel analiz verileri

Şekil 86_ V=5 m/sn için basınç değerleri değişimi	72
Şekil 87_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi	72
Şekil 88_ V=5 m/sn için hız değerleri değişimi	72
Şekil 89_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	73
Şekil 90_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi	73
Şekil 91_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değışimi deperleri	73
Şekil 92_ V=10 m/sn için hız değışimi değerleri	74
Şekil 93_ V=10 m/sn için set arkası türbülans oluşumu	74
Şekil 94_ V=15 m/sn için basınç değerleri değışimi	74
Şekil 95_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değışimi deperleri	75
Şekil 96_ V=15 m/sn için hız değışimi değerleri	75
Şekil 97_ V=15 m/sn için set arkası türbülans oluşumu	75

MODEL 2 (D2:620mm) için görsel analiz verileri

Şekil 98_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değışimi	76
Şekil 99_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değışimi	76
Şekil 100_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değışimi	76
Şekil 101_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	77
Şekil 102_ V=10 m/sn için basınç değerleri değışimi	77
Şekil 103_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değışimi	77
Şekil 104_ V=10 m/sn için hız değerleri değışimi	78
Şekil 105_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	78
Şekil 106_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değışimi	78
Şekil 107_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değışimi	79
Şekil 108_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değışimi	79
Şekil 109_ V=15 m/sn için step arkası türbülansların oluşumu	79

MODEL 3 (D2:580mm) için görsel analiz verileri

Şekil 110_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değışimi	80
Şekil 111_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değışimi	80
Şekil 112_ V=5 m/sn için hız değerlerin değışimi	80
Şekil 113_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	81
Şekil 114_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değışimi	81

Şekil 115_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	81
Şekil 116_ V=10 m/sn için hız değerlerin değişimi	82
Şekil 117_ V=10 m/sn için step etrafı akışın görünümü	82
Şekil 118_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi	82
Şekil 119_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	83
Şekil 120_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	83
Şekil 121_ V=15 m/sn için step arkası akışın görüntüsü.....	83
<u>MODEL 3 (D2:600mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 122_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi	84
Şekil 123_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	84
Şekil 124_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	85
Şekil 125_ V=5 m/sn için step arkası türbülans değişimi	85
Şekil 126_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi	85
Şekil 127_ V= 10m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	86
Şekil 128_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	86
Şekil 129_ V=10m/sn için step arkası türbülans oluşumu	86
Şekil 130_ V=15 m/sn için basınç değerleri değişimi	87
Şekil 131_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	87
Şekil 132_ V=15 m/sn için hız değerleri değişimi	87
Şekil 133_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	88
<u>MODEL 3 (D2:620mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 134_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi	88
Şekil 135_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	89
Şekil 136_ V= 5m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	89
Şekil 137_ V=5 m/sn için step arkası oluşan türbülans oluşumu	90
Şekil 138_ V=10 m/sn için basınç değerlerin değişimi	90
Şekil 139_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	91
Şekil 140_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	91
Şekil 141_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	92
Şekil 142_ V= 15 m/sn için basınç değerlerin değişimi	92
Şekil 143_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	92
Şekil 144_ V= 15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	93

Şekil 145_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	93
<u>MODEL 4 (D2:580mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 146_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	94
Şekil 147_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	94
Şekil 148_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	94
Şekil 149_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	95
Şekil 150_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	95
Şekil 151_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	95
Şekil 152_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	96
Şekil 153_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	96
Şekil 154_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	96
Şekil 155_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi.....	97
Şekil 156_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	97
Şekil 157_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	97
<u>MODEL 4 (D2:600mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 158_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	98
Şekil 159_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi.....	98
Şekil 160_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	98
Şekil 161_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	99
Şekil 162_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	99
Şekil 163_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi.....	99
Şekil 164_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	100
Şekil 165_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	100
Şekil 166_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	100
Şekil 167_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	101
Şekil 168_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	101
Şekil 169_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	101
<u>MODEL 4 (D2:620mm) için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 170_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	102
Şekil 171_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi.....	102
Şekil 172_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	102
Şekil 173_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	103

Şekil 174_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	103
Şekil 175_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	103
Şekil 176_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	104
Şekil 177_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	104
Şekil 178_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	104
Şekil 179_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	105
Şekil 180_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	105
Şekil 181_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu	105
<u>MODEL 5 için görsel analiz verileri</u>	
Şekil 182_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	106
Şekil 183_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	106
Şekil 184_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi	106
Şekil 185_ V=5 m/sn için torpido etrafı akışın görünümü	107
Şekil 186_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	107
Şekil 187_ V= 10m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	107
Şekil 188_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi	108
Şekil 189_ V= 10m/sn için torpido etrafı akışın görünümü	108
Şekil 190_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi	108
Şekil 191_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi	109
Şekil 192_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi.....	109
Şekil 193_ V=15 m/sn için torpido etrafı akışın görünümü	109

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

HAD	: Hesaplmalı Akışkanlar Dinamiği
Mesh	: Ağ Yapısı
Re	: Reynolds Sayısı
L1	: Torpido Uzunluğu
L2	: Stepin torpido giriş ucundan uzaklığı
D1	: Torpido Çapı
D2	: Stepin Çapı
y+	: Boyutsuz duvar uzaklığı
Cd	: Boyutsuz Direnç Katsayısı
Cf	: Sürtünme Direnç Katsayısı
u, v, w	: Hız vektör bileşenleri
μ	: Dinamik Viskozite
ρ	: Yoğunluk
m	: Torpido toplam kütlesi
V	: Torpido toplam hacmi
k	: Türbülans kinetik enerjisi
τ	: Yüzey Gerilimi
$\partial u/\partial y$: Hız Gradyeni
ν	: Akışkanın kinematik viskozitesi
Vs	: Akışkanın hızı
d	: Silindir Çapı
Sw	: Islak Alan (Wetted Area)
ASDL	: Havacılık Sistemleri Tasarım Laboratuvarı
TECAP	: Torpido Uzman Yapılandırma Analiz Programı
NUSC	: Denizaltı Sistemler Merkezi
NUWC	: Deniz Sualtı Savaş Merkezi
GNC	: Kılavuz, Navigasyon ve Kontrol
IMP	: Entegre Motor Pervane
NSWC	: Su üstü Savaş Merkezi

1. GİRİŞ

Torpidolar; günümüze kadar farklı tasarım ve güçlerde üretilmiş, ülkelerin ihtiyaçları doğrultusunda Savunma Sistemi envanterlerine dahil olmuştur. Torpidolarla ilgili bugüne kadar yapılan literatür çalışmaları incelendiğinde ağırlıklı, tahrik, pervane kısımlarında çalışmaların yapıldığı, bilgisayar teknolojisinin gelişmesine paralel bazı analiz programları ile simülasyon çalışmalarının yapıldığı görülmüştür. Günümüzde gelişen savaş stratejileri ve enerjinin optimal düzeyde kullanılması için yoğun çalışmalar olduğu düşünülürse mevcut torpedo verimleri üzerinde artı değer katacak her bir yeniliğin torpidolar için yeni bir sayfa açacağı kaçınılmazdır.

Bu düşünceyle, ilave step uygulamalarının performansa ne tür etkilerinin olduğunu, Ansys Workbench_Fluent programı kullanılarak gösterilmiştir. Step uygulaması denildiğinde; torpedo çapından %3-%16 aralığında, değişen farklı dört büyüklükteki kademenin, torpidonun baş kısmından farklı uzunluklarda ve tiplerde oluşturulması ile elde edildiği anlaşılmalıdır. Step uygulaması ile amaçlanan, torpidonun hareket halindeyken step arkasında bir hava koridoru oluşturarak bu bölgelerde değişen sürtünme dirençleri ile performansa ne tür etkilerin olabileceğini görebilmektir.

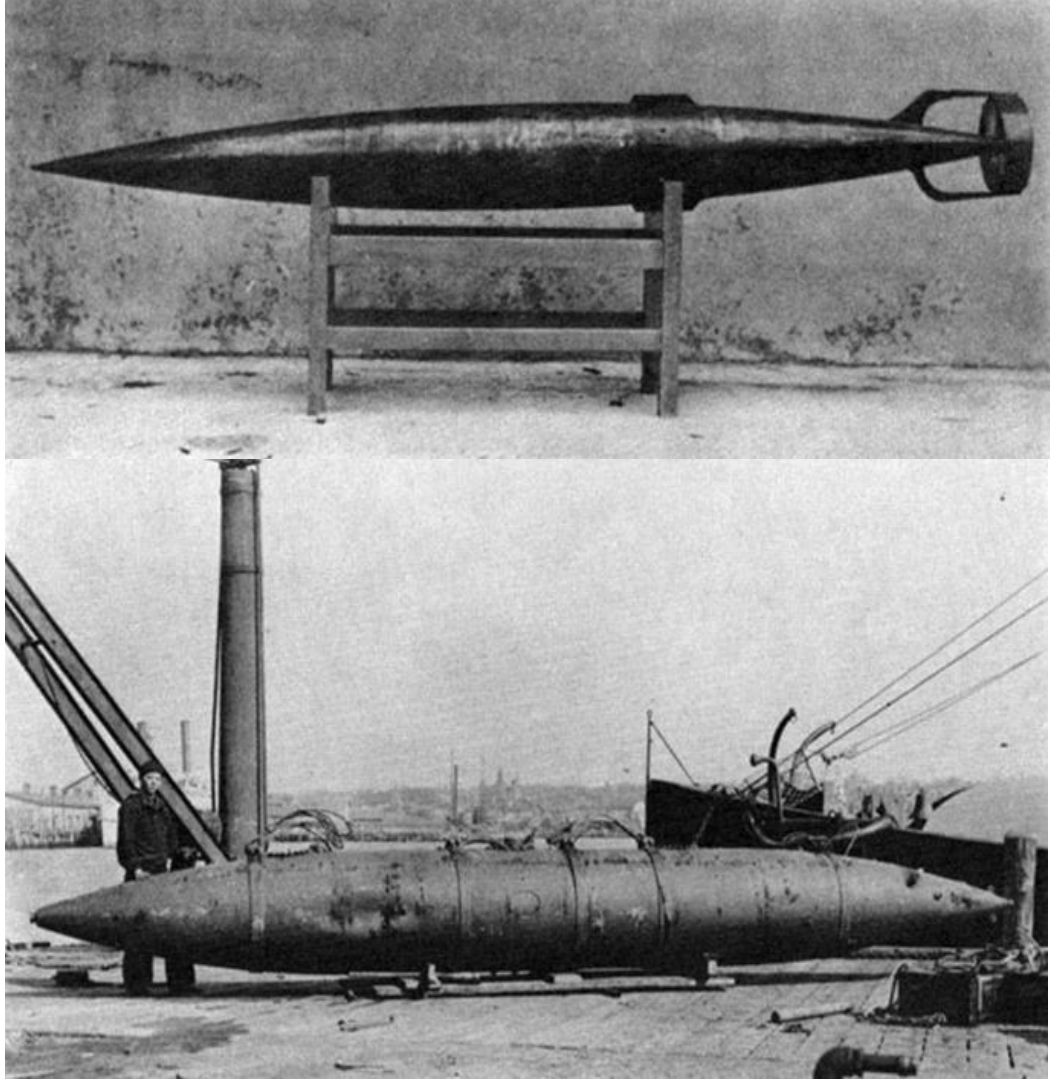
Çalışmada; farklı step uzunluklarında ve farklı step büyüklüklerinde torpedo modelleri ve karşılaştırma yapabileceğimiz aynı büyüklükte stepsiz bir torpedo geometrisi kullanılmıştır. Stepli çapın stepsiz çapa oranındaki ($D2/D1$) değişimler ve çeşitli hız değerlerine göre elde edilen analiz verileri tablolar ve grafiklerle desteklenmiştir.

2. TARİHÇE

Latince de uyuşturmak, sersemletmek anlamına gelen torpido, dümeni ve pervanesi bulunan, suyun altından, üstünden veya havadan suya atılabilen, dümenini ve pervanesini kullanarak hedefine ilerleyen, patlayıcı taşıyan bir sualtı silahı olarak tanımlanmıştır. Genel olarak denizaltılarında, savaş gemilerinde kullanılmaktadır *.

Torpido ile ilgili ilk çizimler, Suriye’li bilgin Hasan El-Ramah tarafından 1275 yılında yapılmış çizimlerdir. Ramah'ın çalışmaları, su yüzeyinde gidebilen bir roket üzerine olmuştur. İlerleyen yıllarda çeşitli prototip çalışmalar yapılsa da bu alanda hızlı adımlar 1800’li yılların sonlarına doğru atılmıştır. Silah gelişiminde; silahın su altında patlamasının gemiye önemli hasar verdiği anlaşılmış, bu doğrultuda gelişmeler hızlanmıştır. Uzun bir gönderi ucundaki mayının hedefe saplayıp açıldıktan sonra ya da mayını çekerek hedefe çarptırılıp patlatılması şeklinde pratiğe dökülmüştür. İlk çalışmalar buhar sıkıştırımlı torpidolar üzerine olmasına rağmen istenen verimlerin alınmaması nedeni ile 1866 yılında buhar yerine 48 barda hava sıkıştırılmış, 8 kilo patlayıcı taşıyan, 135 kg. ağırlığında, 10 km. hızla, 180 mt. gidebilen “Auto-motive Torpede” adında torpidolar Avusturya Donanmasına yapılmış ve kullanılmıştır. Kötü bir örnek olacak ama 16 Ocak 1877’de bir Osmanlı vapuru olan İntibah gemisi 1877-78 Osmanlı-Rus Savaşları’nda otomatik tahrikli torpidoyla batırılan ilk gemi olmuştur *.

*www.wikipedia.com , aranan kelime : “Torpedo”



Şekil 1_ 1870’li yıllarda yapılan torpidolar

Türkiye’de torpido konusundaki bilinen ilk ve son ciddi faaliyet yaklaşık olarak 120 sene önce Osmanlı Donanma Subayı İdris Bey tarafından gerçekleştirilmiştir. Temel olarak Ruslarla yapılan bir savaşta ele geçirilen patlamamış İngiliz yapımı torpilin tersine mühendisliği ile başlayan bu çalışma çeşitli sebeplerle ilerleyememiştir *.

*<http://uskudar.biz>” , aranan kelime : “Savunma-sanayii”

Torpidolar; sıkıştırılmış hava, sıkıştırılmış oksijen, buhar, elektrik tahrikli ve ıslak ısıtıcı sistemlerle itiş gücü kazanıp sistemlerin verimine bağlı hız ve mesafe almaktadırlar. Torpidolar , torpido botundan, torpido kovanından (destroyer, denizaltı) ve hava araçlarından atılabilmektedir. Birçok deniz kuvveti iki farklı ağırlıkta torpido kullanmaktadır. Bunlar;

Hafif: Genellikle hava araçlarından kısa mesafeli atışlar için kullanılır (Frits, 2004)

Ağır: Uzak hedefler için genelde denizaltılardan atılır

Farklı çaplarda torpido üretimleri olmuştur. Bunlardan en yaygın olanları;

324 mm: Hafif torpidolar için en çok kullanılan çap ölçüsüdür,

406 mm: Sovyet ASW Torpido çapı. Bu torpidoların tüpleri Sovyet Hotel, Echo ve yeni Delta sınıfı denizaltılarına, 533 mm torpidolarına ek amacıyla eklendi,

450 mm: Eski Japonya deniz kuvvetlerinin hafif torpidolarının standart çaplarıdır,

533 mm: Ağır torpidoların en çok kullanılanıdır. (II. Dünya Savaşında Müttefik torpidoları, Eski Japonya deniz kuvvetlerinin bazı torpidoları, Alman Deniz Kuvvetleri torpidoları, NATO torpidoları, Bazı Sovyet ve Rus torpidoları

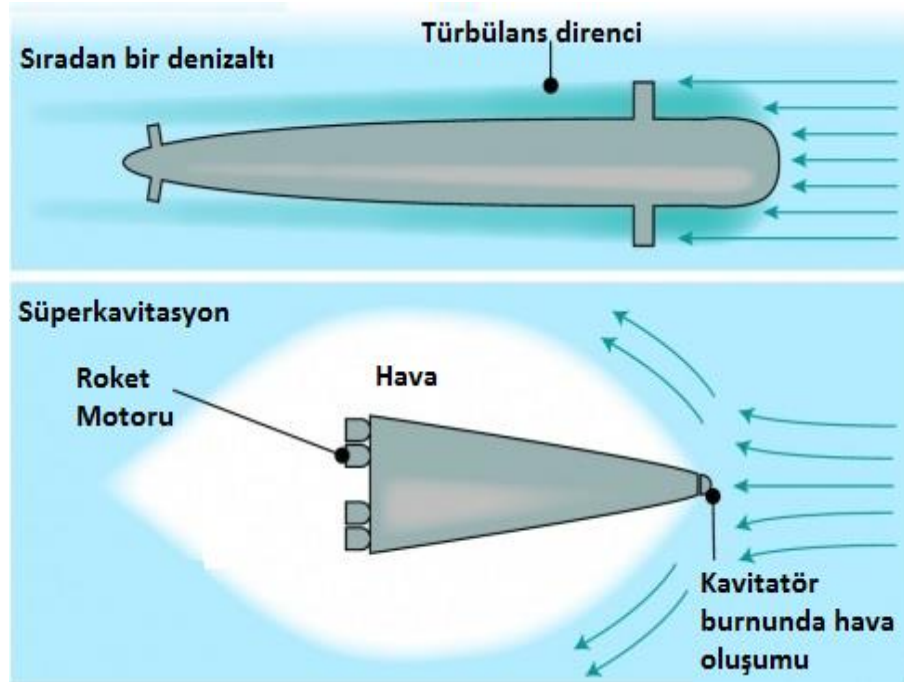
610 mm: Eski Japonya deniz kuvvetlerinin kullandığı Tip 93 torpidoları,

650 mm: En geniş torpido çapıdır. Rus deniz kuvvetleri tarafından Tip 65 torpidolarında kullanılır.

*www.wikipedia.com , aranan kelime : “Torpedo”

3. GÜNÜMÜZ TORPİDOLARI

Günümüzde gelişen teknolojiyle paralel çok yüksek hızlarda seyredebilen gelişmiş teknolojilerle donatılmış torpidolar ülkelerin savunma sistemlerinde yerini almıştır. Daha çok haberleşme sisteminde yenilikler gördüğümüz günümüz torpidolar için yüksek hız ve yüksek hedef kabiliyeti ön planda tutularak savunma sistemini güçlü tutmak isteyen ülkelerce prototipleri üzerinde çalışılmaya devam edilmektedir. Bu anlamda Rus'ların sahip olduğu "Shkval" (supercavitating) tipi torpido ve Alman yapımı "Barracuda Super Cavitating" torpidoları yapılan Ar-Ge çalışmalarının bir ürünü olmuştur. Burada, burun yapısı sivri ama yüksek hızda gövdenin bir hava cebi içinde gitmesini sağlayan ufak bir başlık vardır. Su içerisindeki itişini patlayıcısının gücünü kullanarak yapar. Değişik kaynaklara göre 230-300 mil-saat hızında 3.75-20 mil menzile gidebilmektedir. Benzer çalışmalar özellikle Çin, ABD tarafından da yoğun bir şekilde devam etmektedir. Günümüzde kullanılmakta olan sadece bir süper kavitasyon silahı vardır. Bu silahın ise üç kullanıcısı mevcuttur : Rusya, Çin ve İran *.

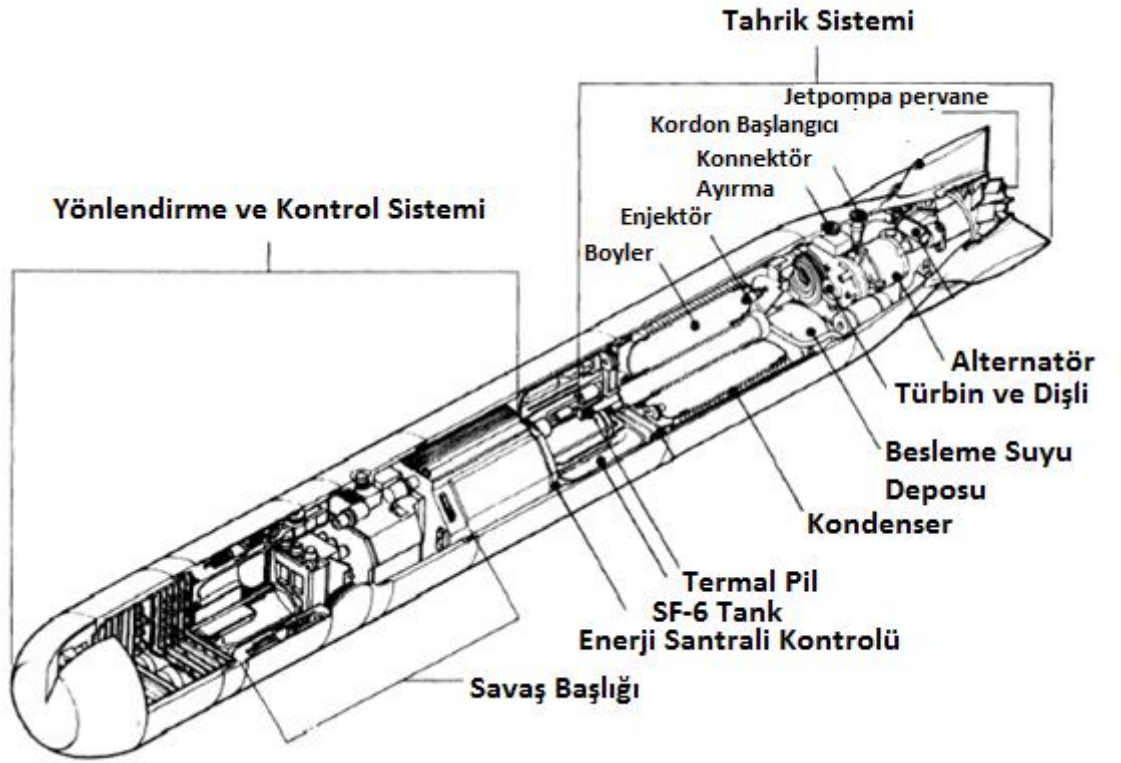


Şekil 2_ Süper Kavitasyon

*<http://uskudar.biz> , aranan kelime : "Savunma-sanayii"

Türk Deniz kuvvetlerinin kullanımında altı farklı ülkeden tedarik edilmiş toplam onüç çeşit ithal torpido mevcuttur. Bunlardan bir kısmı su üstü bir kısmı su altı hedef merkezli çalışmaktadır *.

Cumhuriyet dönemi boyunca da bu alanda herhangi bir çalışma görülememektedir. Son olarak 2009 yılında devlet desteği ile birlikte bazı faaliyetlerin yapıldığı duyurulmuştur. Savunma Sanayii Müsteşarlığı ile Tübitak, Roketsan, Armerkom arasında 2009 ve 2010 senesinde ilk yerli ağır torpidonun geliştirilmesi için 24 milyon avro değerinde bir sözleşme imzalanmıştır. Adının “Akya” olması beklenen torpido 533 mm olacağı, tasarımında Armerkom, sonarın geliştirilmesinde Tübitak, harp başlığında ve güdüm sisteminde ise Roketsan’ın sorumlu olacağı bilinmektedir. Halihazırda proje devam etmektedir *.



Şekil 3_ Bir torpidonun şematik gösterimi (Frits, 2004)

*<http://uskudar.biz> , aranan kelime : “Savunma-sanayii”

4. AKIŞKANLAR MEKANIĞI ve HAD ÇALIŞMALARI

4.1. Akışkanlar Mekaniği Denklemleri

Akışkanlar mekaniği, akışkan özelliklerinin durgun (statik) veya hareketli (dinamik) durumunda incelenmesini içerir.

Bugün akışkanlar mekaniği, bilimsel ve teknik eğitimin temellerinden biri sayılmaktadır. Günümüzde akışkanlar mekaniğinin, kan dolaşımından, roketlere kadar çok geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır.

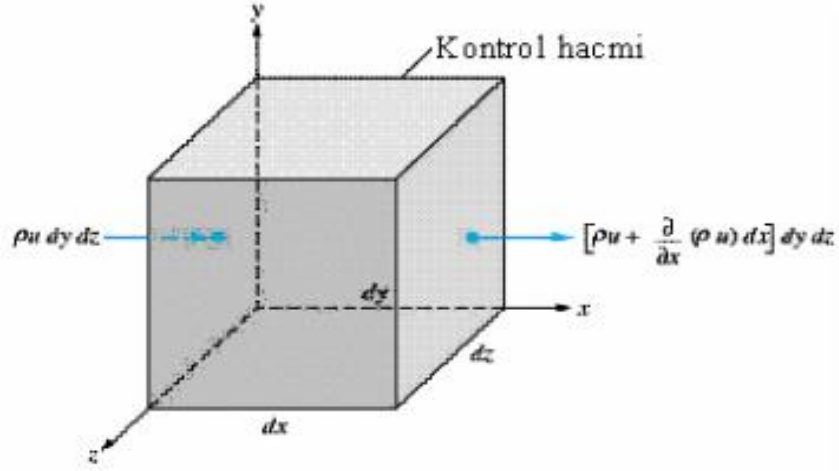
Geçmişte karşılaşılan akış sorunlarına analitik çözümler getirebilmek için matematiksel yöntemler kullanılmış ancak denklemlerin çözülebilmesi için gerçek akışkanlar yerine sürtünmesiz akışkan modeli üzerinde çalışılmıştır. Böylece kuramsal hidrodinamik doğmuştur. Fakat elde edilen sonuçlar gerçek mühendislik sorunlarına uymadığı için mühendisler deneysel yollardan yararlanarak sorunlarını çözmeye çalışmışlardır *.

Bu çalışmayı daha iyi özümseyebilmek için viskozite , yoğunluk , türbülanslı ve laminer akış ile Reynolds sayısı da dahil olmak üzere sıvı akış kavramlarını bilmek gerekir.

Bu bölümde akışkan hareketini analiz etmek için akışkanlar mekaniğinin temel diferansiyel denklemleri verilecektir.

*Akışkanlar Mekaniği ders notları, Doç. Dr. A.Pınarbaşı, Cumhuriyet Üniv.

4.1.1 Kütlelenin korunumunun diferansiyel denklemi



Şekil 4_ Kartezyen koordinatlarda kütle giriş ve çıkış akışının “x” yönündeki gösterimi

Kütle akış terimleri üç giriş ve üç çıkış olmak üzere küpün altı yüzeyi üzerinde oluşur. Şekil 1 de sadece kütle akışının “x” yönündeki ilişkisini göstermekte olup, diğer “y” ve “z” yönündeki ifadeleri tablo halinde göstermek gerekirse (Yılmaz, 2007);

<u>Yön</u>	<u>Giren Kütle Akışı</u>	<u>Çıkan Kütle Akışı</u>
x	$\rho u \, dy \, dz$	$\left[\rho u + \frac{\partial}{\partial x} (\rho u) \, dx \right] dy \, dz$
y	$\rho v \, dx \, dz$	$\left[\rho v + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v) \, dy \right] dx \, dz$
z	$\rho w \, dx \, dy$	$\left[\rho w + \frac{\partial}{\partial z} (\rho w) \, dz \right] dx \, dy$

(4.1.1.1)

Tablo 1_ Kütle akışının “x-y-z” yönündeki ifadeleri

Tüm temel diferansiyel denklemler ya elemansal denetim hacmi ya da elemansal sistem düşünülerek türetilebilir. Burada diferansiyel denklemin türetilmesi anlatılmadan doğrudan verilecektir. Kütlelenin korunumunun diferansiyel denklemi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \cdot \bar{V}) = 0 \quad \dots\dots\dots(4.1.1.2)$$

Sonsuz küçük bir denetim hacmi için kütle korunumu, yoğunluk ve hızın sürekli fonksiyonlar olması dışında başka bir kabul gerektirmediği için sıklıkla süreklilik denklemi olarak adlandırılır. Yani akış daimi ya da daimi olmayan, sürtünmeli ya da sürtünmesiz, sıkıştırılabilir ya da sıkıştırılamaz olabilir. Süreklilik denklemini aşağıdaki şekilde daha açık bir formda yazabiliriz.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0 \quad \dots\dots\dots(4.1.1.3)$$

4.1.2 Momentumun korunumunun diferansiyel denklemi

Akışkanlar mekaniğinde diferansiyel momentum denklemi aşağıdaki formülle ifade edilir. (Yılmaz, 2007)

Momentum denkleminin tüm bileşenleri yazılırsa:

$$\begin{aligned} \rho \cdot g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} &= \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ \rho \cdot g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} &= \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ \rho \cdot g_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} &= \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad \dots\dots(4.1.2.1) \end{aligned}$$

Yukarıdaki momentum denklemleri herhangi bir akışkanın genel hareketi için geçerli olup özel akışkanlar, özel viskoz gerilme terimleri ile karakterize edilirler.

4.1.3 Newton tipi akışkan (Navier-Stokes denklemleri)

Newton tipi bir akışkan için viskoz gerilmeler, elemanın gerilmesi ve viskozite katsayısı ile orantılıdır. Sıkıştırılamaz akış için üç boyutlu viskoz akış denkleminde oluşan kayma gerilmelerinin açık ifadeleri (Yılmaz, 2007);

$$\begin{aligned} \tau_{xx} &= 2 \mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad , \quad \tau_{yy} = 2 \mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad , \quad \tau_{zz} = 2 \mu \frac{\partial w}{\partial z} \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad , \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad , \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} &= \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(4.1.3.1)$$

Şeklinde yazılabilir. Newtonian akışkan için sabit yoğunluk ve viskozite durumunda diferansiyel denklemi yeniden düzenlenirse;

$$\begin{aligned} \rho \cdot g_x - \frac{\partial P}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) &= \rho \frac{du}{dt} \\ \rho \cdot g_y - \frac{\partial P}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) &= \rho \frac{dv}{dt} \\ \rho \cdot g_z - \frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) &= \rho \frac{dw}{dt} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(4.1.3.2)$$

Denklem takımları elde edilir ve onları türeten C.L.M.H. NAVIER (1785-1836) ve Sir George G. STOKES(1819-1903)'a atfen, Navier-Stokes denklemleri olarak anılırlar.

4.2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ve Ansys Fluent

HAD; akışkanlar mekaniği problemlerinin analizi ve çözülmesi için sayısal yöntem ve algoritmaların kullanıldığı bir akışkanlar mekaniği bilim dalıdır. Bu yöntemde temel olarak üç ana denklem (süreklilik, momentum ve enerji denklemleri) esas alınır ve bu denklemler sayısal çözülerek akış içindeki basınç, hız, sıcaklık dağılımları ve bu parametrelere bağlı olarak birçok veriye ulaşılır. Çoğu mühendislik problemi geometri karmaşıklığı nedeniyle, analitik olarak çözülememekte ancak geometrinin sonlu sayıda alt hacimlere bölünmesiyle çözülebilmektedir. (Yılmaz, 2007)

Genel olarak HAD yöntemleri yaklaşık bir hesap yapar dolayısı ile analitik sonuç gibi tam bir kesinlikte çözümler oluşturamazlar. Yapılan analizin hassasiyeti ise öncelikle hesaplama örgüsü içindeki elemanların büyüklüklerine, konumlarına, türlerine (üçgen, dörtgen temelli) ve eleman formülasyonuna (doğrusal, 2.derece vs.) bağlıdır. (Yılmaz, 2007)

Bir HAD uygulaması dört temel aşamadan meydana gelir:

1. Önışlem; geometrinin oluşturulması, problemin modellenmesi, hesaplama örgüsünün oluşturulması, sınır şartlarının belirlenmesi.
2. Çözüm; problemin türüne uygun bir çözüm yöntemiyle yaklaşık olarak hesaplanması.
3. Sonuçlar; çözümde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi.
4. Deneysel doğrulama; bazı verilerin deney sonuçlarıyla karşılaştırılarak sonuçların yeterli hassasiyette olduğunun doğrulanmaya çalışılması. (Yılmaz, 2007)

4.2.1 HAD nerede kullanılır ve ne zaman tercih edilir;

- Hesaplama ve tasarım çalışmalarında,
- Deney yapılmasının güç ya da imkânsız olduğu fiziksel olayların modellenmesi,
- Akışkan fiziği hakkında yeni kuramların geliştirilme çalışmalarında,
- Maliyet etkili çözümler gerektiğinde kullanılır.

4.2.2 Ansys Fluent yazılımı

- Ansys Fluent programı genel maksatlı hesaplamalı akışkanlar dinamiği programıdır. Fluent, sonlu hacimler yöntemini kullanan bir yazılımdır. Fluent genel amaçlı bir HAD yazılımı olarak otomotiv, endüstri, havacılık endüstrisi, beyaz eşya endüstrisi, turbomakina (fanlar, kompresörler, pompalar, türbinler vb.) endüstrisi, kimya endüstrisi, yiyecek endüstrisi gibi birbirinden farklı birçok endüstriye ait akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemlerinin çözümünde kullanılabilir *.

Program 3 ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Hazırlık kısmı, burada oluşturulan ağ yapısı programa çağrılır, gerekli sınır şartları girilir, analiz tipi seçilir. Yani hesaplamanın kullanıcıyı en çok ilgilendiren kısmıdır. Burada hesap yapılmak istenen durum gerçekte olduğu gibi programa girilir.
- Çözüm kısmında, program hazırlık kısmında oluşturduğunuz sistemi belirttiğiniz denklem sistemleriyle çözer. Bu çözüm zamanı sizin ağ yapınızın ve bilgisayarınızın gücüne bağlı olarak çok farklılık gösterir. Birkaç saatten bir haftaya kadar sürebilir.
- Sonuçlar kısmında, çözümde bulunan değerler yüksek görüntü kalitesinde üç boyutlu yüzeyler hacimler olarak kullanıcı tarafından incelenip değerlendirilir.

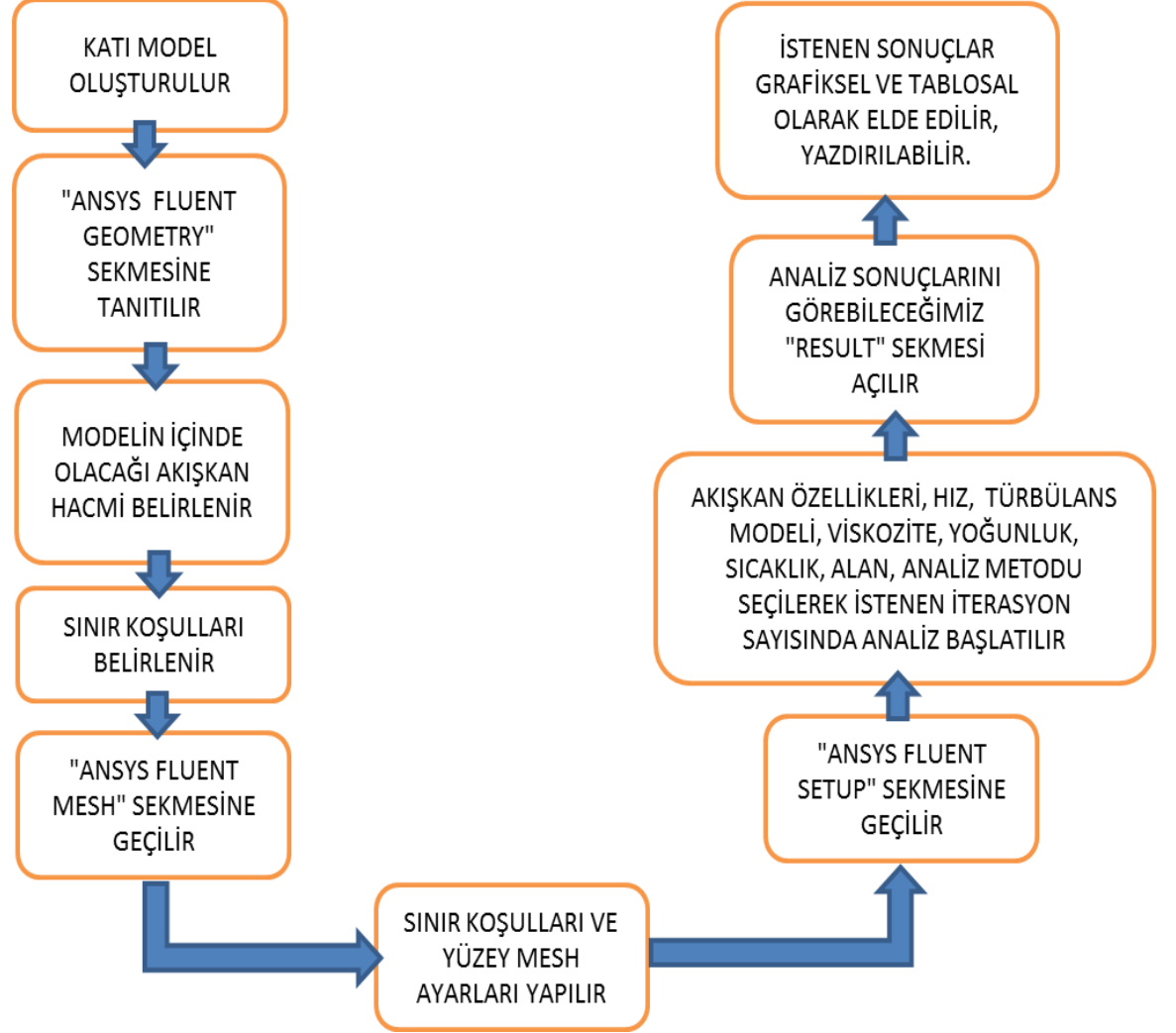
ANSYS FLUENT yazılımı geniş bir fiziksel modelleme kapasitesine sahip olup akış, türbülans, ısı transferi hesaplamasının yanı sıra uçak kanadı üzerindeki akıştan bir fırın içindeki yanmaya, kan akışından yarı iletken üretime, temiz oda tasarımından, atık su arıtma tesislerine kadar farklı endüstriyel alanlarda analiz imkanlarına sahiptir *.

Gelişmiş çözücü sayesinde hızlı ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edilirken, bu çözücü hareket edebilen ve deforme olabilen sayısal ağların (mesh) kullanımını ve paralel işlemlerdeki üstün performans kabiliyetini de sunmaktadır. (Yılmaz, 2007; Kılıç, 2012)

*www.figes.com.tr , aranan kelime : “Fluent”

4.2.3 Ansys Fluent işlem örgüsü

Analiz çalışması sırasında izlenen yol, aşağıda şekildeki gibi özetlenebilir.

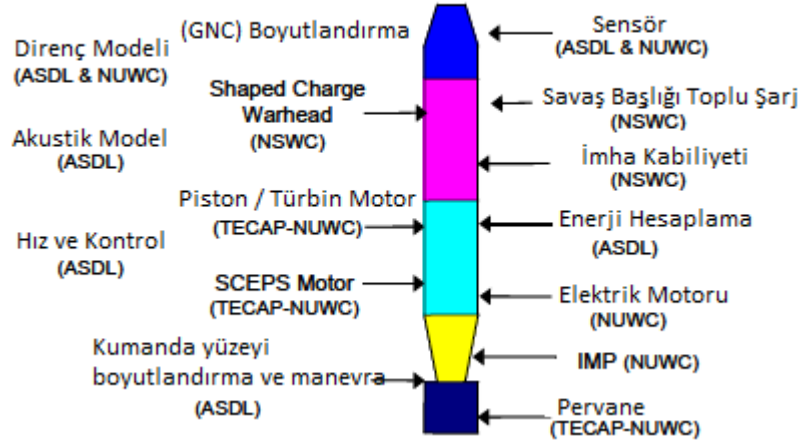


Şekil 5_ ANSYS FLUENT işlem örgüsü

4.2.4 Torpido optimizasyon-analiz-dizayn programı (TOAD)

Ar-Ge kapsamında yurt dışında farklı programlarla torpido projeleri üzerinde çalışılmaktadır. Bunlardan biride “TOAD” denilen optimizasyon, analiz ve dizaynın birlikte düşünülerek yapılan çalışmalardır. Performans için her bir bileşen üzerinde ayrı ayrı boyutlandırma ve analiz modülleri kullanılarak istenen dizayn oluşturulmaya çalışılmaktadır. (Frits, 2004)

TOAD programı , torpido araştırmaları ve sistemlerinin optimizasyonu için özel olarak geliştirilmiş bir programdır. Amerika’da, Havacılık ve Uzay Sistemleri Tasarım Laboratuvarı ve Donanma Denizaltı Harp Merkezi arasında yapılan işbirliği ile geliştirilen ortak bir programdır. Tasarım gelişimini kolaylaştıran modüler bir programdır. Yapılan analizlerle birlikte sabit bir bütçe için en düşük maliyetli torpidoyu bulmada yada sabit bir bütçe için en iyi performansa sahip torpidoyu bulmakta kullanılabilir. (Frits, 2004)



şekil 6_ TOAD Yetenekleri

Bu program ile torpido tahrik sistemi (güç yoğunluğu, motor gücü, vs.), torpido uzunluğu, maksimum hız, gürültü, sonar performans, kavitasyon gibi ölçüler analiz edilmekte, optimal değerler aranmaktadır. (Frits, 2004)

Hesaplamalar;

$$S_w = \frac{\pi}{4} D^2 \left(4(1-f) \frac{L}{D} + \sqrt{1 + (2f \frac{L}{D})^2} \right) \dots\dots\dots(4.2.4.1)$$

$$C_{D_i} = \frac{D_i}{1/2 \rho V_s^2 S_w} \dots\dots\dots(4.2.4.2)$$

$$C_f = \frac{0.0776}{\log_{10}(R_e - 1.88)^2} + \frac{60}{R_e} \dots\dots\dots(4.2.4.3)$$

$$R_e = \frac{V_s L}{\nu} \dots\dots\dots(4.2.4.4)$$

V=5m/sn hız için hesaplamalar yapılırsa;

S_w = π/4x 533²(4(1-0.1)x6000/533)² = 9.0375.....(f : 0.1 alınmıştır, sabittir.)

$$\mathbf{C_d} = 533 / (1/2 \times 1 \times 20^2 \times 9.0375) = 0.2948$$

Elde edilen direnç katsayısı (C_d : 0.2948) analiz programından elde edilen veriler ile kıyaslandığında (Tablo_3) dört farklı torpido modeline ait V:5m/sn deki direnç katsayılarına çok yakın olduğu görülebilir.

5. ANALİZE GİRİŞ

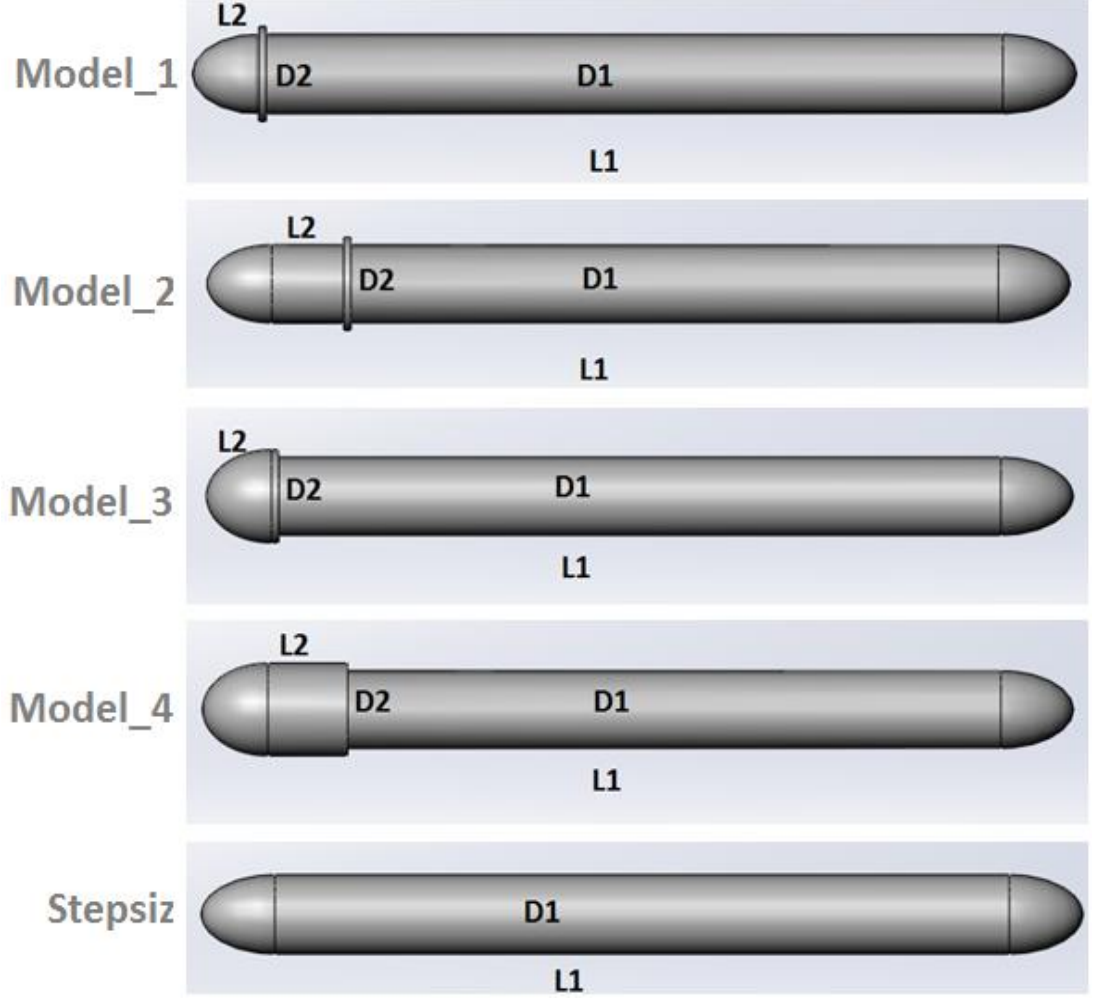
5.1. Katı Model Oluşturma

Analize başlamadan önce, torpido için bir çap değeri ve uzunluk değeri belirlenerek herhangi bir katı model programı ile elde edilir. Bu çalışmada katı modelleme programı olarak SolidWorks programı kullanılmıştır. D1= 533 mm. dış çap ve L=6000 mm. uzunluğunda oluşturulan torpido katı modeli daha sonra analizi yapılması düşünülen step boyutlarına göre farklı 16 prototip elde edildi. Bu stepli modellerle kıyaslamak için aynı boyutlarda stepsiz bir torpido modeli de aynı hızlar için analiz edilmiş ve tablolarla veriler sunulmuştur. Analizlerde su içerisinde torpidoya etki edecek takıntı dirençler hesaba katılmamıştır. Aşağıda tabloda da görüldüğü gibi 4 model üzerinden farklı 4 step yüksekliğine bağlı toplamda 16 prototip ile stepsiz model 5m/sn - 10m/sn -15m/sn – 40 m/sn hızlarda elde edilmiştir (Tablo 2).

ANALİZİ YAPILAN TORPİDO MODELLERİ					
MODEL	V (m/sn)	L1 (mm)	L2 (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)
1.0-1.1-1.2-1.3	5	6000	500	533	550-580-600-620
2.0-2.1-2.2-2.3	10	6000	500	533	550-580-600-620
3.0-3.1-3.2-3.3	15	6000	500	533	550-580-600-620
4.0-4.1-4.2-4.3	40	6000	500	533	550-580-600-620
5.0-5.1-5.2-5.3	5	6000	1000	533	550-580-600-620
6.0-6.1-6.2-6.3	10	6000	1000	533	550-580-600-620
7.0-7.1-7.2-7.3	15	6000	1000	533	550-580-600-620
8.0-8.1-8.2-8.3	40	6000	1000	533	550-580-600-620
9.0-9.1-9.2-9.3	5	6000	50-500	533	550-580-600-620
10.0-10.1-10.2-10.3	10	6000	50-500	533	550-580-600-620
11.0-11.1-11.2-11.3	15	6000	50-500	533	550-580-600-620
12.0-12.1-12.2-12.3	40	6000	50-500	533	550-580-600-620
13.0-13.1-13.2-13.3	5	6000	50-1000	533	550-580-600-620
14.0-14.1-14.2-14.3	10	6000	50-1000	533	550-580-600-620
15.0-15.1-15.2-15.3	15	6000	50-1000	533	550-580-600-620
16.0-16.1-16.2-16.3	40	6000	50-1000	533	550-580-600-620
17.1-2-3-4-5-6-7-8-9	5-10-15-20-30-40-80-120-160	6000	-	533	533

Tablo 2_ Analizi Yapılan Torpido Modelleri

Analiz çalışması her bir prototip model için denenmiş, veriler, değişen stepli çapın stepsiz çapa oranları, değişen hızlar yönünden ele alınmıştır. Bu analiz verileri çalışmanın ilerleyen sayfalarında sunulmuştur.

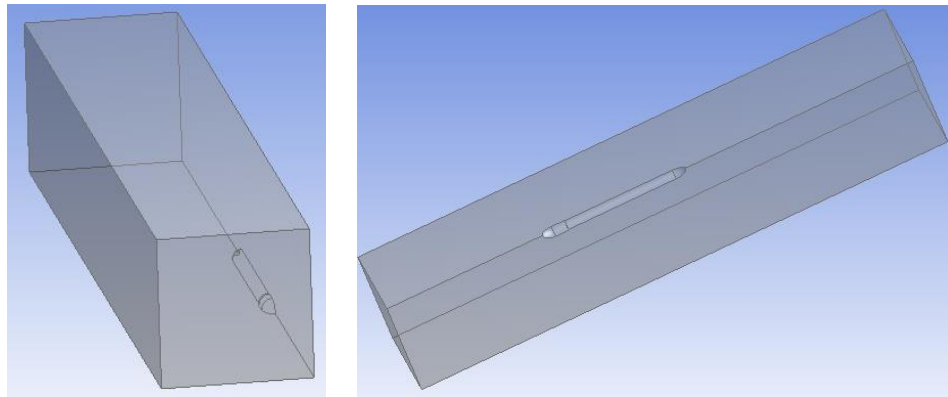


5.2. Ansys Fluent Programında Mesh (Ağ Yapısı) Oluşturulması

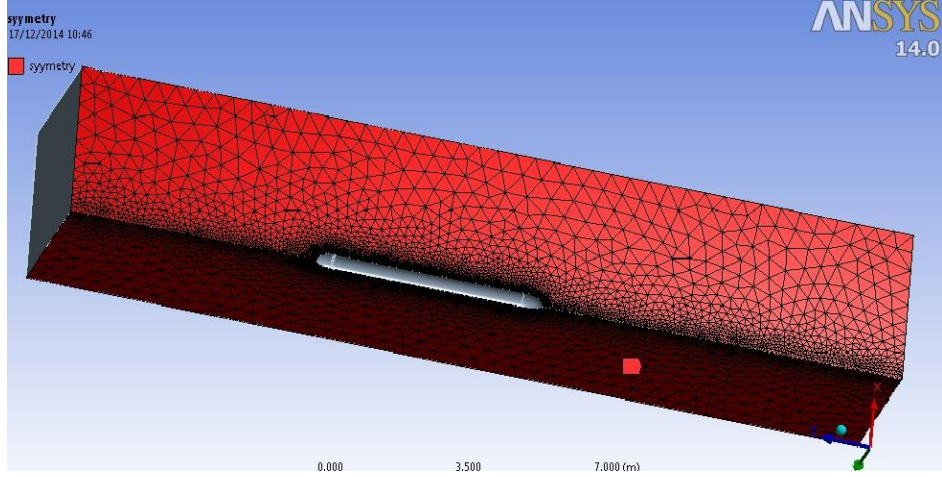
SolidWorks programında elde edilen katı modeller analizin yapılacağı Ansys Fluent programına tanıtılıp etkin sonuçları elde etmek için mesh yapısı (çözüm ağı) oluşturulur. Sisteme tanıtılan katı model “CPU time” düşünülerek sabit duruyormuş gibi varsayıлып etrafında oluşturulan su hacmi istenen hız değerlerinde hareket ediyor kabul edilir. (Baker, 2004) Diğer türlü analiz

yapıldığında daha çok girdi yapmak gerekecek ayrıca iki saatlik analiz sonuçları yaklaşık bir güne yakın sürelerde elde edilecekti. Benzer çalışmalar gerçekte sirkülasyon tünellerinde denenerek karşılaştırma için veriler elde edilmiştir Burada da cisim sabit, akışkan hareketli kabul edilmektedir. Bu çalışmada torpido geometrisinin çeyrek alanı kullanılarak programın hem daha hızlı çözüme ulaşması hem de CPU time düşünölmüştür, bu yöntemin analiz verilerine negatif bir katkısı olmamaktadır. Benzer literatür çalışmasında da çeyrek alanda çalışmanın bu yöndeki avantajları belirtilmiştir. (Ivanell, 2001) Çözüm ağı oluşturulurken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta büyük gradyanların meydana geleceği bölgelerde ağıın uygun çözüm hassasiyetini sağlayacak şekilde sık olmasıdır. Buna göre ağ yapısı profile yakın bölgelerde yeterli sıklıkta olacak biçimde oluşturulmalıdır. Fluent kullanırken yapılması gereken seçim şöyledir; ya laminer sınır tabakayı çözebilecek sıklıkta olmalı ya da bu bölgenin çözümünü Fluent 'in duvar fonksiyonlarına (*wall function*) bırakacak kadar seyrek olmalıdır. Bu yöntemlerden birincisinin ikincisine göre daha çok düğüm noktası dolayısıyla daha çok hesaplama gücü , hafıza ve zaman gerektireceği bilindiği için bu çalışmada öncelikle ikinci yöntem uygulanmıştır. (Kılıç, 2012)

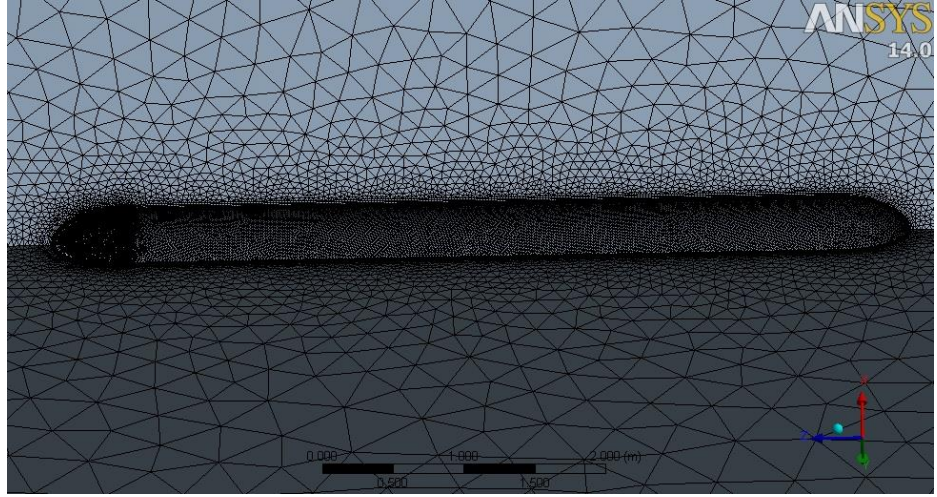
Mesh girdileri için beş farklı sınır bölgesi seçilerek yüzey ve kenar mesh girdileri ve verimli bir analiz elde etmek içinde torpido yüzeyini boylu boyunca tarayan inflation girdileri yapılmıştır. Bu aşamadan sonra setup kısmında sınır koşulları belirlenerek istenilen iterasyon değerincede analiz süreci başlatılır.



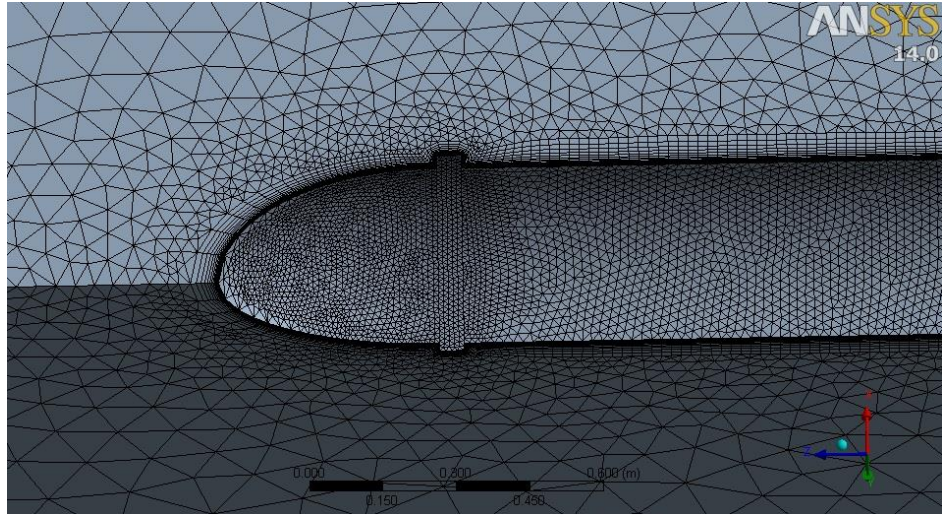
Şekil 8_ 90 derecelik alanda torpido ve su hacmi



Şekil 9_ Su hacmi ve torpido yüzeyi için mesh yoğunluğu



Şekil 10_ Torpido üzerinde görülen mesh yoğunluğu



Şekil 11_ Torpido baş tarafı mesh yoğunluğu

5.3. Sınır Şartlarının Oluşturulması

Workbench'te ağ yapısı oluşturulduktan sonra, sınır şartlarının tanımlanması işlemi Fluent'te sınır koşulları paneli (*boundary conditions*) aracılığıyla yapılır. Bu çalışmada toplam olarak beş adet sınır bölgesi kullanılmıştır. Bunlar; inlet, outlet, torpedo, symmetry eksen ve outsurface'dir. İnlet ve outlet sınır şartları olarak hız seçilmiştir. Torpedo, symmetry, outsurface sınır şartları için sabit duvar seçilmiştir. Türbülans olarak K-Omega ($k-\omega$) SST (Shear Stress Transport) türbülans modeli seçilmiştir.

$k-\omega$ SST modeli duvar yakınındaki bölgelerde (*near-wall region*) isabetli olan $k-\omega$ ile uzak bölgede (*far field*) serbest akıştan bağımsız $k-\epsilon$ modellerinin etkin şekilde bir araya getirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu modelin akım ayrılması gözlenen karmaşık türbülanslı problemlerde ve hareketli çözüm ağlarında diğer türbülanslı modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği literatür araştırmalarından bilinmektedir. (Kılıç, 2012)

Fluent, problemi çözmek için çözüm yöntemleri (*solution methods*) kısmından değişik yöntemler seçilmesine imkan vermektedir. Bu yöntemlerin belirlenmesinde Fluent kılavuzundan ve yapılmış örnek çalışmalardan faydalanılmıştır. (Kılıç, 2012)

Öncelikle basınç, hız çiftinin (*pressure-velocity couple*) çözümü için bir şema seçilmelidir. Bu hesaplamada en sık kullanılan Coupled" şeması seçilmiştir. Basınç, kinetik enerji ve türbülans modellerine has diğer değişkenlerin hepsi için "first order" yöntemine göre daha isabetli olan "second order upwind" yöntemi seçilmiştir. (Kılıç, 2012)

Fluent ile elde edilen sonuçların doğruluğu hakkında yorum yapabilmek için öncelikle HAD çalışmalarında büyük önem arz eden y^+ (y -plus) boyutsuz sayısının değerleri irdelenmelidir. Bununla beraber, bu boyutsuz sayının fiziksel anlamı hakkında kısaca bilgi vermek gerekirse; (Kılıç, 2012; Baker, 2004)

y^+ boyutsuz duvar uzaklığı sınır tabaka içerisinde ve duvar yasasının tanımlanmasında sıklıkla kullanılan bir boyutsuz büyüklüktür. Bu büyüklük duvar üzerinde hızın türevi ve akışkan viskozitesine bağlıdır. Pratikte y^+ değerinden bir duvar etrafındaki çözüm ağının kullanılan çözüm yöntemine uygun olup olmadığını tespit etmekte faydalanılır. Ayrıca, profil etrafına sınır tabaka ağı atılırken arzu edilen y^+ değerine göre hesaplama yapılarak duvara en yakın hücrenin duvara uzaklığı belirlenir.

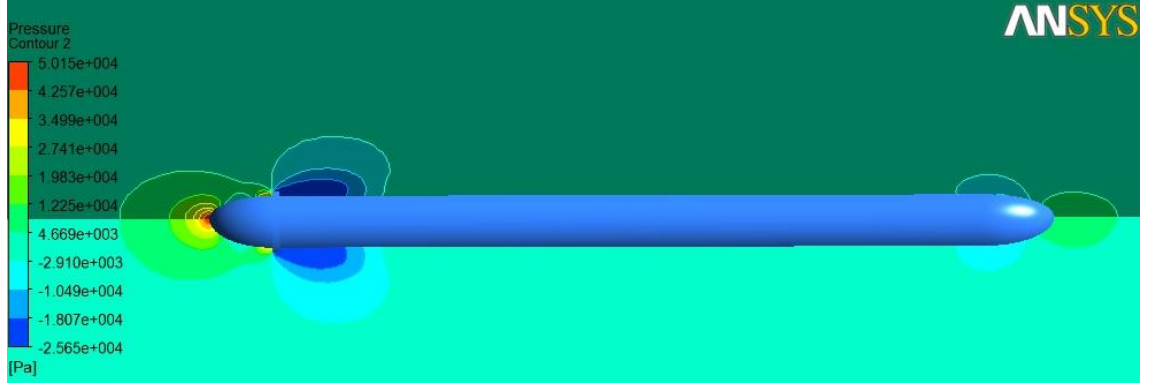
k-omega SST yöntemi için Fluent kılavuzunda önerilen ideal y^+ değeri yaklaşık olarak 1'dir. Fakat 4-5 mertebesindeki y^+ değerleri de viskoz tabakada kalmak şartıyla uygundur. (Bayraktar ve ark., 2010)

Suda yüzen araçlarla ilgili Uluslararası çalışmalarda y^+ değeri $y^+ < 300$ tutulmaya çalışılır ki burada maksat analiz sonuçlarını gerçeğe olabildiğince yaklaştırmak olmuştur. y^+ değeri sıfıra yaklaştıkça istenen gerçekçi sonuçlara da o denli yaklaşılmış olur. Yapılan literatür araştırmalarında y^+ değeri için önerilen prosedür ve kurallar incelendiğinde sonuçların ideale yakınsaması için y^+ için hangi aralıklarda çıkması gerektiği belirtilmiştir. Bu bilgiler baz alınarak analizler yapılmış ve ideale yakın sonuçlar elde edilmiştir. (Baker, 2004; ITTC, 2011)

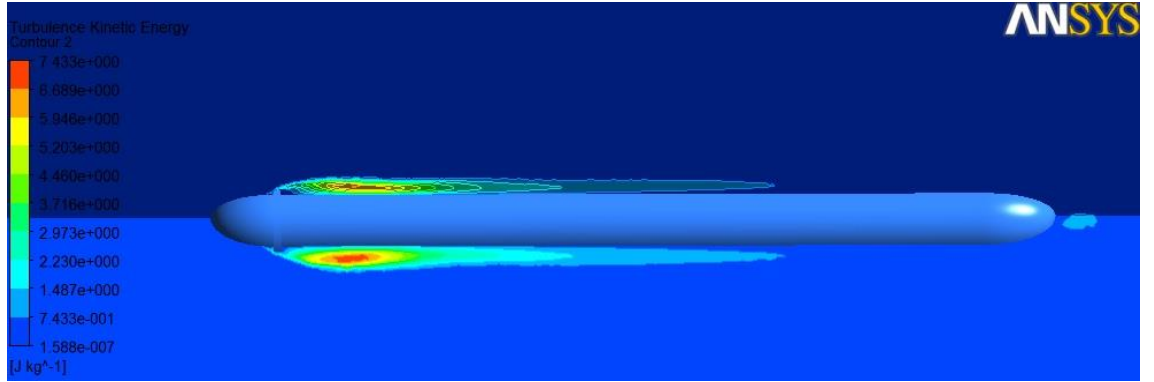
Yapılan tüm girdiler sonucu belirlenen bir iterasyon sayısından sonra analiz başlatılarak veriler elde edilir.

5.4. Ansys Fluent Solution Verileri

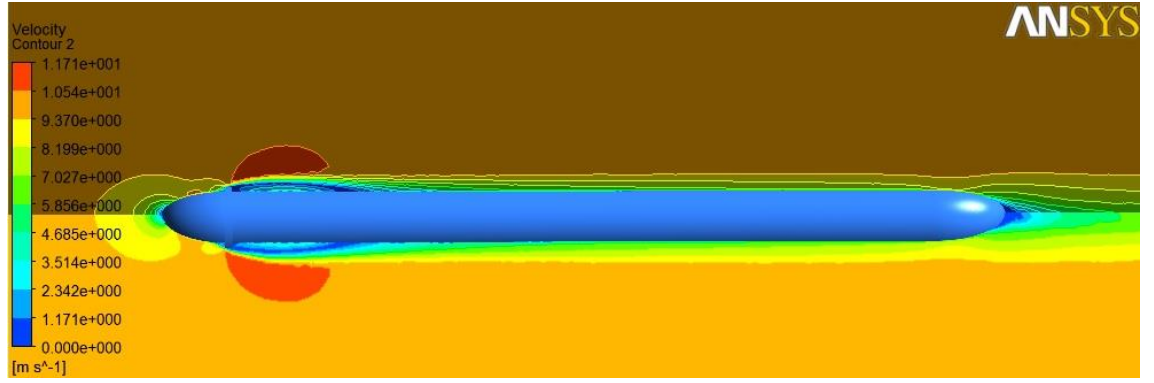
ANSYS FLUENT programı üzerinden yapılan analiz sonucu, veriler aşağıda görülen şekillerle "Results" sekmesinden elde edilir. Her bir şekilde torpido yüzeyi üzerinde oluşan görsel sonuçları ve noktasal değerleri görmek mümkündür. $D_2=620\text{mm}$ step çapı, $L_2= 500\text{mm}$ step genişliği ve $V=10\text{ m/sn}$ hız değeri için aşağıda verilen sonuçlar diğer modeller içinde çalışmanın sonuna doğru ayrı ayrı verilmiştir.



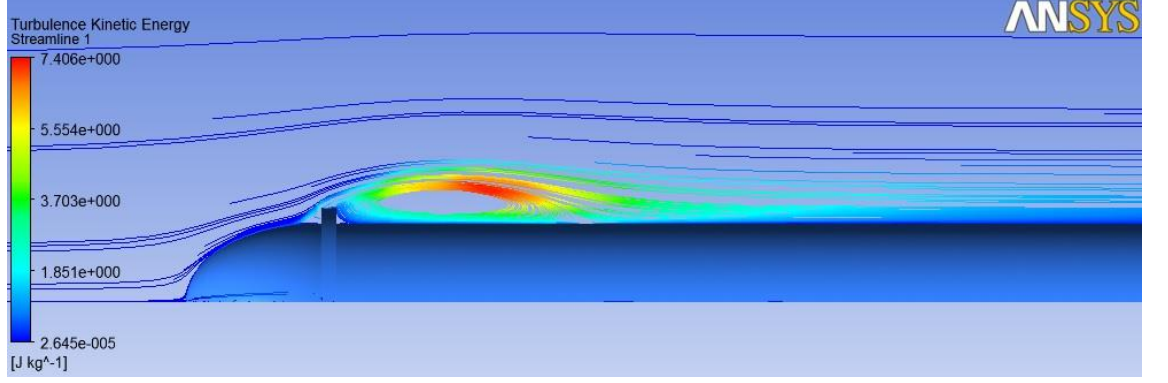
Şekil 12_ Torpido üzerinde oluşan basınç değerlerine ait veriler



Şekil 13_ Torpido üzerinde oluşan türbülans kinetik enerji değerlerine ait veriler



Şekil 14_ Torpido üzerinde oluşan hız değerlerine ait veriler



Şekil 15_ Step arkası oluşan türbülans

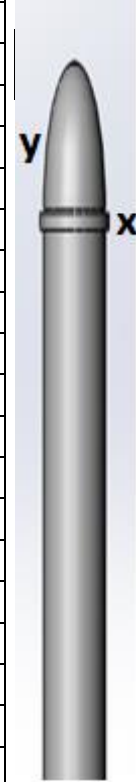
6. ANALİZ VERİLERİ ve DEĞERLENDİRMELER


Bu çalışmada, değişik step ölçüleri için torpido modelleri Ansys Fluent programıyla analiz edilmiştir. Değişen hızlarda stepli modellerin gösterdiği dirençler ayrı ayrı elde edilmiştir. Torpido üzerindeki basınçlar, hız, türbülans kinetik enerji değişimleri, y^+ ve istenen hızlar için direnç kuvvetleri (*drag forces*) bulunmuştur.


Bulunan sonuçlar Tablo_3 de sunulmuştur. Verilerde, istenen hız ve boyutlar için hesaplanmış C_d (*drag coefficient*) değerleri, y^+ değerleri ve kuvvet değerleri her bir model için elde edilmiştir. Verileri daha iyi değerlendirebilmek için aynı hız değerleri için değişik step çaplarında sonuçlar grafikler halinde de sunularak yorumlar yapılmıştır.



ANALİZ VERİLERİ

TORPİDO	Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	iterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)	MODEL_1	
	Model_1.1.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.18	1.10	5	152.6		
	Model_1.1.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.34	1.06	5	294.5		
	Model_1.1.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.45	1.01	5	380.9		
	Model_1.1.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.54	0.99	5	460.9		
	Model_1.2.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	2.26	10	596		
	Model_1.2.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.45	2.02	10	1178		
	Model_1.2.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.44	1.96	10	1518.3		
	Model_1.2.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.54	1.87	10	1846.2		
	Model_1.3.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	3.32	15	1331.1		
	Model_1.3.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.35	3.00	15	2696.4		
	Model_1.3.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.44	2.86	15	3429.8		
	Model_1.3.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.53	2.74	15	4094.2		
Model_1.4.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	8.11	40	9211.1			
Model_1.4.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.35	7.30	40	18864.9			
Model_1.4.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.48	7.00	40	24513			
Model_1.4.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.53	6.60	40	29301			



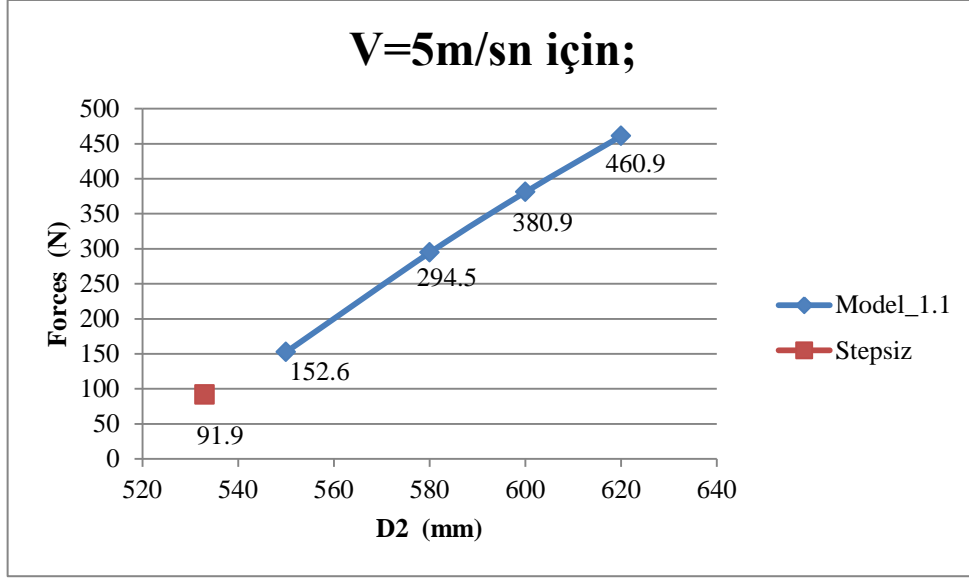
TORPIDO	Model_2.5.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.21	1.23	5	126.7	 MODEL_2	
	Model_2.5.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.26	1.13	5	221.5		
	Model_2.5.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	1.10	5	275.5		
	Model_2.5.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	1.06	5	335.3		
	Model_2.6.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.15	2.35	10	489.1		
	Model_2.6.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.25	2.14	10	868.6		
	Model_2.6.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	2.08	10	1094.3		
	Model_2.6.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	2.02	10	1335.3		
	Model_2.7.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.14	3.44	15	1079.9		
	Model_2.7.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.29	3.15	15	1951.2		
	Model_2.7.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	3.07	15	2468.5		
	Model_2.7.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	2.97	15	3006.8		
	Model_2.8.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.13	8.47	40	7196		
Model_2.8.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.29	7.70	40	13563			
Model_2.8.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	7.55	40	17295			
Model_2.8.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	7.22	40	21382			

TORPIDO	Model_3.9.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.12	1.28	5	105.3		
	Model_3.9.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.15	1.25	5	131.6		
	Model_3.9.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.18	1.23	5	152.2		
	Model_3.9.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.20	1.22	5	167.8		
	Model_3.10.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.15	2.46	10	395.5		
	Model_3.10.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.15	2.38	10	505.6		
	Model_3.10.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	2.35	10	587.8		
	Model_3.10.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.19	2.33	10	665		
	Model_3.11.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.12	3.62	15	875.3		
	Model_3.11.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.14	3.50	15	1118.2		
	Model_3.11.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	3.46	15	1296.6		
	Model_3.11.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.19	3.43	15	1452.8		
	Model_3.12.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.10	8.84	40	5633		
Model_3.12.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.13	8.60	40	7470			
Model_3.12.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	8.47	40	9409			
Model_3.12.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.18	8.40	40	9964			

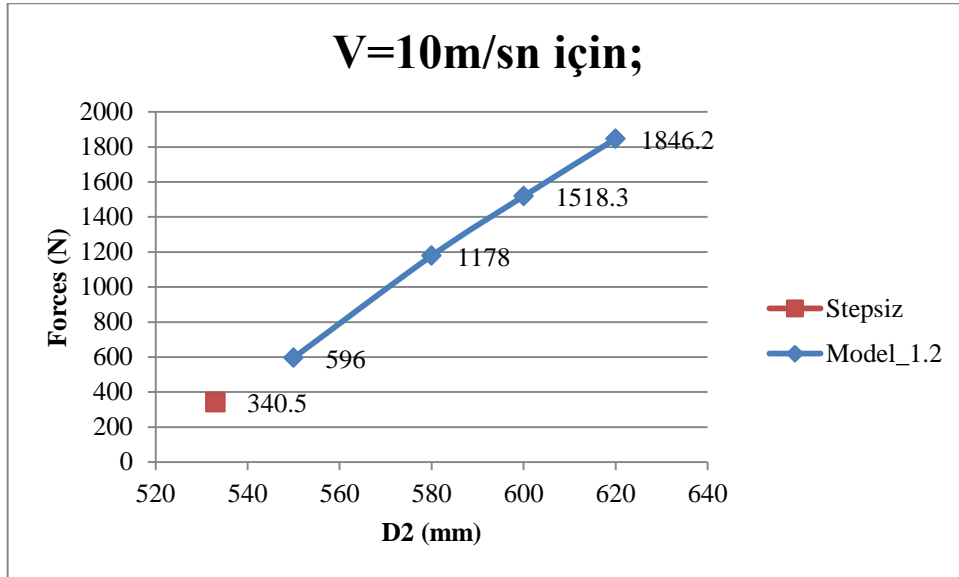
TORPİDO	Model_4.13.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.18	1.30	5	101.4		MODEL_4
	Model_4.13.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.14	1.28	5	121.8		
	Model_4.13.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.16	1.27	5	135.6		
	Model_4.13.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.13	1.27	5	151		
	Model_4.14.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.11	2.50	10	380.9		
	Model_4.14.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.13	2.46	10	464.4		
	Model_4.14.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.15	2.43	10	520		
	Model_4.14.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.17	2.43	10	579.1		
	Model_4.14.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.11	3.70	15	835.2		
	Model_4.15.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.13	3.62	15	1024.5		
	Model_4.15.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.15	3.59	15	1153.4		
	Model_4.15.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.16	3.57	15	1274.7		
	Model_4.16.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.09	9.00	40	5369.4		
	Model_4.16.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.12	8.80	40	6803.8		
	Model_4.16.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.14	8.80	40	7741.5		
	Model_4.16.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.16	8.70	40	8818.2		
STEPSİZ	Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9		STEPSİZ
	Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5		
	Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85		
	Model_5.17.4	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	4.90	20	1274.3		
	Model_5.17.5	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	7.14	30	2728.8		
	Model_5.17.6	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.08	9.20	40	4592.9		

Tablo 3_ Modellere ait analiz verileri

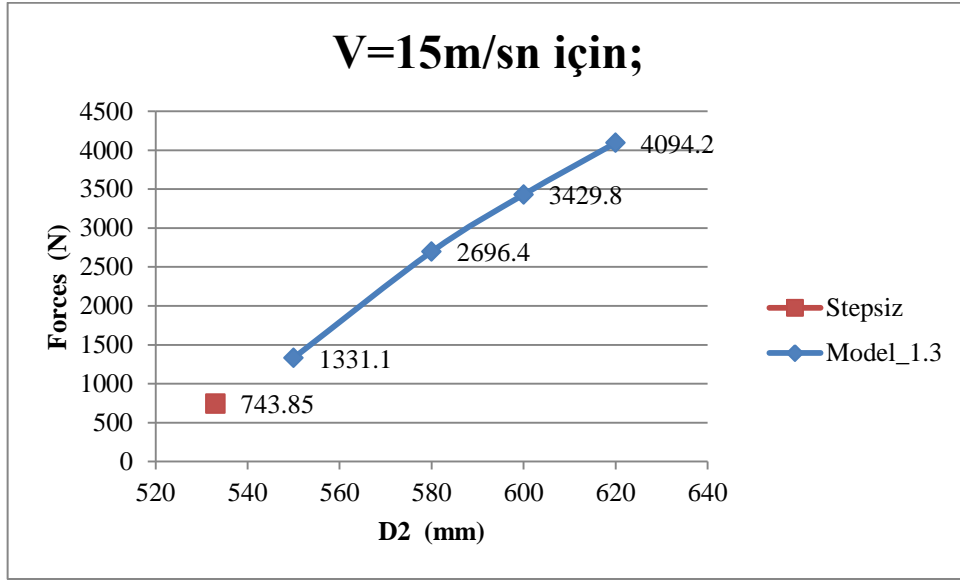
6.1. Model_1 için Analiz Verilerinin Grafiksel Gösterimleri



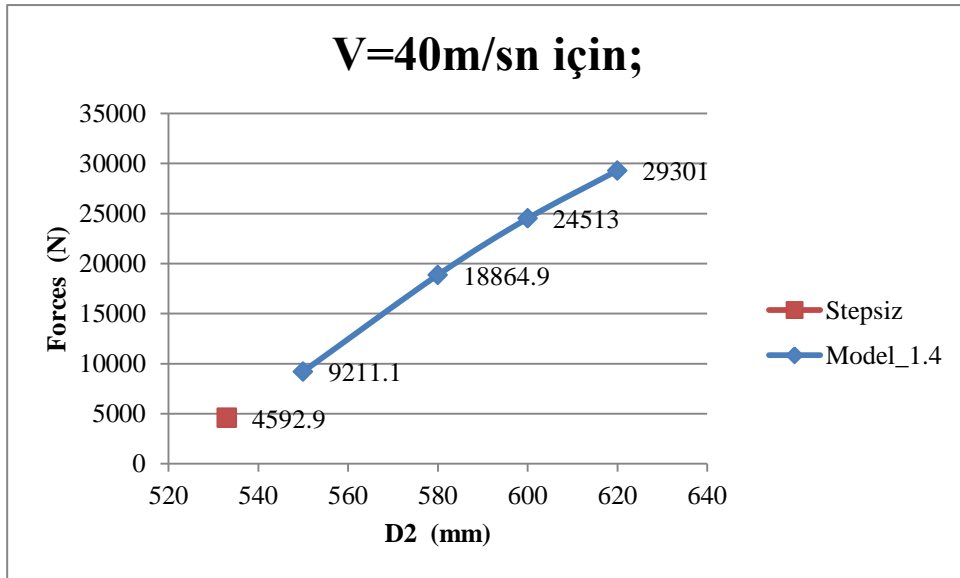
Şekil 16_ V=5 m/sn de Model_ 1.0-1.1-1.2-1.3 için kuvvet değerleri



Şekil 17_ V=10 m/sn de Model_ 2.0-2.1-2.2-2.3 için kuvvet değerleri



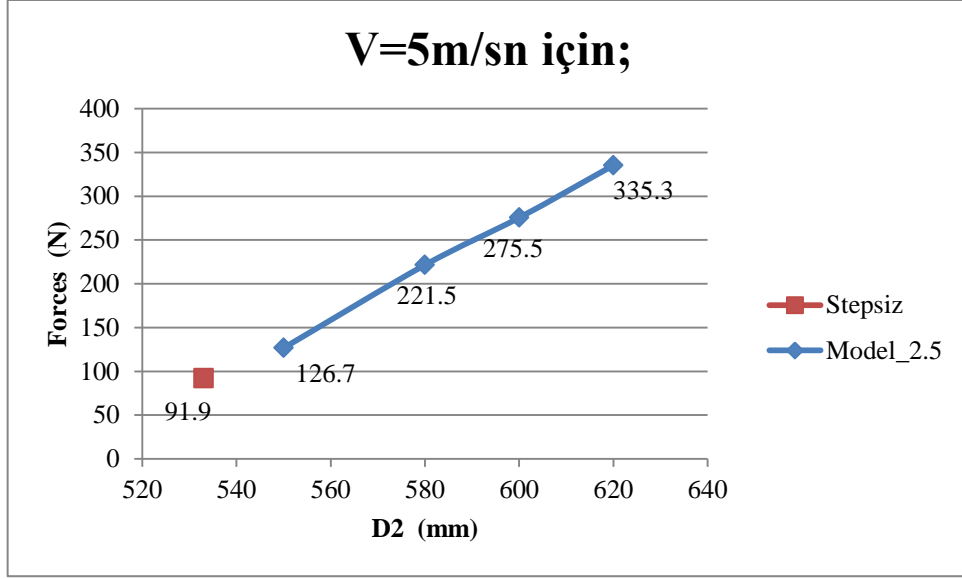
Şekil 18_ V=15 m/sn de Model_ 3.0-3.1-3.2-3.3 için kuvvet dağılımı



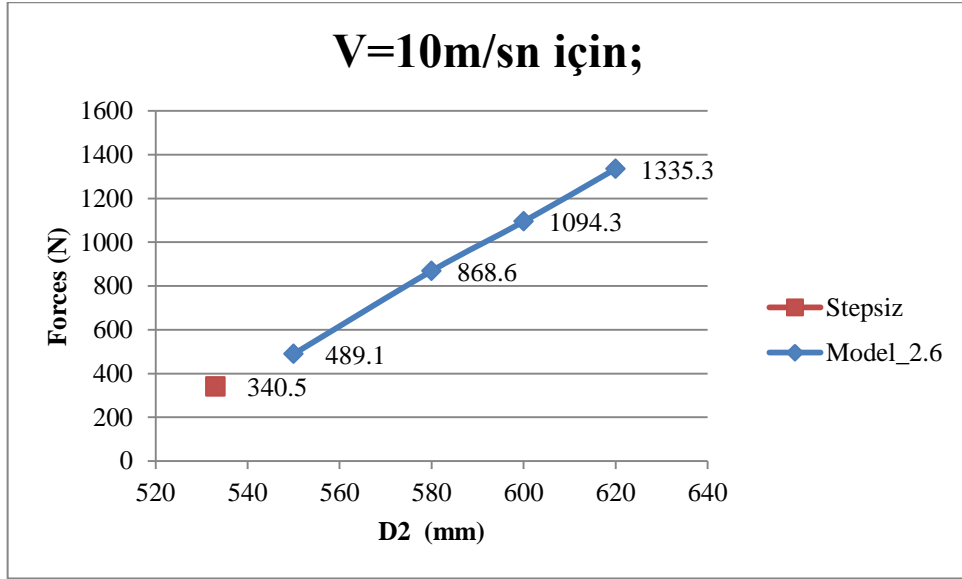
Şekil 19_ V=40 m/sn de Model_ 4.0-4.1-4.2-4.3 için kuvvet değerleri

Yukarıda verilen ilk dört grafik Model_1 için değişik step çapları ve farklı hızlar için elde edilen verilerdir. Grafikler incelendiğinde ortak noktalarının artan hızlarda ve artan step çaplarında kuvvet değerlerinin de arttığı görülmektedir. Stepsiz modelle kıyas edildiğinde V=5 m/sn ve D2=550 mm de birbirlerine en yakın kuvvet değerlerine ulaştığı söylenebilir.

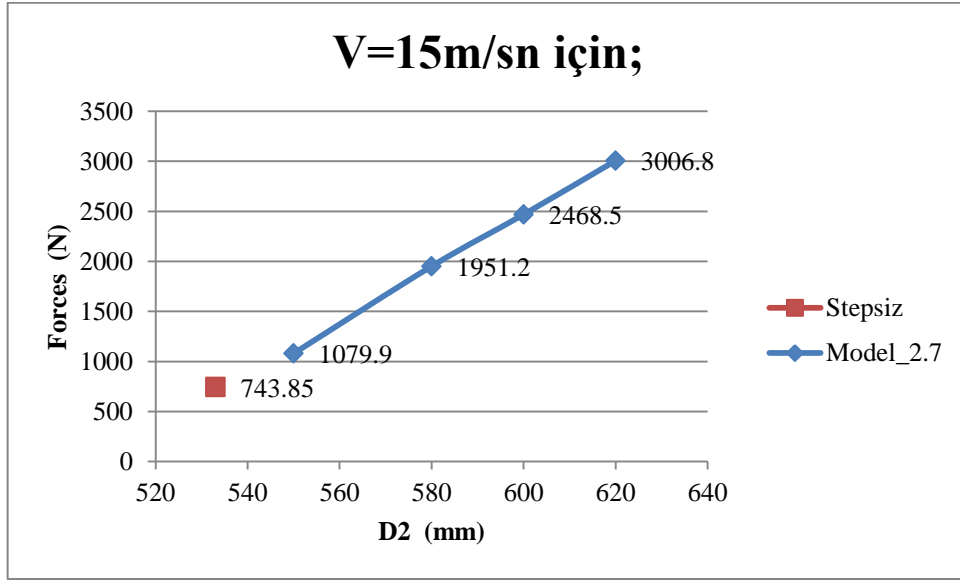
6.2. Model_2 İçin Analiz Verilerinin Grafiksel Gösterimleri



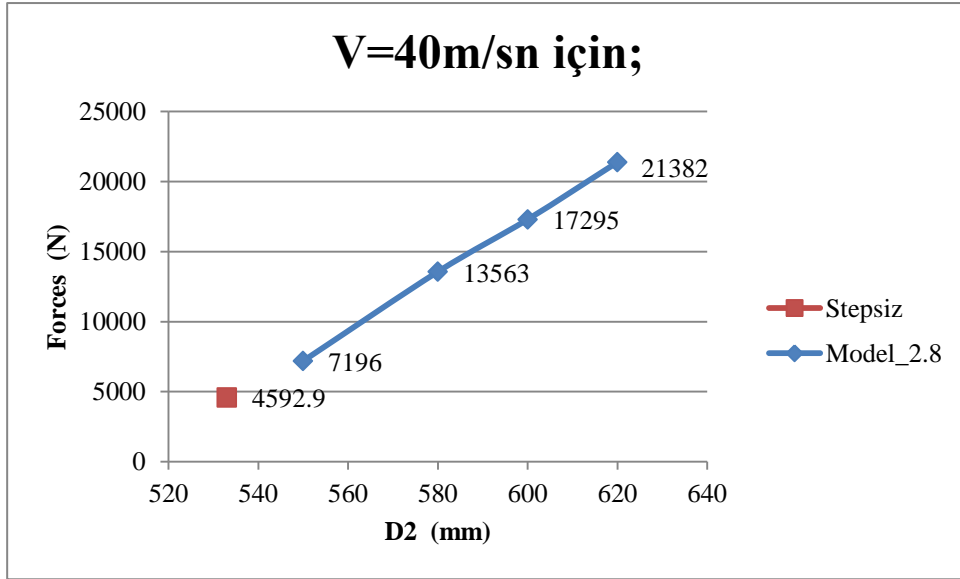
Şekil 20_ V=5 m/sn de Model_ 5.0-5.1-5.2-5.3 için kuvvet değerleri



Şekil 21_ V=10 m/sn de Model_ 6.0- 6.1-6.2-6.3 için kuvvet değerleri



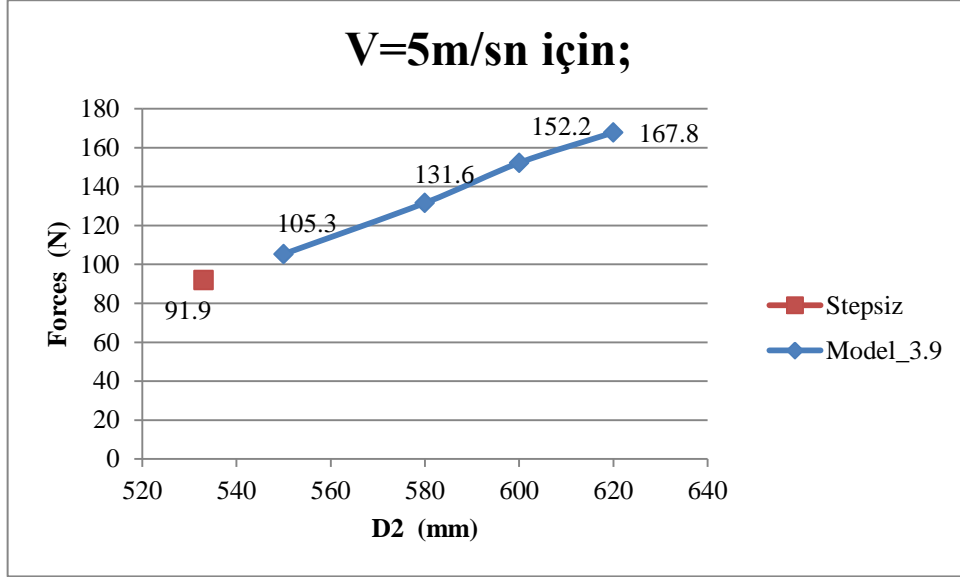
Şekil 22_ V=15 m/sn de Model_ 7.0-7.1-7.2-7.3 için kuvvet değerleri



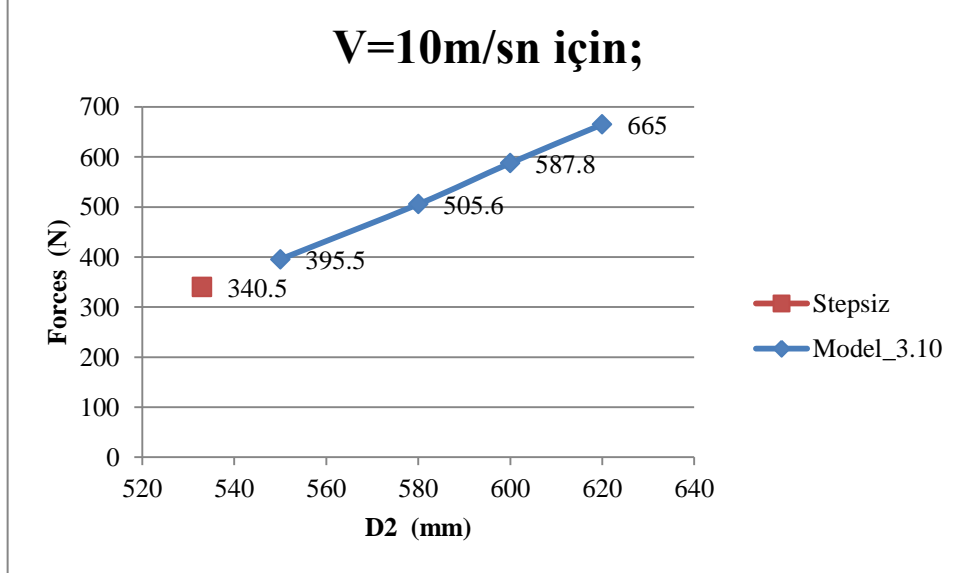
Şekil 23_ V=40 m/sn de Model_ 8.0-8.1-8.2-8.3 için kuvvet değerleri

Model_2 için V=5-10-15-40 (m/sn) hız değerleri içinde artan step çapına ve hıza bağlı artan bir kuvvet çizgisi elde edilmiştir. Model_2 de stepsiz modele en yakın değerleri Grafik 5'de en düşük step çapında elde edilmiştir.

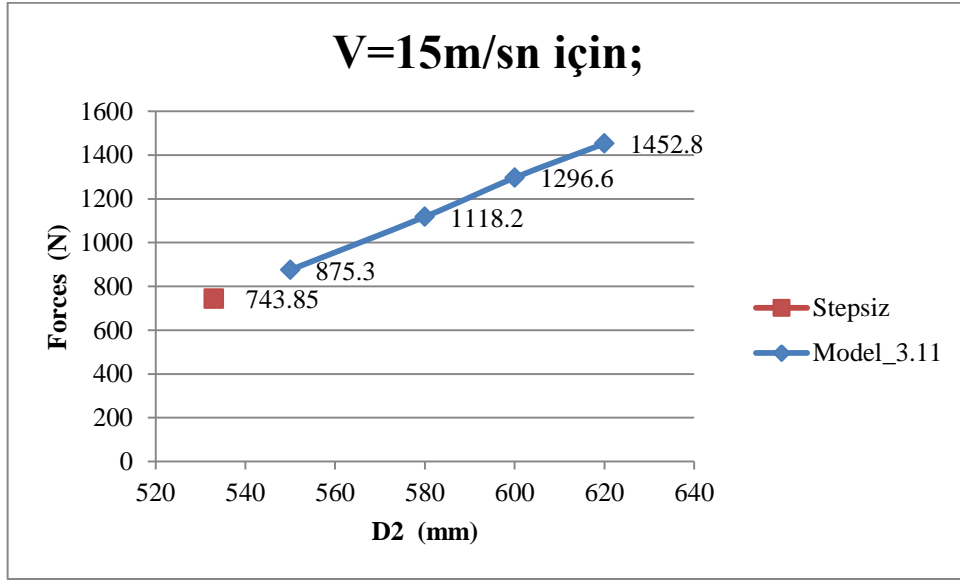
6.3. Model_3 İçin Analiz Verilerinin Grafiksel Gösterimleri



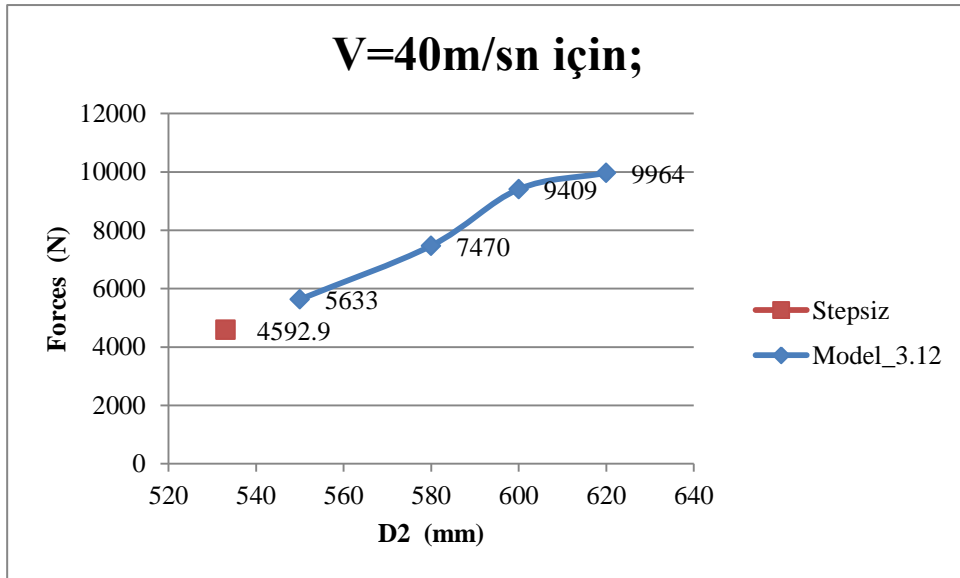
Şekil 24_ V=5 m/sn de Model_ 9.0-9.1-9.2-9.3 için kuvvet değerleri



Şekil 25_ V=10 m/sn de Model_ 10.0-10.1-10.2-10.3 için kuvvet değerleri



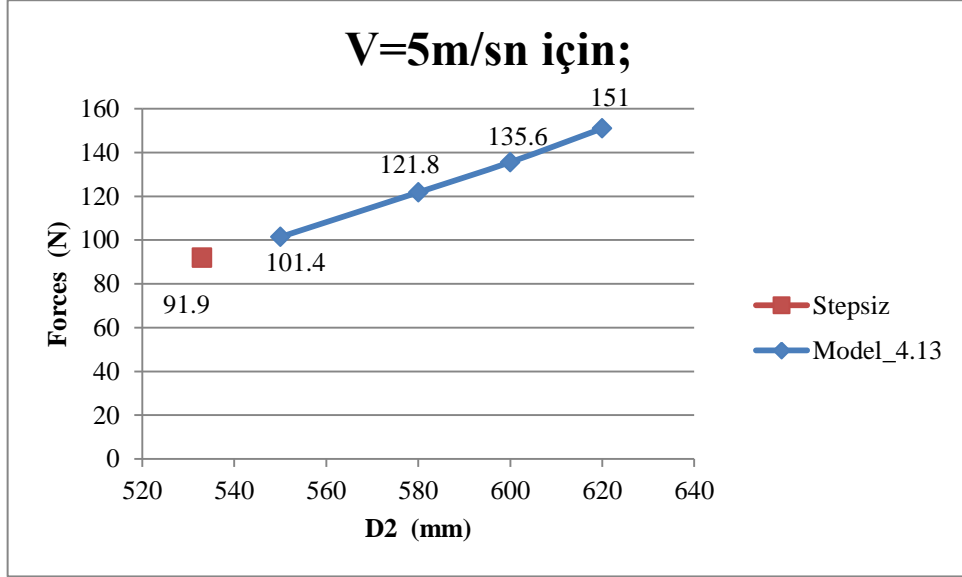
Şekil 26_ V=15 m/sn de Model_ 11.0-11.1-11.2-11.3 için kuvvet değerleri



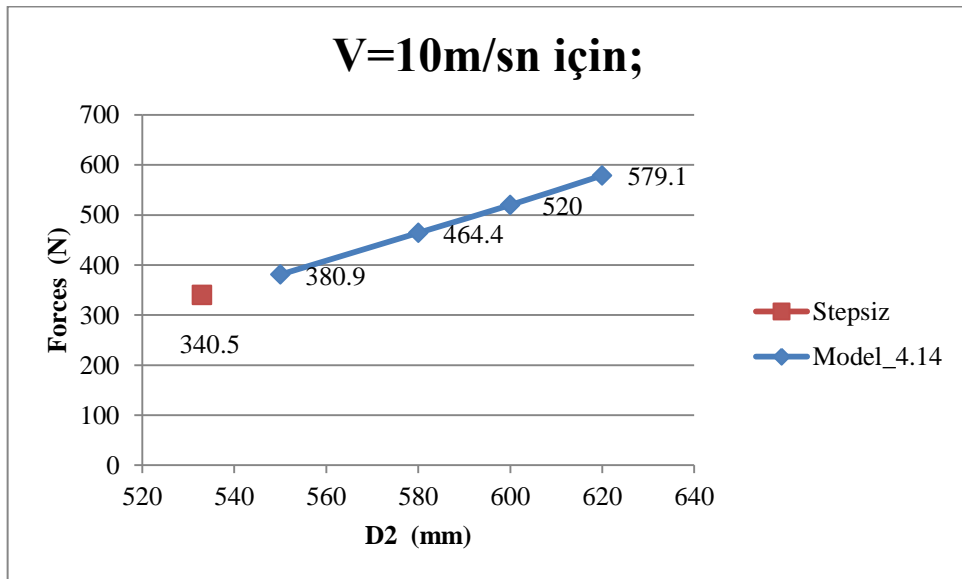
Şekil 27_ V=40 m/sn de Model_ 12.0-12.1-12.2-12.3 için kuvvet değerleri

Grafik 9-10-11-12 verileri incelendiğinde stepsiz modele en yakın değer, Grafik 9'da D2=550mm step çapında görülmekte. Diğer grafiklerle birlikte bakıldığında artan hızlar ve artan step çapları için artan kuvvet değerleri görülmektedir.

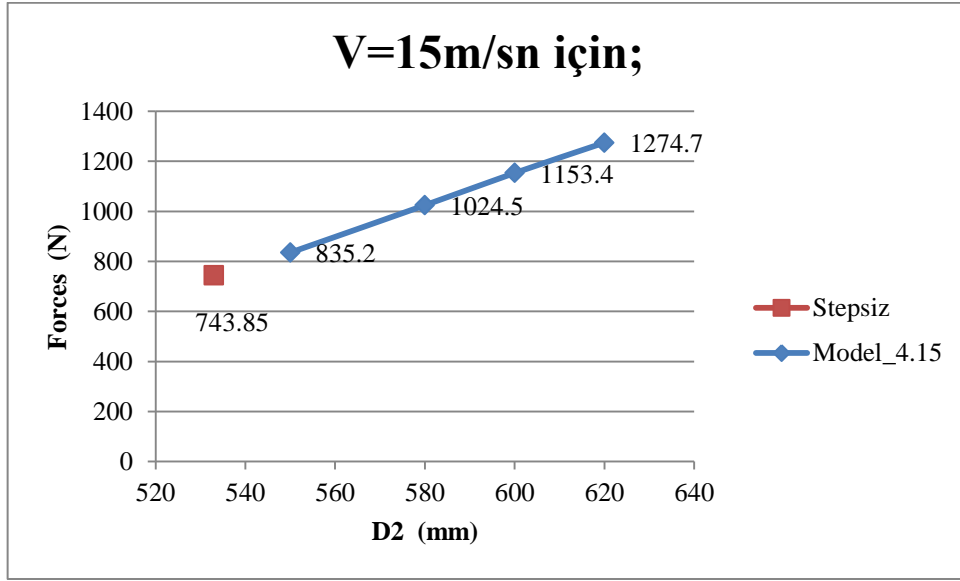
6.4. Model_4 İçin Analiz Verilerinin Grafiksel Gösterimleri



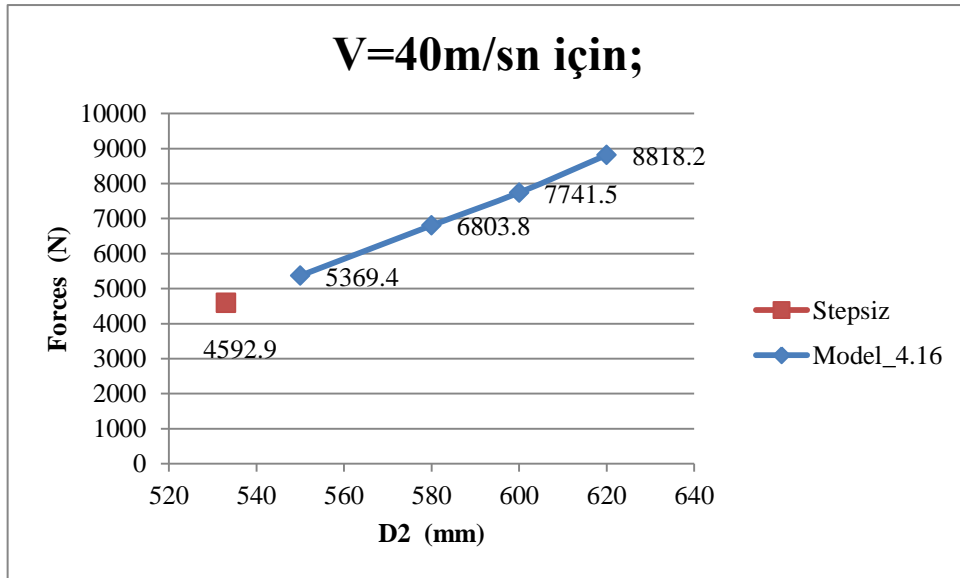
Şekil 28_ V=5 m/sn de Model_ 13.0-13.1-13.2-13.3 için kuvvet değerleri



Şekil 29_ V=10 m/sn de Model_ 14.0-14.1-14.2-14.3 için kuvvet değerleri



Şekil 30_ V=15 m/sn de Model_ 15.0-15.1-15.2-15.3 için kuvvet değerleri



Şekil 31_ V=40 m/sn de Model_ 16.0-16.1-16.2-16.3 için kuvvet değerleri

Model_4 verileri stepsiz modele en yakın sonuçları vermiştir. Özellikle en düşük hız ve en düşük step çapı için elde edilen kuvvet değeri stepsiz modelde %10'a yakın bir fark olduğu söylenebilir.

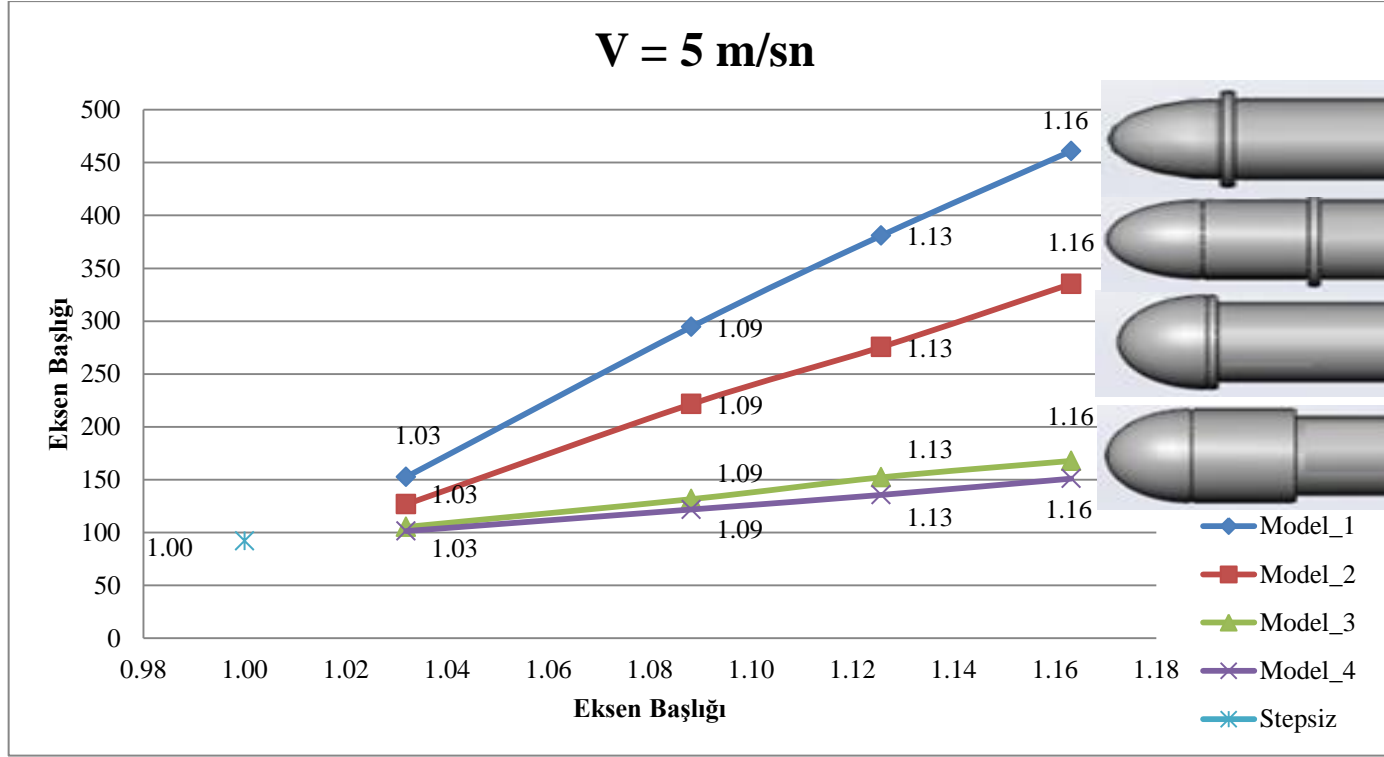
Toplam 16 grafikten görülen hız değerleri düştükçe ve step çapını stepsiz modele yaklaştırdıkça kuvvet değerlerinin düştüğü fakat stepsiz model kuvvet değerlerinin altına inmediği görülmüştür.

6.5. Stepli Çapın / Stepsiz Çapa Oranlarına (D2/D1) Göre Verilerin İrdelenmesi

Verilerden yola çıkarak stepli çapın stepsiz çapa oranları (D2/D1) üzerinden sonuçlar irdelendiğinde;

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x-y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.1.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.18	1.10	5	152.6
Model_1.1.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.34	1.06	5	294.5
Model_1.1.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.45	1.01	5	380.9
Model_1.1.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.54	0.99	5	460.9
Model_2.5.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.21	1.23	5	126.7
Model_2.5.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.26	1.13	5	221.5
Model_2.5.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	1.1	5	275.5
Model_2.5.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	1.06	5	335.3
Model_3.9.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.12	1.28	5	105.3
Model_3.9.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.15	1.25	5	131.6
Model_3.9.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.18	1.23	5	152.2
Model_3.9.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.2	1.22	5	167.8
Model_4.13.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.18	1.3	5	101.4
Model_4.13.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.14	1.28	5	121.8
Model_4.13.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.16	1.27	5	135.6
Model_4.13.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.13	1.27	5	151
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

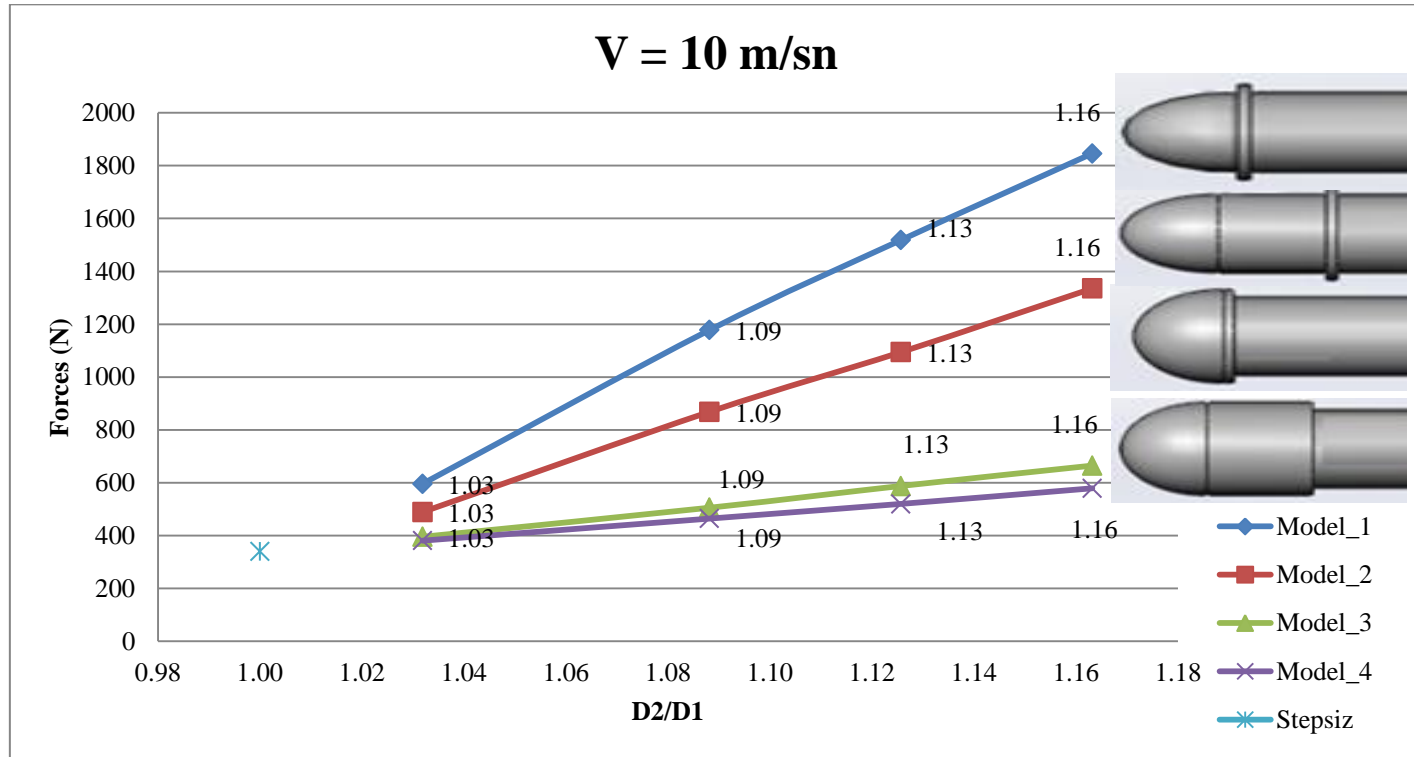
Tablo 4_ V=5m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri



Şekil 32_ V=5m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x- y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.2.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	2.26	10	596
Model_1.2.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.45	2.02	10	1178
Model_1.2.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.44	1.96	10	1518.3
Model_1.2.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.54	1.87	10	1846.2
Model_2.6.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.15	2.35	10	489.1
Model_2.6.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.25	2.14	10	868.6
Model_2.6.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	2.08	10	1094.3
Model_2.6.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	2.02	10	1335.3
Model_3.10.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.15	2.46	10	395.5
Model_3.10.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.15	2.38	10	505.6
Model_3.10.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	2.35	10	587.8
Model_3.10.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.19	2.33	10	665
Model_4.14.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.11	2.5	10	380.9
Model_4.14.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.13	2.46	10	464.4
Model_4.14.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.15	2.43	10	520
Model_4.14.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.17	2.43	10	579.1
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.1	2.57	10	340.5
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

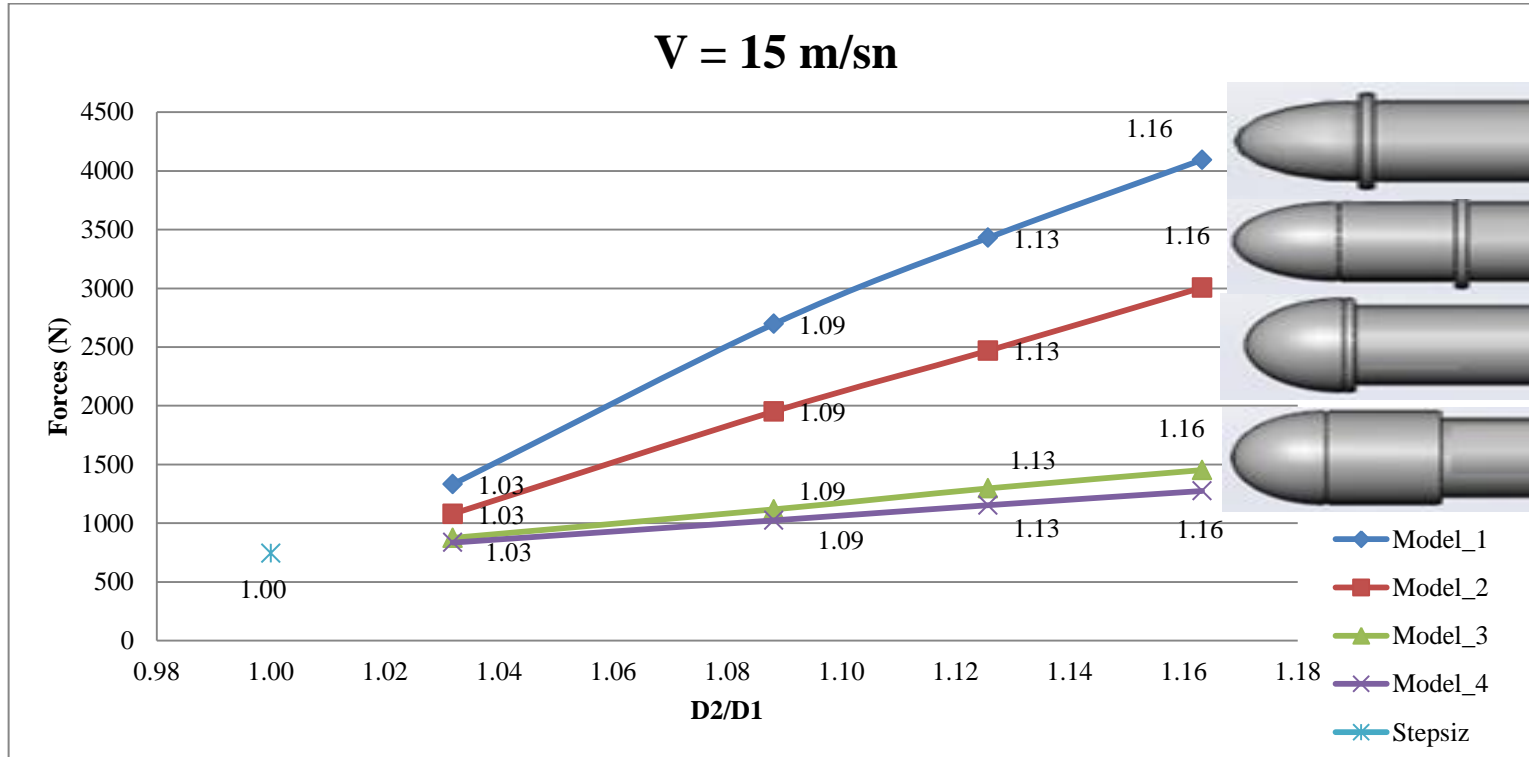
Tablo 5_ V=10m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri



Şekil 33_ V=10m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x - y	iterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.3.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	3.32	15	1331.1
Model_1.3.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.35	3	15	2696.4
Model_1.3.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.44	2.86	15	3429.8
Model_1.3.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.53	2.74	15	4094.2
Model_2.7.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.14	3.44	15	1079.9
Model_2.7.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.29	3.15	15	1951.2
Model_2.7.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	3.07	15	2468.5
Model_2.7.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	2.97	15	3006.8
Model_3.11.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.12	3.62	15	875.3
Model_3.11.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.14	3.5	15	1118.2
Model_3.11.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	3.46	15	1296.6
Model_3.11.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.19	3.43	15	1452.8
Model_4.15.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.11	3.7	15	835.2
Model_4.15.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.13	3.62	15	1024.5
Model_4.15.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.15	3.59	15	1153.4
Model_4.15.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.16	3.57	15	1274.7
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

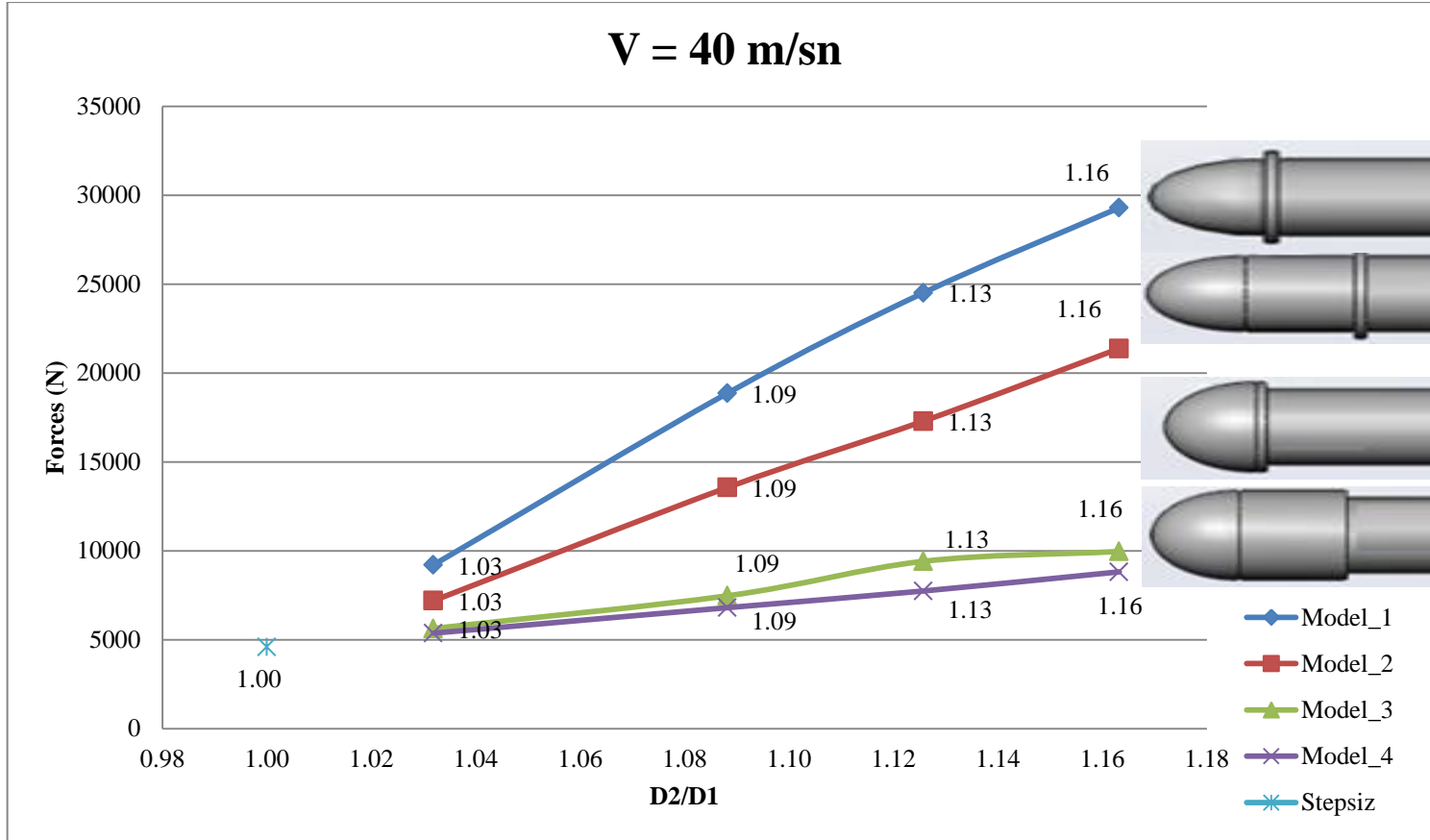
Tablo 6_ V=15m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri



Şekil 34_ V=15m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	Step(mm)	iterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.4.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	8.11	40	9211.1
Model_1.4.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.35	7.3	40	18864.9
Model_1.4.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.48	7	40	24513
Model_1.4.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.53	6.6	40	29301
Model_2.8.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.13	8.47	40	7196
Model_2.8.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.29	7.7	40	13563
Model_2.8.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	7.55	40	17295
Model_2.8.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	7.22	40	21382
Model_3.12.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.10	8.84	40	5633
Model_3.12.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.13	8.6	40	7470.1
Model_3.12.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	8.47	40	9409
Model_3.12.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.18	8.4	40	9964
Model_4.16.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.09	9.00	40	5369.4
Model_4.16.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.12	8.8	40	6803.8
Model_4.16.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.14	8.8	40	7741.5
Model_4.16.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.16	8.7	40	8818.2
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85
Model_5.17.6	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.08	9.2	40	4592.9

Tablo 7_ V=40m/sn hız değeri ve Stepsiz model için analiz verileri

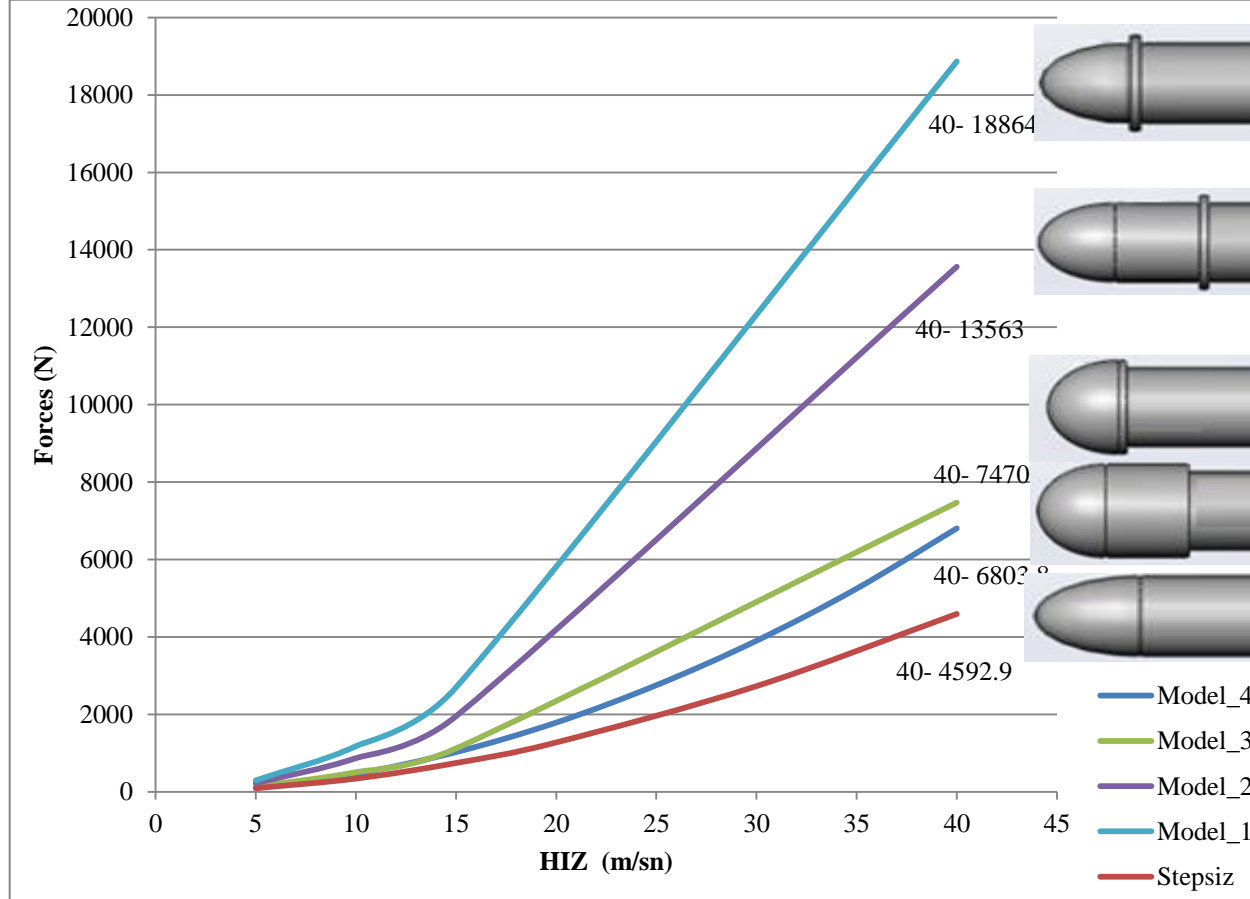


Şekil 35_ V=40m/sn hız değeri ve Stepsiz modele ait verilerin grafiksel gösterimi

D2/D1 oranları attıkça aynı hız değerleri için dört nolu modelin stepsiz modele en yakın sonuçları verdiğini veya artan oranla birlikte her modelin kendi içerisinde, gerekli kuvvet değerlerinin de arttığı söylenebilir.

6.6. Tüm Analiz Verilerinin Birarada Gösterimi

Tablo 3 deki analiz sonuçlarını grafiğe yansıttığımızda;

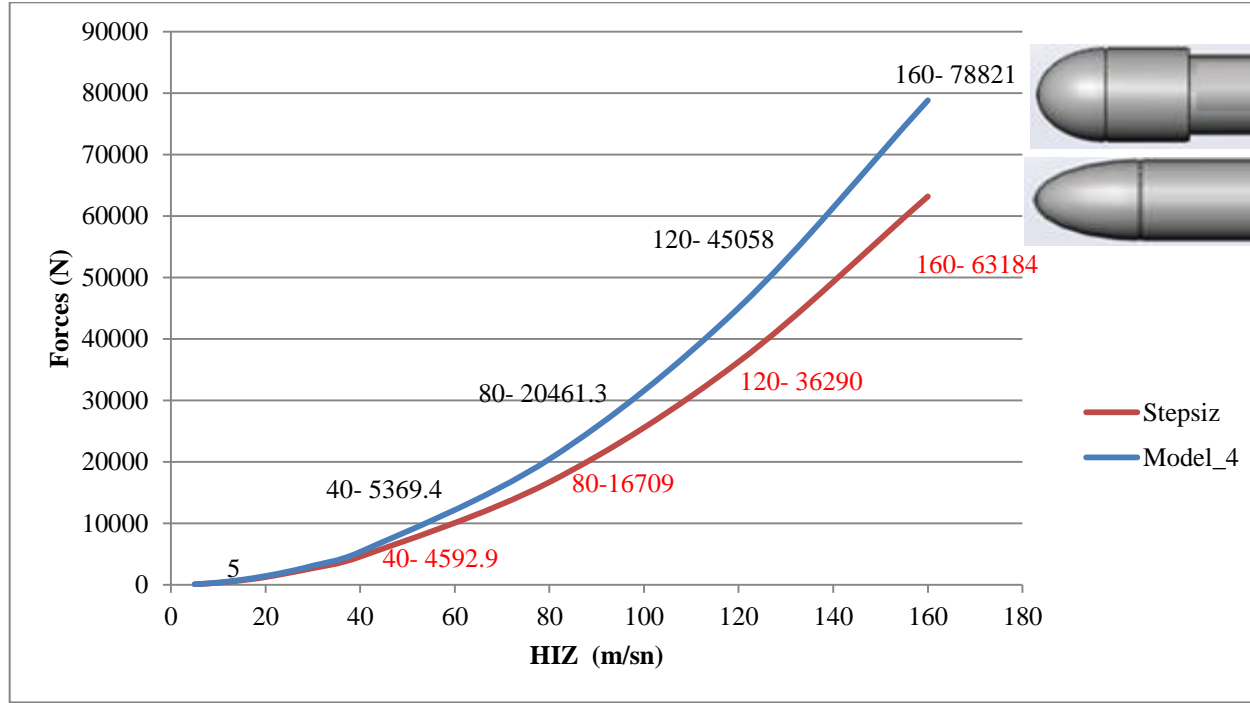


Şekil 36_ Tüm modeller için analiz verilerinin grafiksel gösterimi

Grafik verileri incelendiğinde stepsiz modele en yakın değerlerin Model_4 için elde edildiği görülmektedir. Bu iki modelin verilerine birlikte bakıldığında;

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	x-y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)	
Model_5.17.1	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9	STEPSİZ MODEL
Model_5.17.2	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.1	2.57	10	340.5	
Model_5.17.3	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85	
Model_5.17.4	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.09	4.9	20	1274.3	
Model_5.17.5	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.09	7.14	30	2728.8	
Model_5.17.6	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.08	9.2	40	4592.9	
Model_5.17.7	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.076	20.2	80	16709	
Model_5.17.8	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.073	28.89	120	36290	
Model_5.17.9	6000	533	533	Stepsiz	1000	0.070	37.20	160	63184	
Model_4.13.0	6000	533	550	1000	1000	0.18	1.3	5	101.4	MODEL_4
Model_4.14.0	6000	533	550	1000	1000	0.11	2.5	10	380.9	
Model_4.15.0	6000	533	550	1000	1000	0.11	3.7	15	835.2	
Model_4.15.0.1	6000	533	550	1000	1000	0.1	4.8	20	1447.8	
Model_4.15.0.2	6000	533	550	1000	1000	0.1	5.89	25	2206.7	
Model_4.15.0.3	6000	533	550	1000	1000	0.1	6.9	30	3130	
Model_4.16.0	6000	533	550	1000	1000	0.09	9	40	5369.4	
Model_4.16.0.1	6000	533	550	1000	1000	0.093	19.7	80	20461.3	
Model_4.16.0.2	6000	533	550	1000	1000	0.091	28.1	120	45058	
Model_4.16.0.3	6000	533	550	1000	1000	0.090	36.2	160	78821	

Tablo 8_ Model_4 ve Stepsiz modelin analiz verileri



Şekil 37_ Model_4 ve Stepsiz model verileri

Elde edilen verileri aynı hız değerleri ve aynı step çaplarında gösterildiğinde stepsiz modele göre yaklaşık %11 lik ilave bir direnç kuvvetinden bahsedilebilir.

6.7. Aynı Hız ve Çap Oranları İçin Verilerin Değerlendirilmesi – Stepsiz Modelle Kıyaslama

Tablo 3 deki verilerden yola çıkarak aynı step ölçüleri için en uygun modeli belirlemek gerekirse ;

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.1.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.18	1.1	5	152.6
Model_2.5.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.21	1.23	5	126.7
Model_3.9.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.12	1.28	5	105.3
Model_4.13.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.18	1.3	5	101.4
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9

Tablo 9_ D2=550mm - V=5 m/sn için analiz verileri

D2=550mm ve V=5 m/sn de en uygun Modelimizin 4.13.0 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.1.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.34	1.06	5	294.5
Model_2.5.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.26	1.13	5	221.5
Model_3.9.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.15	1.25	5	131.6
Model_4.13.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.14	1.28	5	121.8
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9

Tablo 10_ D2=580mm - V=5 m/sn için analiz verileri

D2=580mm ve V=5 m/sn de en uygun Modelimizin 4.13.1 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.1.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.45	1.01	5	380.9
Model_2.5.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	1.10	5	275.5
Model_3.9.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.18	1.23	5	152.2
Model_4.13.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.16	1.27	5	135.6
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9

Tablo 11_ D2=600mm - V=5 m/sn için analiz verileri

D2=620mm ve V=5 m/sn de en uygun Modelimizin 4.13.2 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.1.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.54	0.99	5	460.9
Model_2.5.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	1.06	5	335.3
Model_3.9.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.20	1.22	5	167.8
Model_4.13.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.13	1.27	5	151
Model_5.17.1	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.11	1.33	5	91.9

Tablo 12_ D2=620mm - V=5 m/sn için analiz verileri

D2=620mm ve V=5 m/sn de en uygun Modelimizin 4.13.3 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.2.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	2.26	10	596
Model_2.6.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.15	2.35	10	489.1
Model_3.10.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.15	2.46	10	395.5
Model_4.14.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.11	2.50	10	380.9
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5

Tablo 13_ D2=550mm - V=10 m/sn için analiz verileri

D2=550mm ve V=10 m/sn de en uygun Modelimizin 4.14.0 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.2.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.45	2.02	10	1178
Model_2.6.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.25	2.14	10	868.6
Model_3.10.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.15	2.38	10	505.6
Model_4.14.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.13	2.46	10	464.4
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5

Tablo 14_ D2=580mm - V=10 m/sn için analiz verileri

D2=580mm ve V=10 m/sn de en uygun Modelimizin 4.14.1 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.2.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.44	1.96	10	1518.3
Model_2.6.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	2.08	10	1094.3
Model_3.10.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	2.35	10	587.8
Model_4.14.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.15	2.43	10	520
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5

Tablo 15_ D2=600mm - V=10 m/sn için analiz verileri

D2=600mm ve V=10 m/sn de en uygun Modelimizin 4.14.2 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.2.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.54	1.87	10	1846.2
Model_2.6.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	2.02	10	1335.3
Model_3.10.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.19	2.33	10	665
Model_4.14.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.17	2.43	10	579.1
Model_5.17.2	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.10	2.57	10	340.5

Tablo 16_ D2=620mm - V=10 m/sn için analiz verileri

D2=620mm ve V=10 m/sn de en uygun Modelimizin 4.14.3 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.3.0	6000	533	550	1.03	50-500	1000	0.17	3.32	15	1331.1
Model_2.7.0	6000	533	550	1.03	50-1000	1000	0.14	3.44	15	1079.9
Model_3.11.0	6000	533	550	1.03	500	1000	0.12	3.62	15	875.3
Model_4.15.0	6000	533	550	1.03	1000	1000	0.11	3.70	15	835.2
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

Tablo 17_ D2=550mm - V=15 m/sn için analiz verileri

D2=550mm ve V=15 m/sn de en uygun Modelimizin 4.15.0 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.3.1	6000	533	580	1.09	50-500	1000	0.35	3.00	15	2696.4
Model_2.7.1	6000	533	580	1.09	50-1000	1000	0.29	3.15	15	1951.2
Model_3.11.1	6000	533	580	1.09	500	1000	0.14	3.50	15	1118.2
Model_4.15.1	6000	533	580	1.09	1000	1000	0.13	3.62	15	1024.5
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

Tablo 18_ D2=580mm - V=15 m/sn için analiz verileri

D2=580mm ve V=15 m/sn de en uygun Modelimizin 4.15.1 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.3.2	6000	533	600	1.13	50-500	1000	0.44	2.86	15	3429.8
Model_2.7.2	6000	533	600	1.13	50-1000	1000	0.32	3.07	15	2468.5
Model_3.11.2	6000	533	600	1.13	500	1000	0.17	3.46	15	1296.6
Model_4.15.2	6000	533	600	1.13	1000	1000	0.15	3.59	15	1153.4
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

Tablo 19_ D2=600mm - V=15 m/sn için analiz verileri

D2=600mm ve V=15 m/sn de en uygun Modelimizin 4.15.2 olduğu görülmektedir.

Model	L (mm)	D1 (mm)	D2 (mm)	D2/D1	x -y	İterasyon	Cd	Y+	V (m/sn)	Forces (N.)
Model_1.3.3	6000	533	620	1.16	50-500	1000	0.53	2.74	15	4094.2
Model_2.7.3	6000	533	620	1.16	50-1000	1000	0.39	2.97	15	3006.8
Model_3.11.3	6000	533	620	1.16	500	1000	0.19	3.43	15	1452.8
Model_4.15.3	6000	533	620	1.16	1000	1000	0.16	3.57	15	1274.7
Model_5.17.3	6000	533	533	1.00	Stepsiz	1000	0.09	3.78	15	743.85

Tablo 20_ D2=620mm - V=15 m/sn için analiz verileri

D2=620mm ve V=15 m/sn de en uygun Modelimizin 4.15.3 olduğu görülmektedir.

7. SONUÇ

Bu çalışmaya başlarken hedeflediğimiz nokta step uygulamalarının torpido formlarına ne tür etkilerinin olduğunu görmektir. Tüm analiz verileri değişik verileri içeren tablo ve grafiklerle sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi için desteklenmiştir. Analiz verileri ele alındığında uygulanan step formlarına göre ihtiyaç duyulan kuvvet değerlerinin olumlu / olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir. Uygulanan step çeşitlerinin de birbirlerine göre avantajlı durumları analiz verileri ile desteklenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda step uygulamasının performansa pozitif yönde bir katkısının olmadığı ama yapılan farklı step uygulamalarının kendi içerisinde farklı hız yada çap değişkenleri ile birlikte stepsiz modele daha yakın değerlere ulaştığı görülmüştür. Stepli çapın stepsiz çapa oranı arttıkça kuvvet değerlerinin arttığı, hız değerlerinin aynı çap değerlerinde artmasıyla yine kuvvet değerlerinin arttığı analiz verileri ile sunulmuştur. Ayrıca hangi step uygulamasının daha uygun olduğu yine verilerle desteklenmiştir.

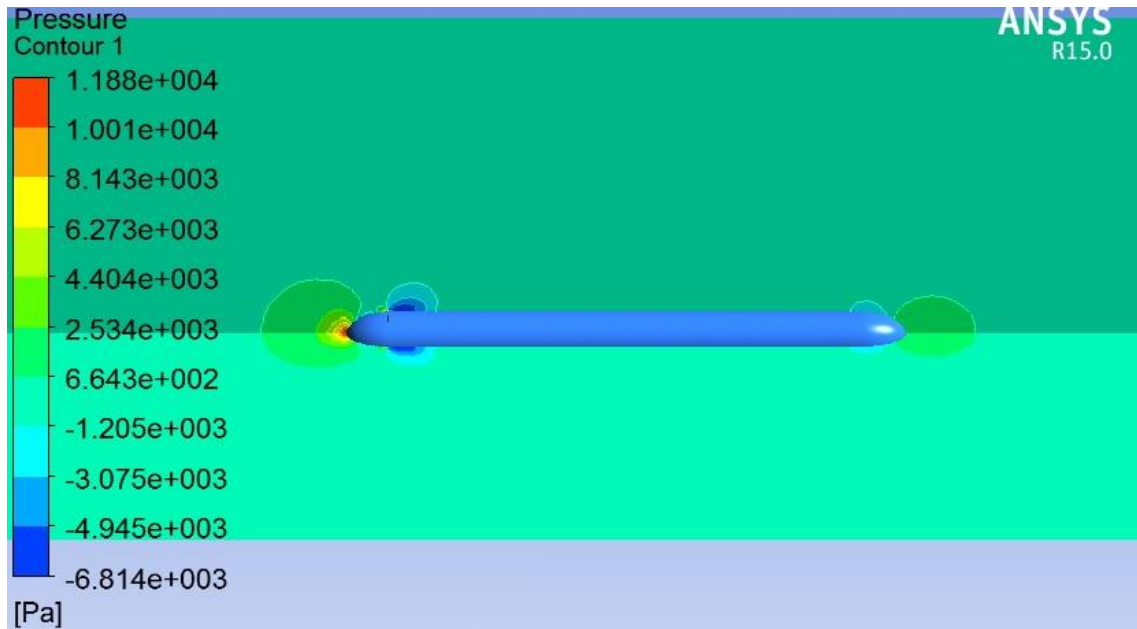
8.ÖNERİLER

Çalışma sonucunda step uygulamasının tek başına performansa artı bir değer katmadığı görülmesine rağmen ileride tasarıma eklenecek “süperkavitasyon” çalışmaları ile birlikte değerlendirildiğinde de olumlu sonuçların alınabileceği söylenebilir. En azından yeni bir araştırma konusunun kapısını aralamıştır. Mevcut çalışmada, torpido yüzeyi ile su, sürtünen yüzeyleri oluşturmuş olup ileriye dönük sürtünen bölgeler üzerinde çalışmalar yapılarak, “torpido – hava yüzeyi – su” sürtünme yüzeyleri oluşturup sürtünme dirençlerini düşürerek yine aynı analiz yöntemiyle nelerin değişebileceği görülebilir.

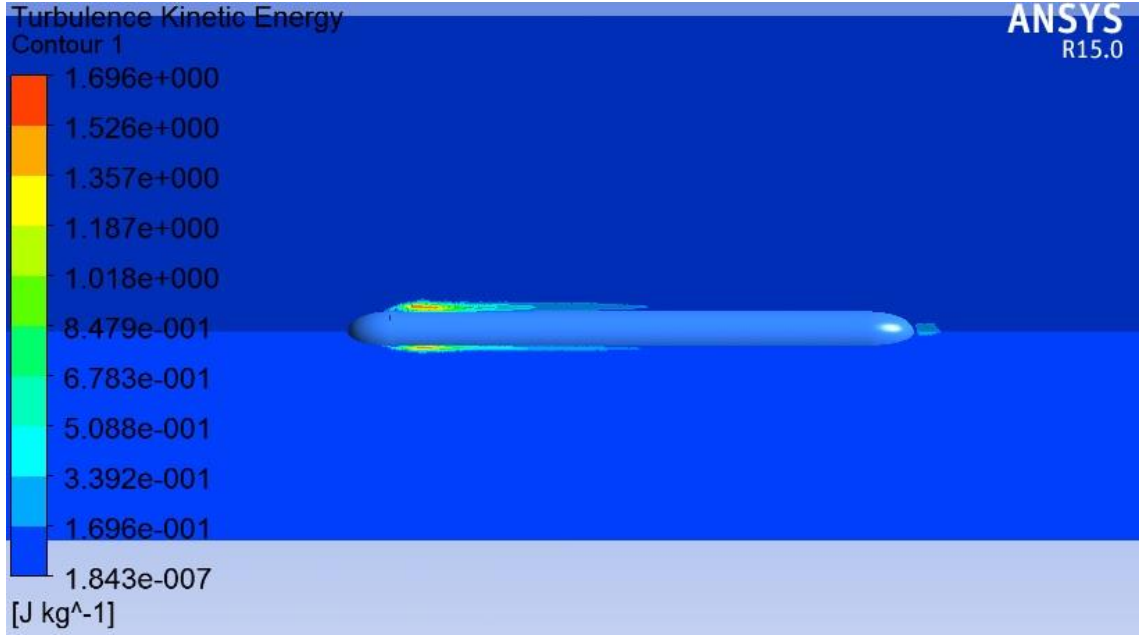
9. ANALİZİ YAPILAN HERBİR MODEL İÇİN ELDE EDİLEN GÖRSELLER

9.1. Model_1.1.1-1.2.1-1.3.1 İçin Analiz Sonuçları

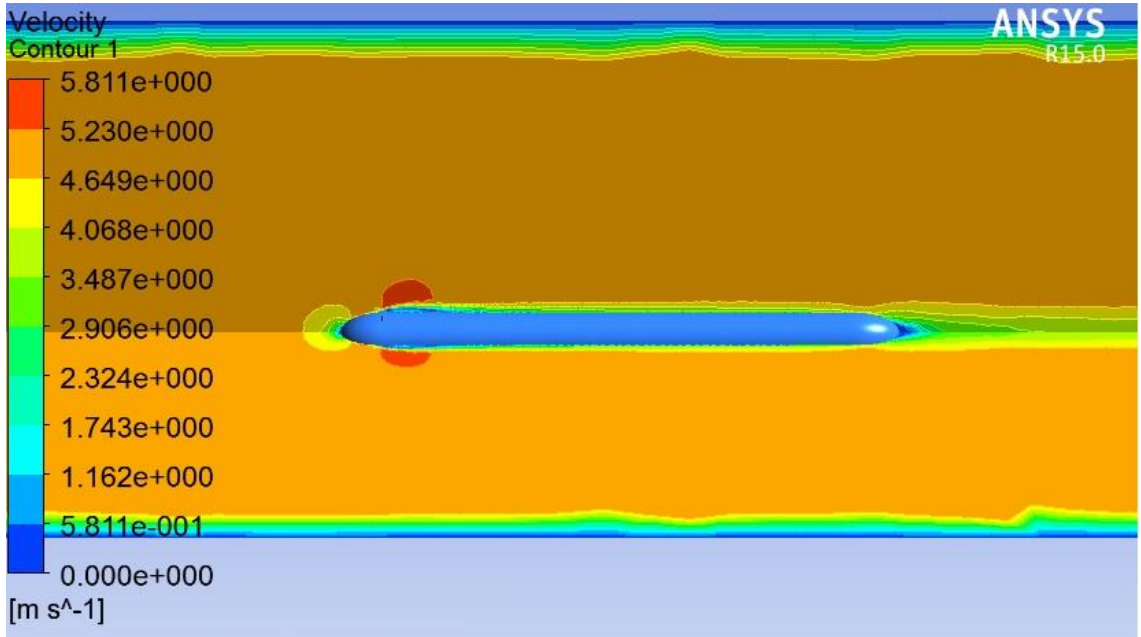
İlk modelimiz, $D_2=580$ mm step çapı, step genişliği $L_2= 500$ mm ve $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



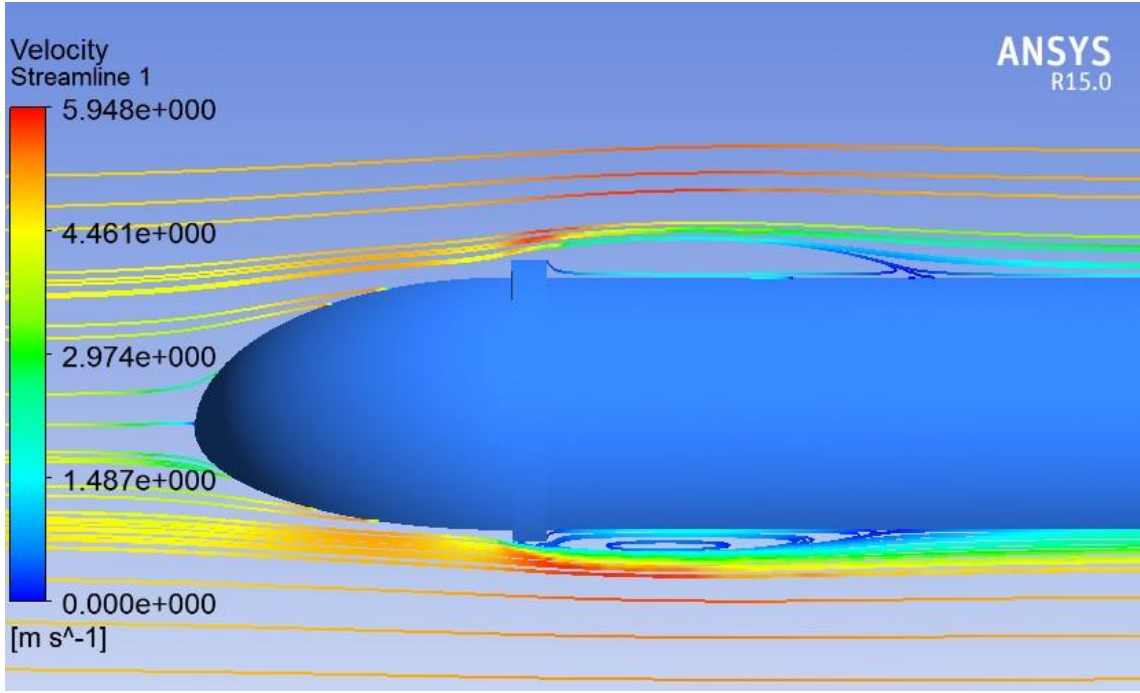
Şekil 38_ $V=5$ m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 39_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 40_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



Şekil 41_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



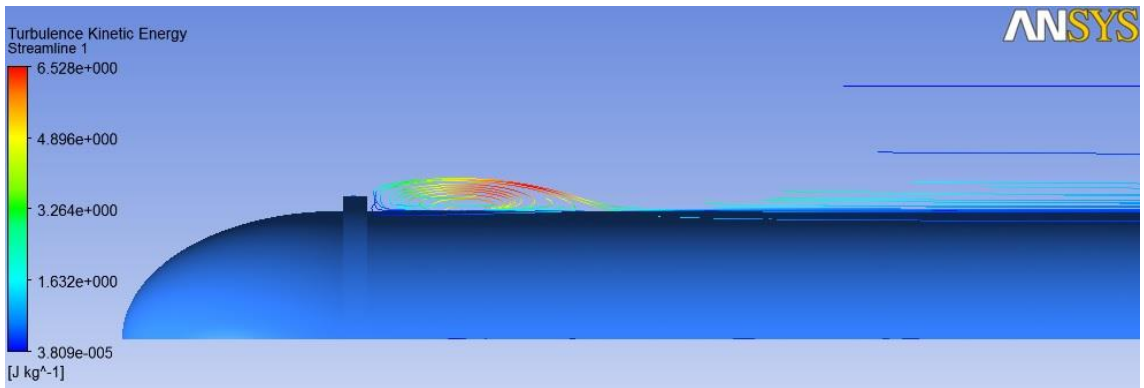
Şekil 42_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 43_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 44_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



Şekil 45_ V=10 m/sn için step arkası türbülansın oluşumu



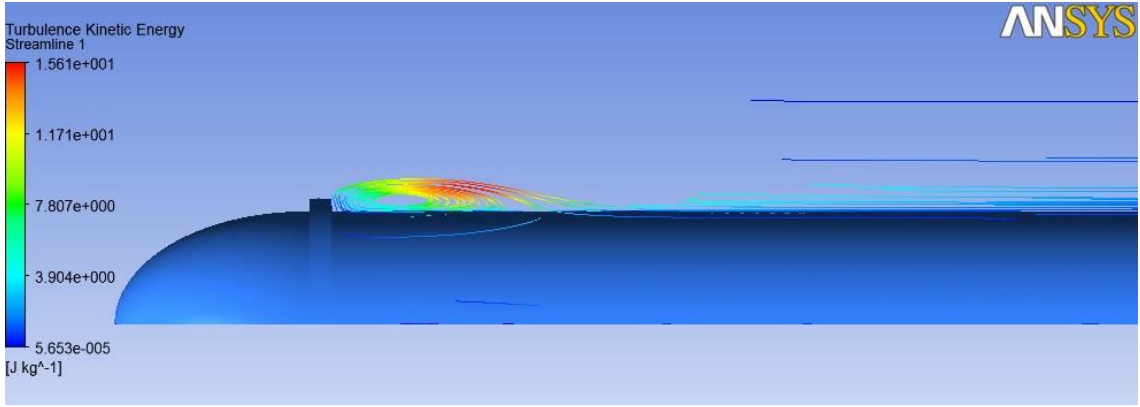
Şekil 46_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 47_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



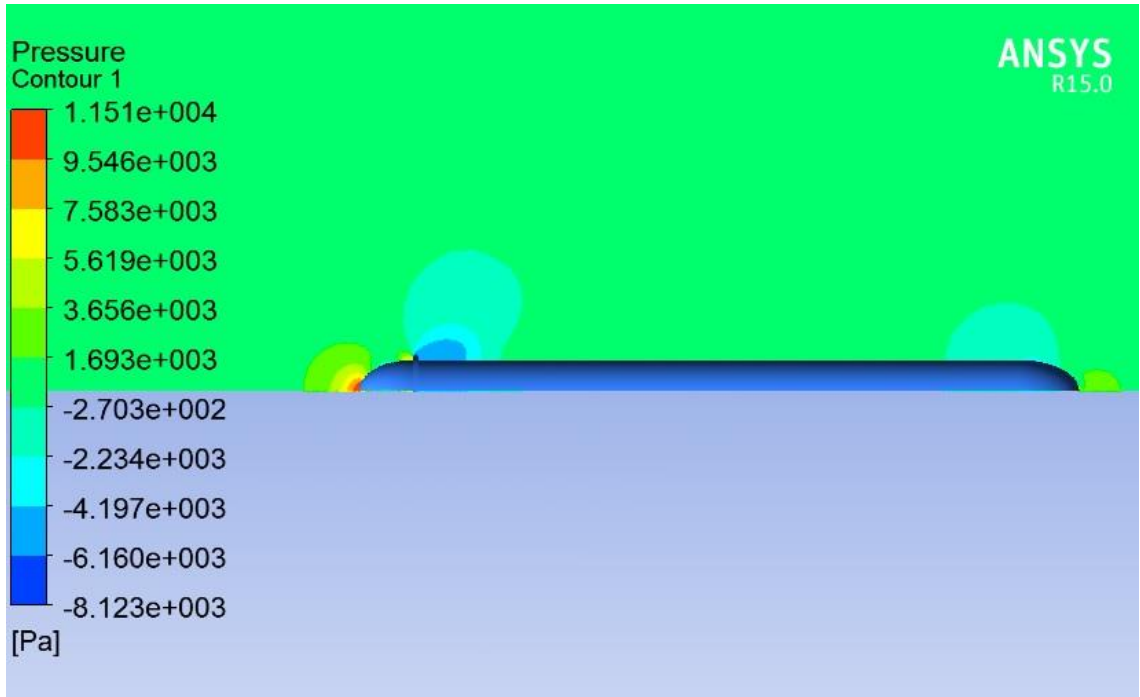
Şekil 48_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi



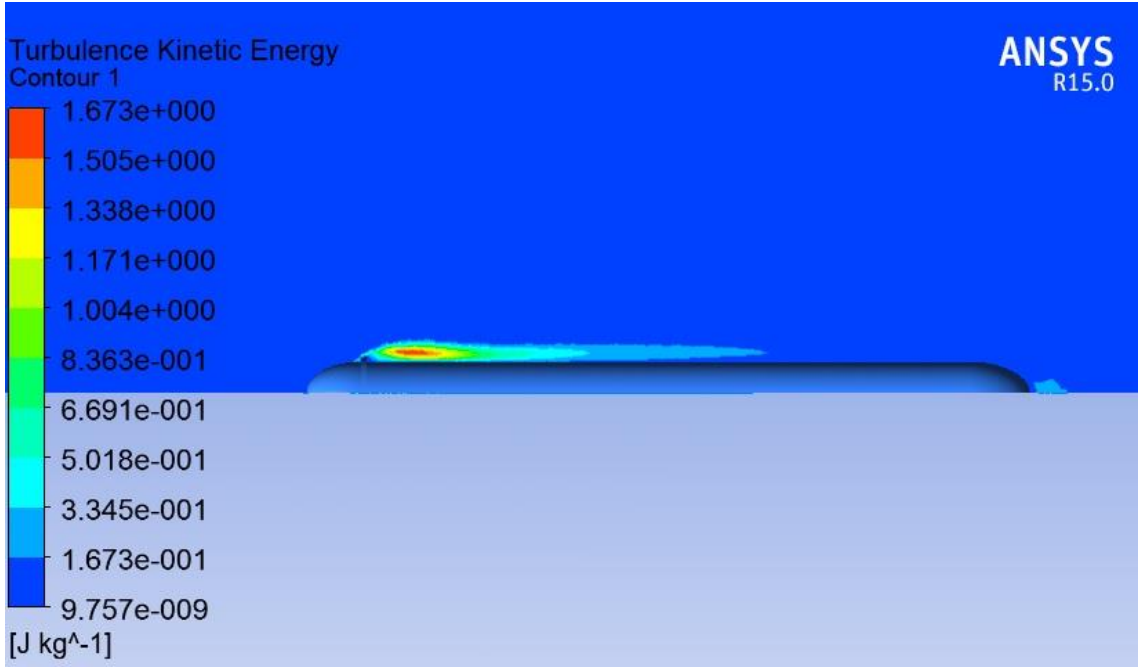
Şekil 49_ V=15 m/sn için step arkası türbülansın oluşumu

9.2. Model_1.1.2-1.2.2-1.3.2 İçin Analiz Sonuçları

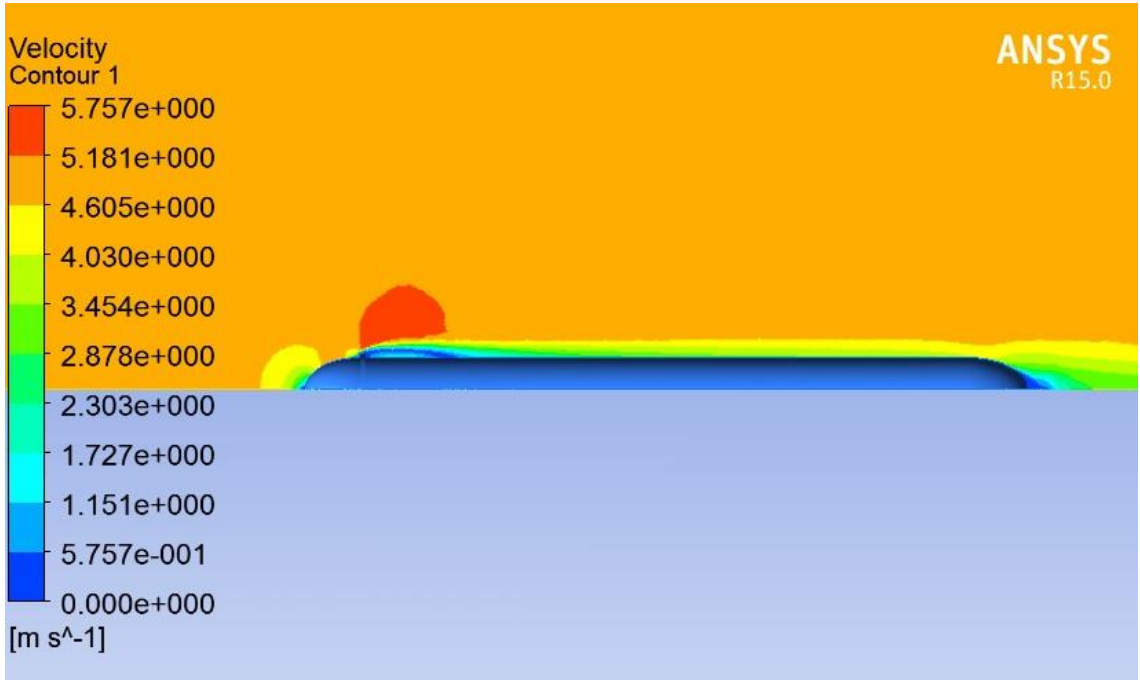
İkinci modelimiz, $D_2=600$ mm step çapı, step genişliği $L_2= 500$ mm ve $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



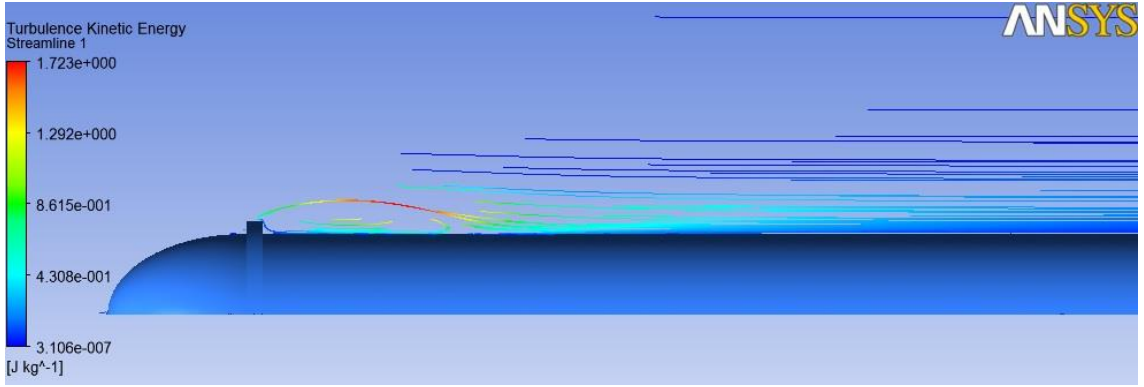
Şekil 50_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



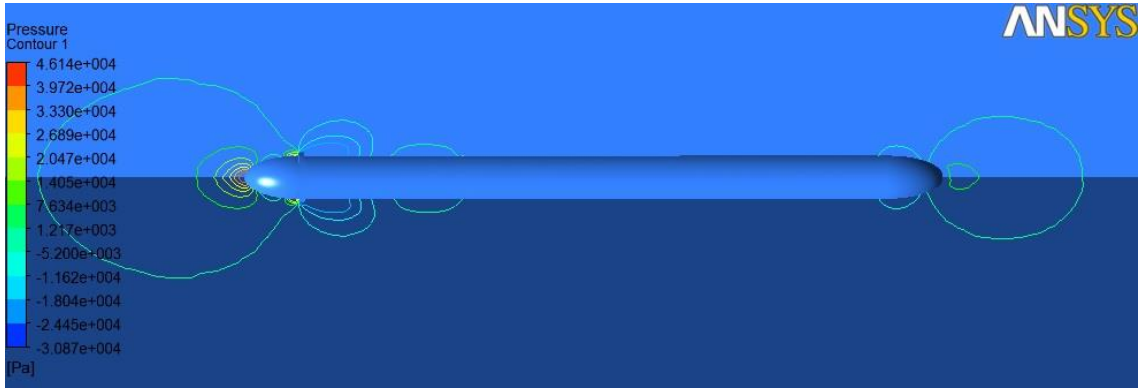
Şekil 51_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



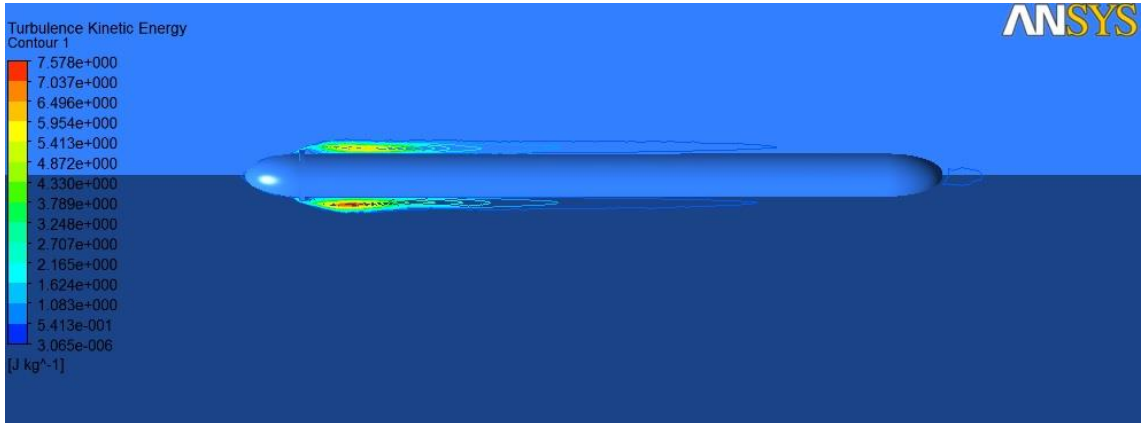
Şekil 52_ V=5 m/sn hız değerlerinin değişimi



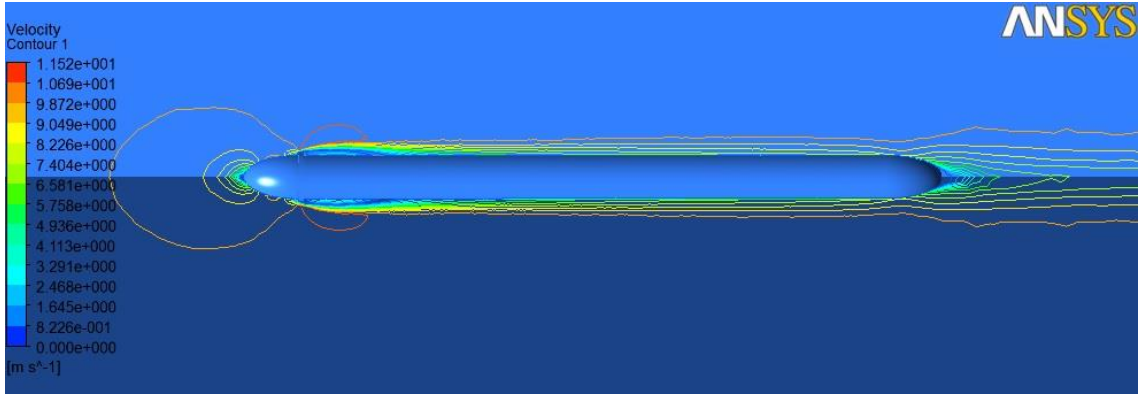
Şekil 53_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



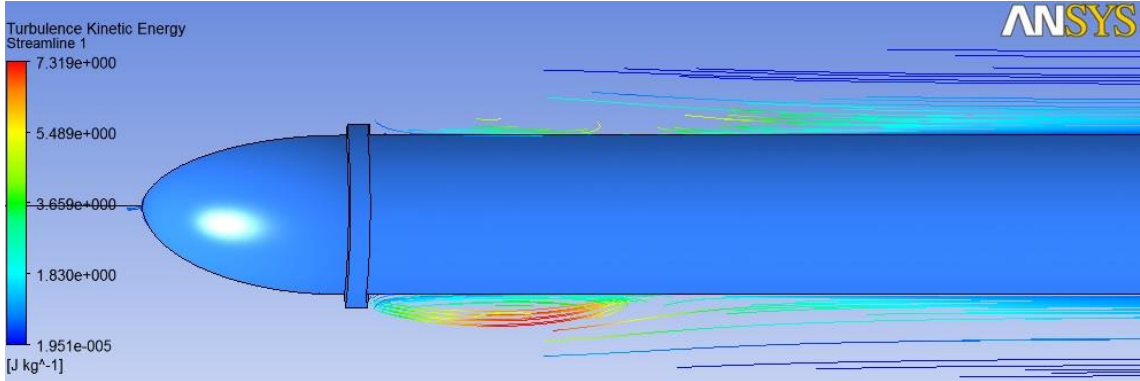
Şekil 54_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



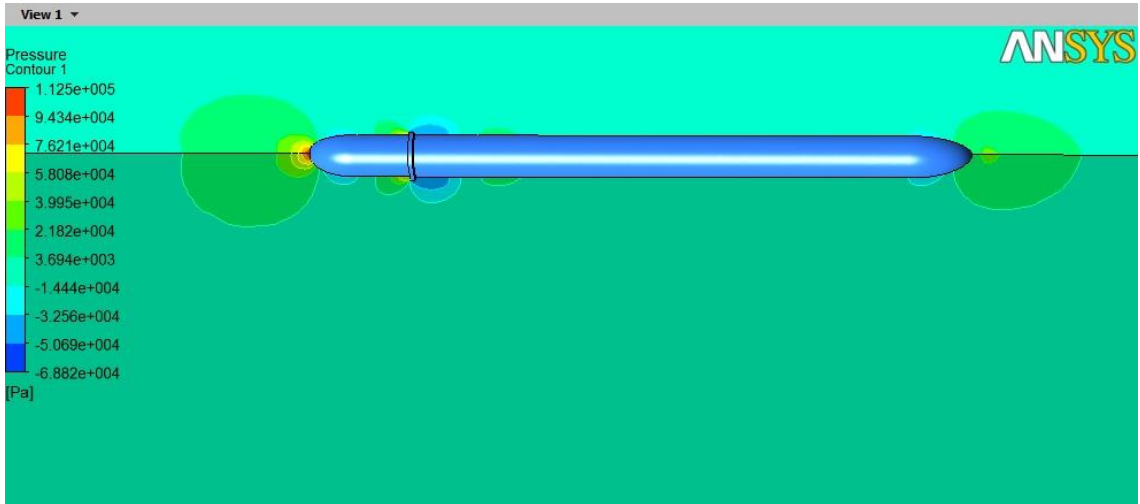
Şekil 55_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



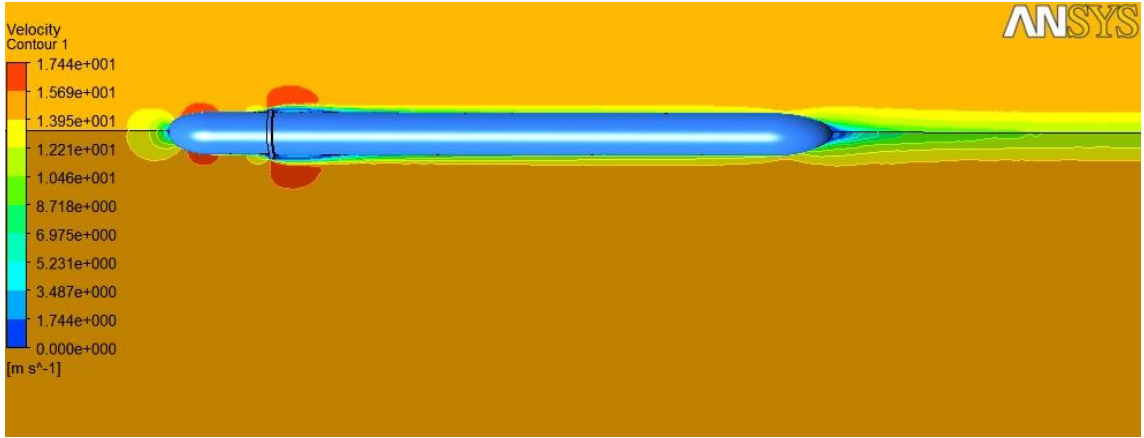
Şekil 56_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



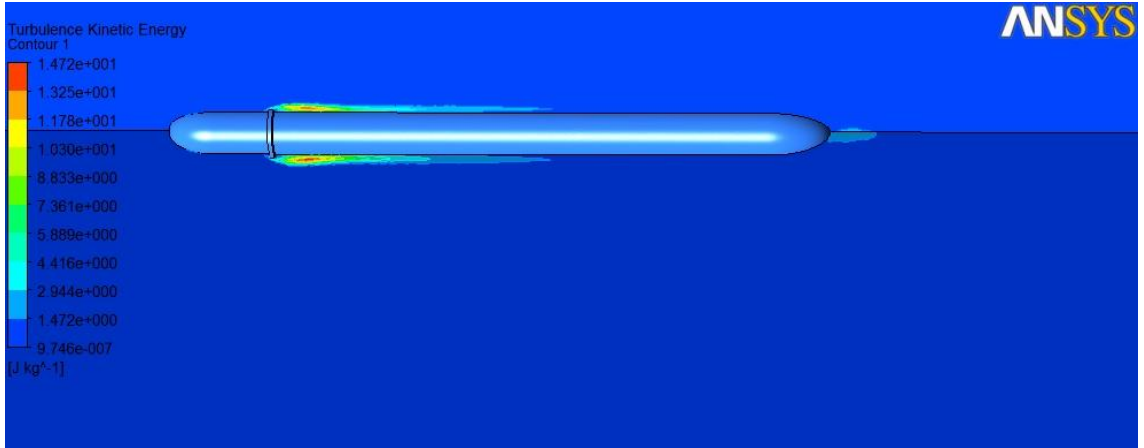
Şekil 57_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



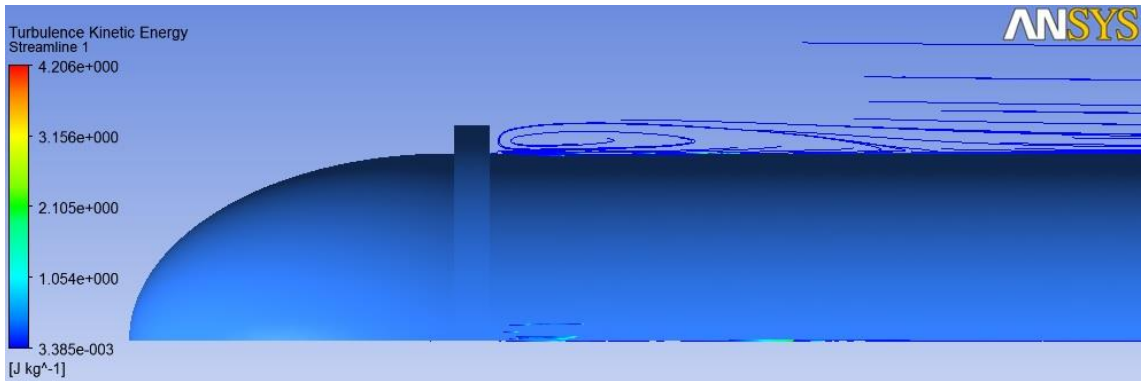
Şekil 58_ V=15 m/sn için basınç değerleri değişimi



Şekil 59_ V=15 hız değerlerinin değişimi



Şekil 60_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 61_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.3. Model_1.1.3-1.2.3-1.3.3 İçin Analiz Sonuçları

Sonraki modelimiz, D2=620 mm step çapı, step genişliği L2= 500mm ve V=5-10-15 (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun

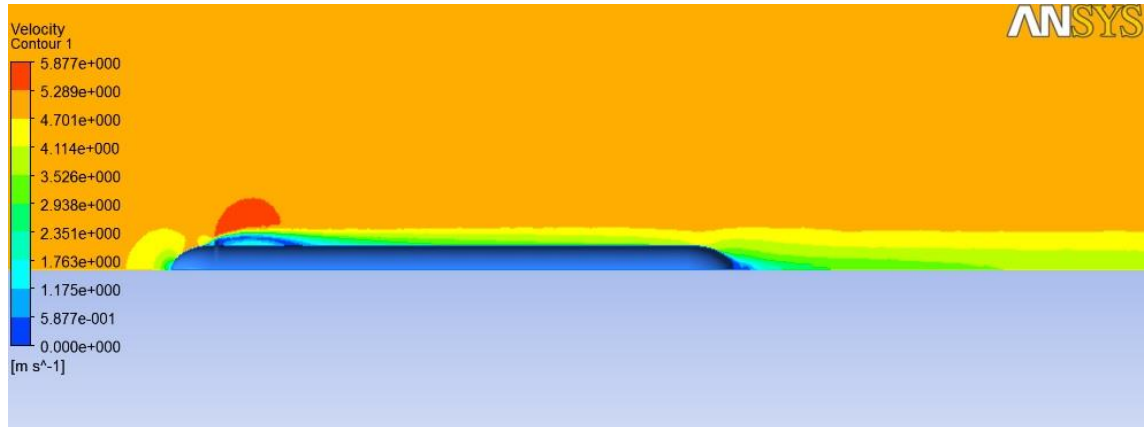
torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



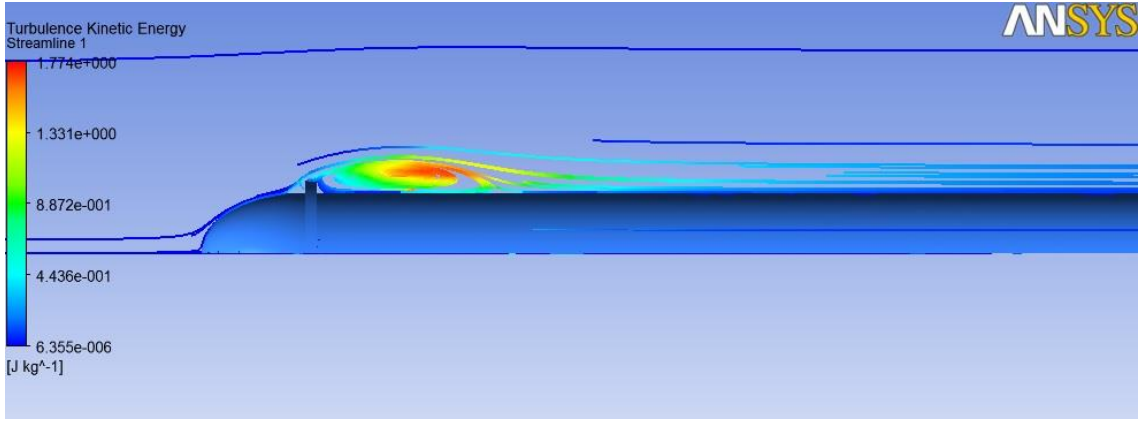
Şekil 62_ V=5 m/sn için basınç değerleri değişimi



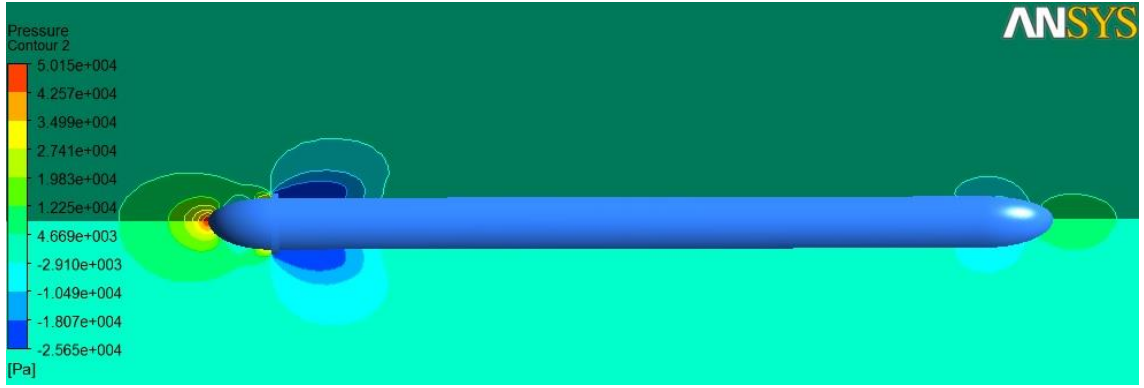
Şekil 63_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi



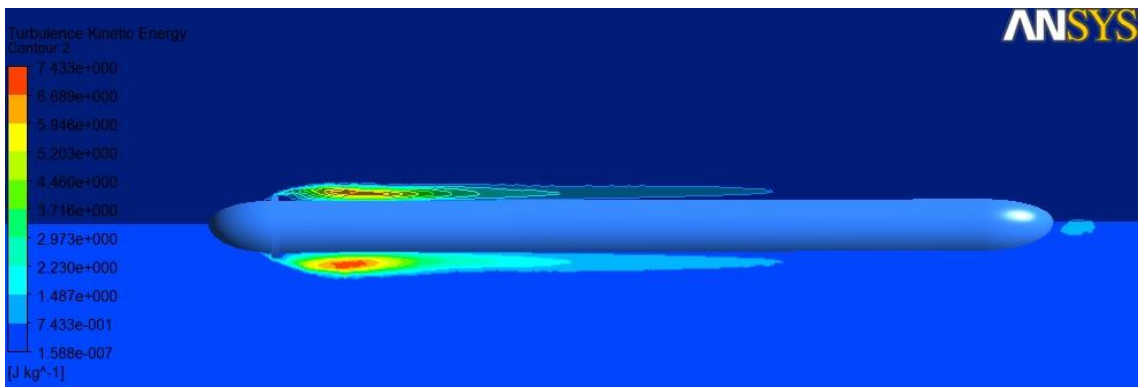
Şekil 64_ V=5 m/sn için hız değerleri değişimi



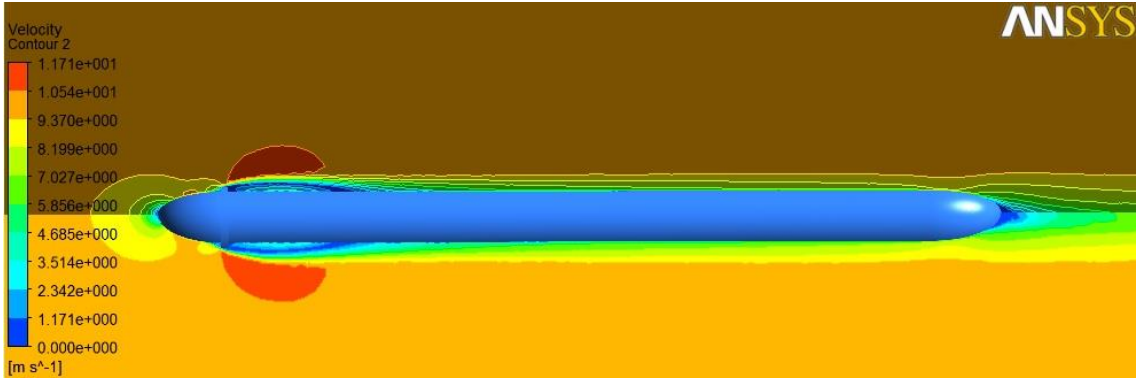
Şekil 65_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



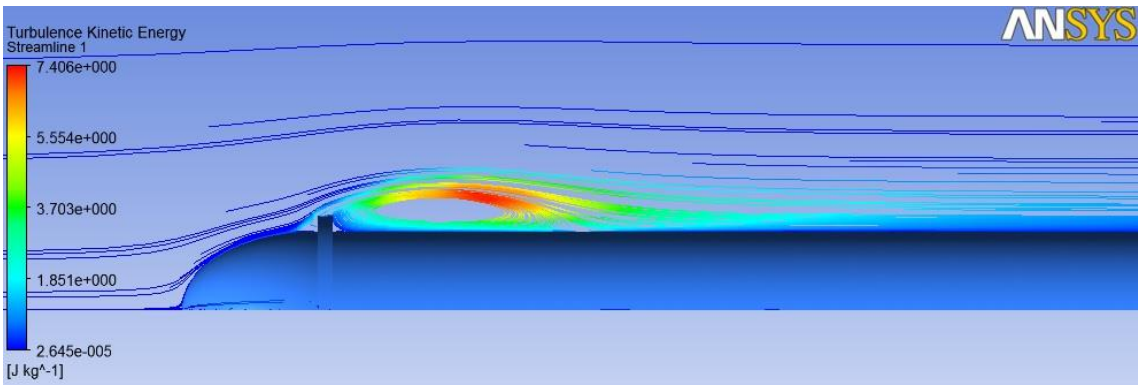
Şekil 66_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi



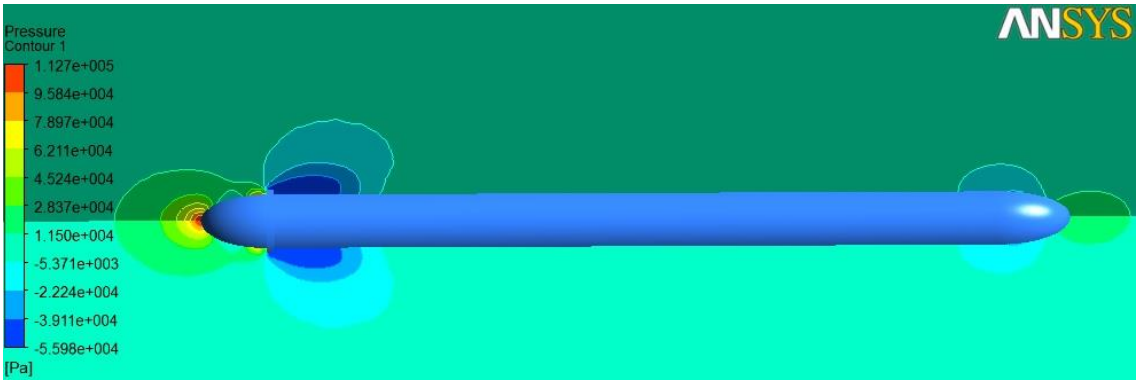
Şekil 67_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi



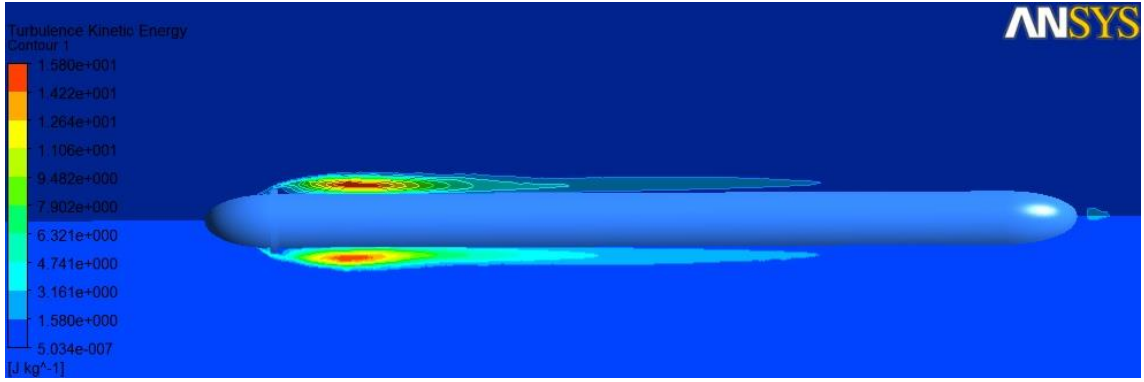
Şekil 68_ V=10 m/sn için hız değerleri değişimi



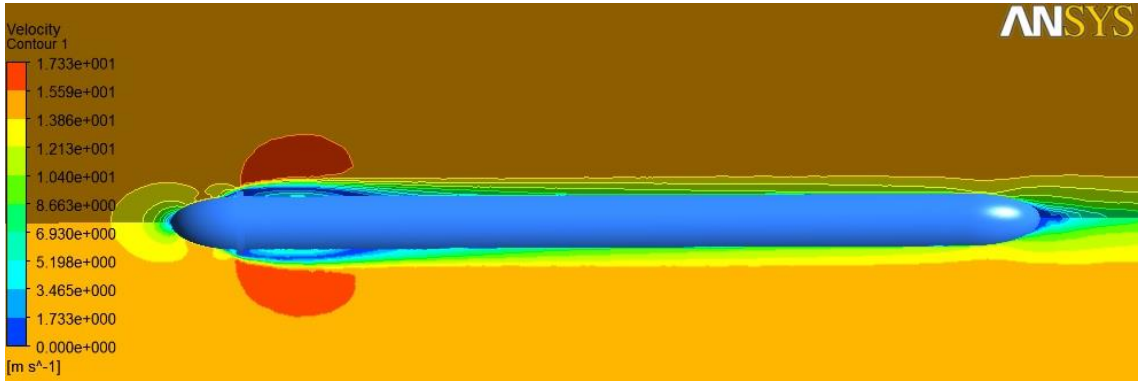
Şekil 69_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



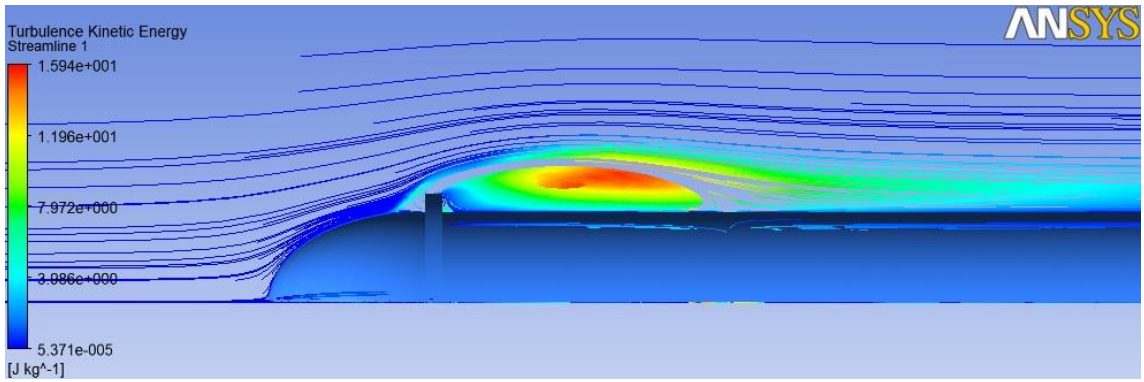
Şekil 70_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 71_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 72_ V=15 m/sm hız değerleri değişimi

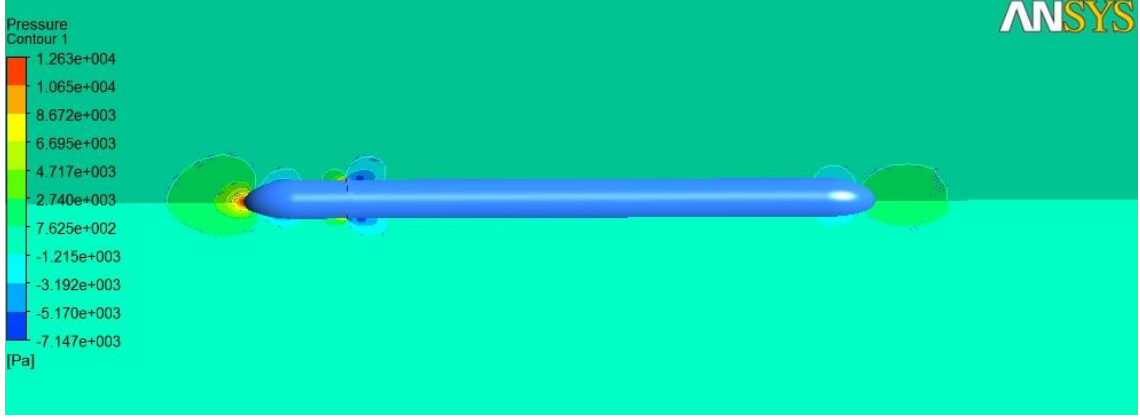


Şekil 73_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

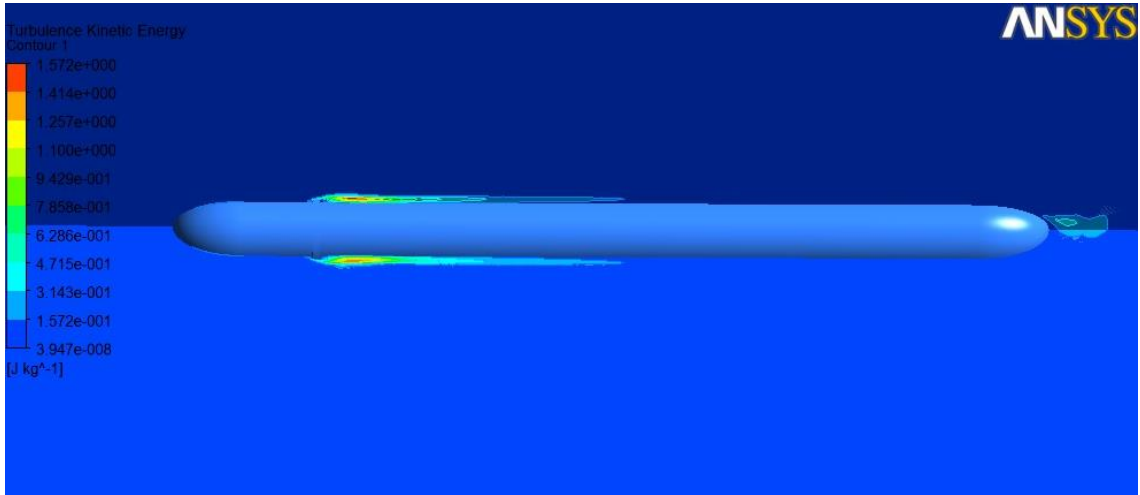
9.4. Model_2.5.1-2.6.1-2.7.1 İçin Analiz Sonuçları

Dördüncü modelimiz, D2=580 mm step çapı, step genişliği L2= 1000mm ve V=5-10-15 (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler

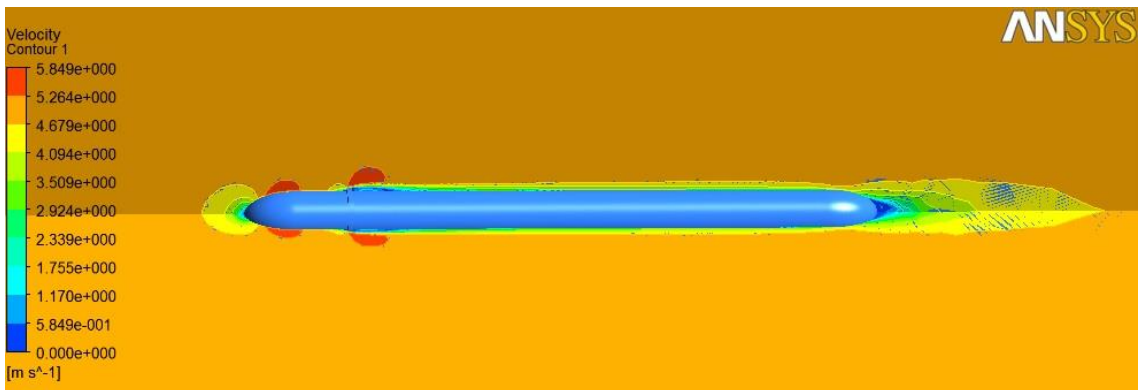
ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



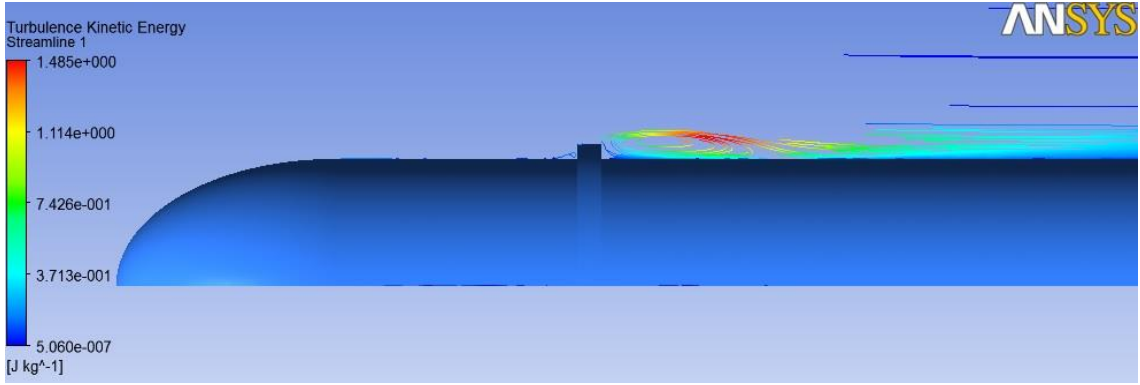
Şekil 74_ V=5 m/sn için basınç değerleri değişimi



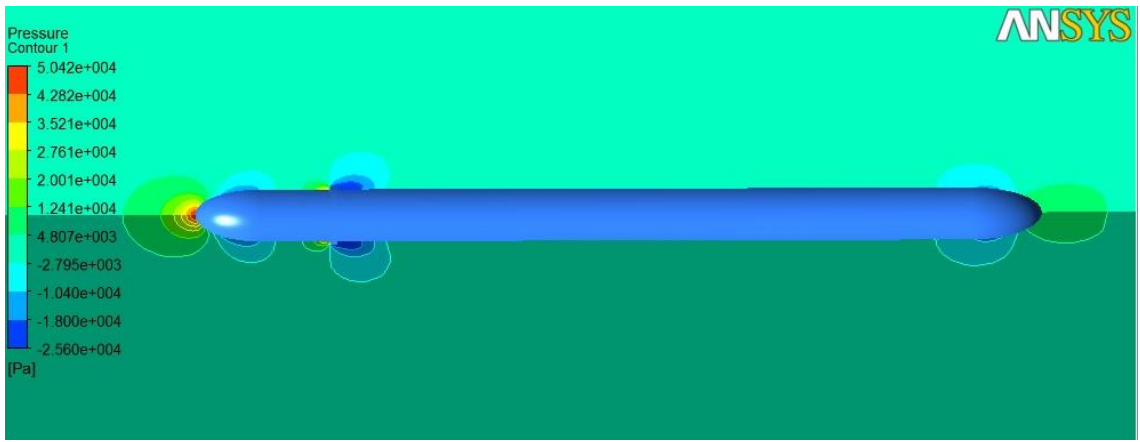
Şekil 75_ V=5 m/sn türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



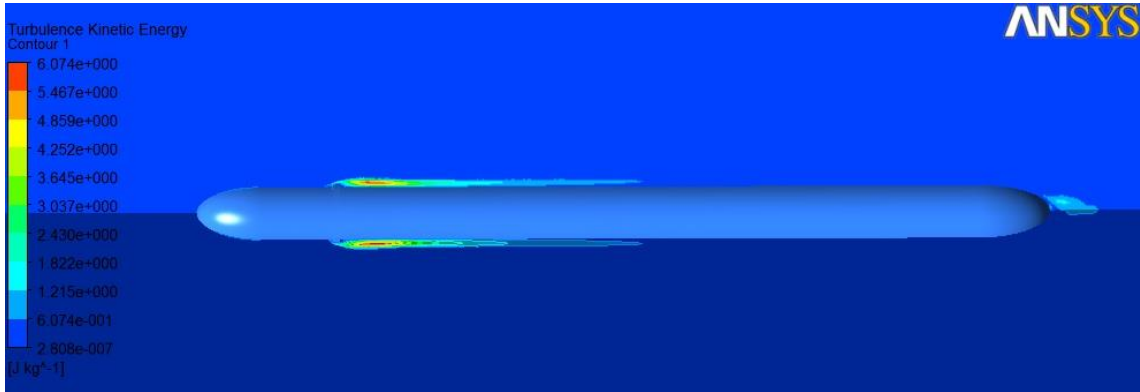
Şekil 76_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



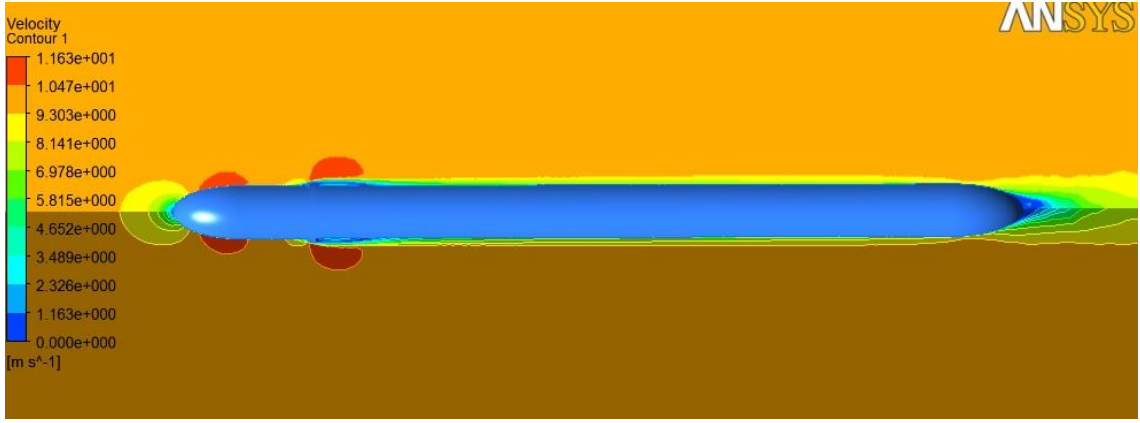
Şekil 77_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



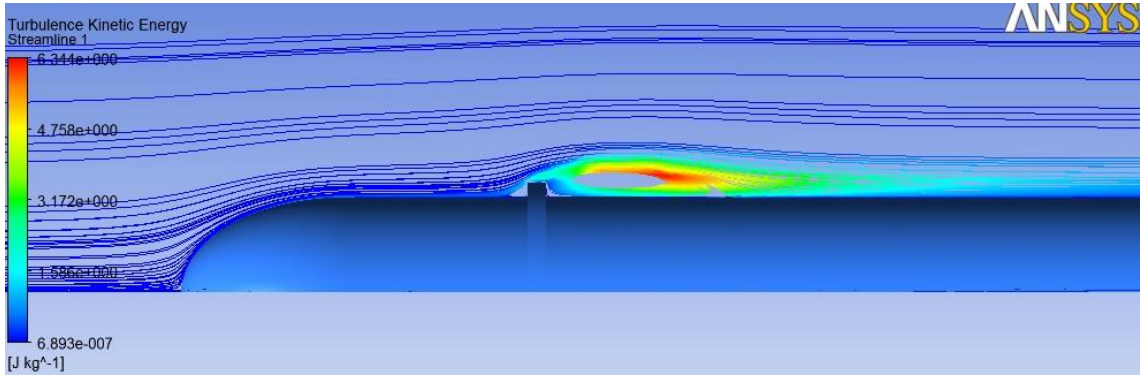
Şekil 78_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi



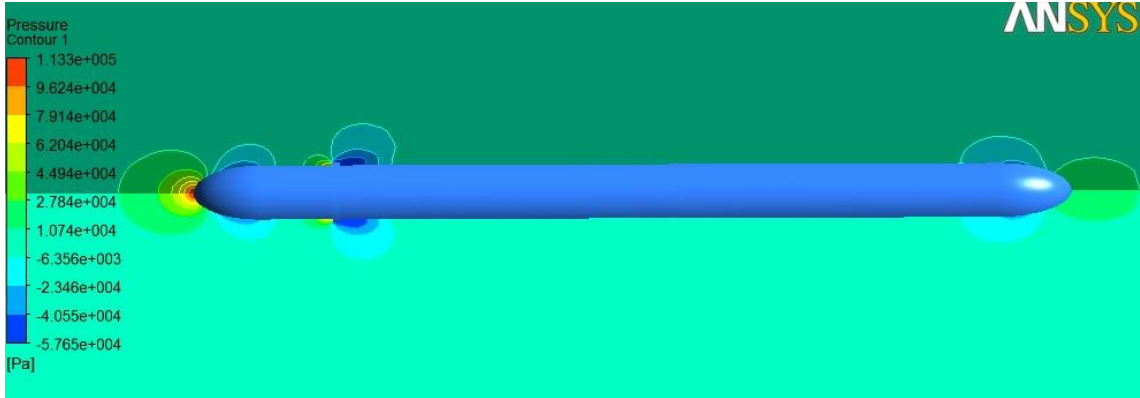
Şekil 79_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi



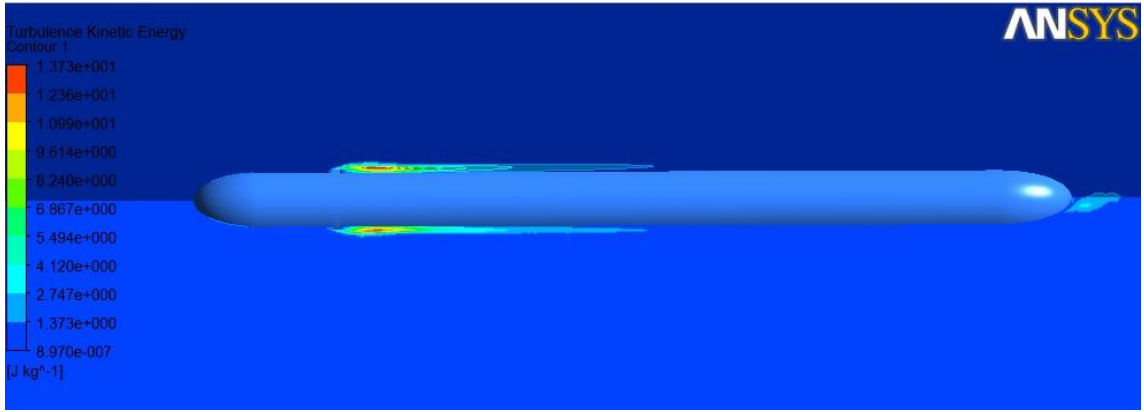
Şekil 80_ V=10 m/sn için hız değerleri değişimi



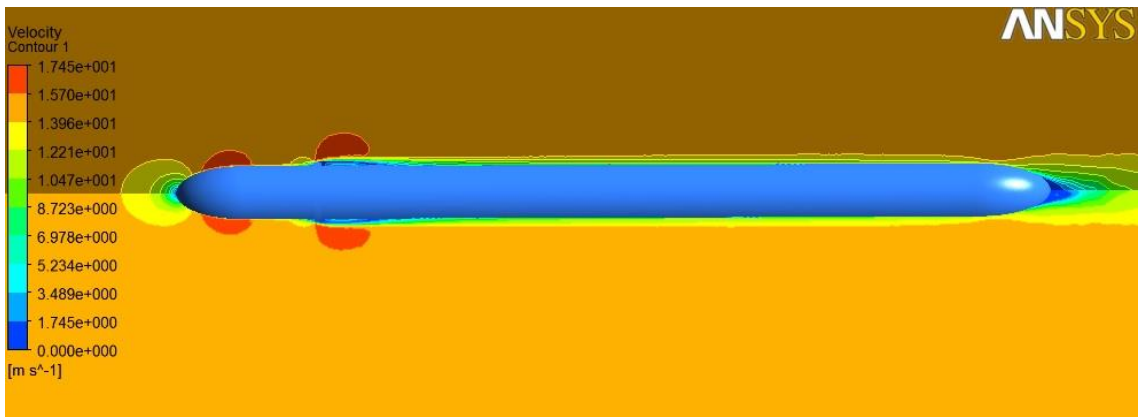
Şekil 81_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



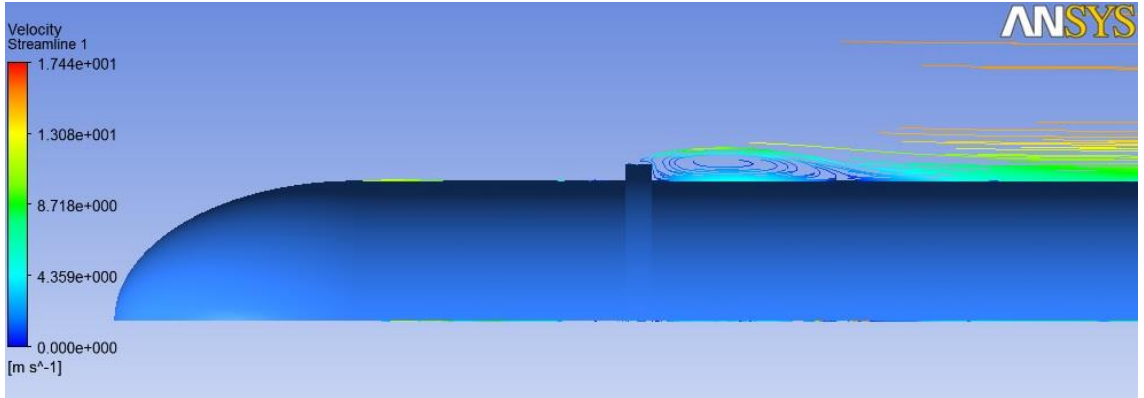
Şekil 82_ V=15 m/sn için basınç değerleri değişimi



Şekil 83_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi



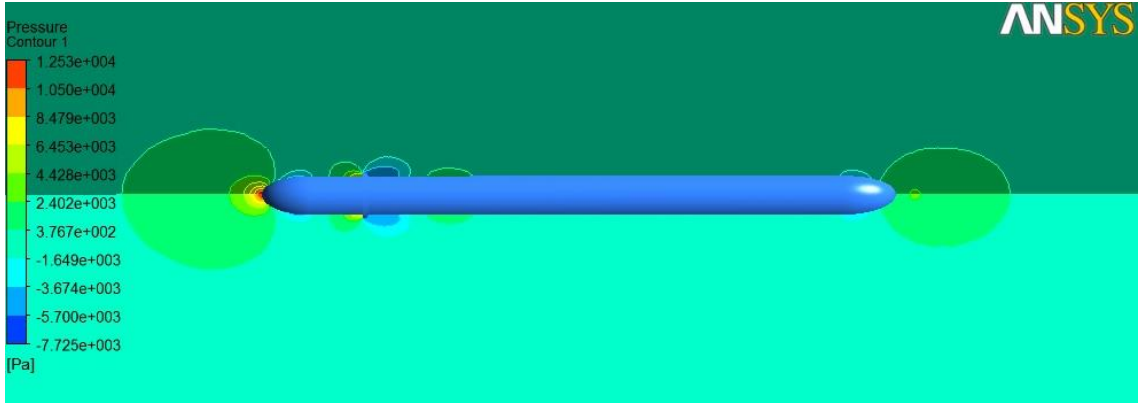
Şekil 84_ V=15 msn için hız değerleri değişimi



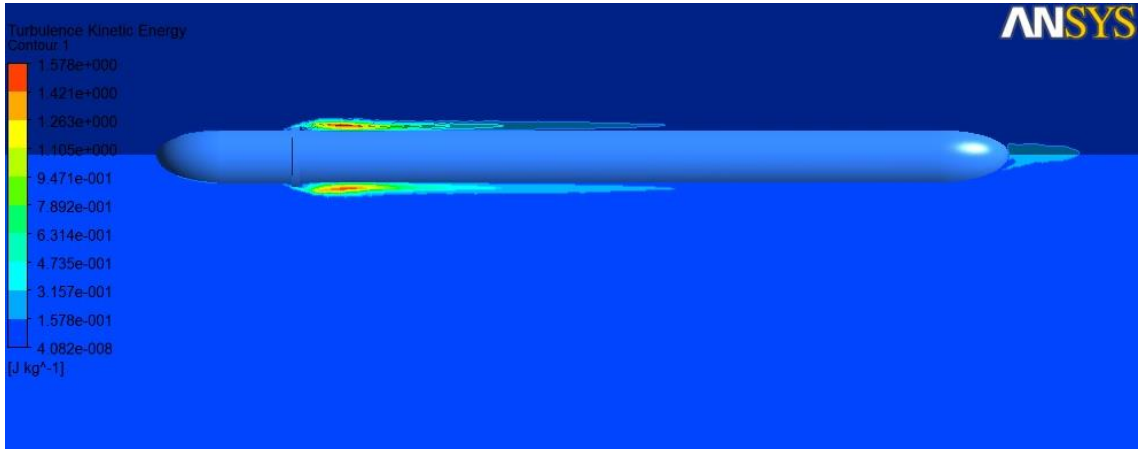
Şekil 85_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.5. Model_2.5.2-2.6.2-2.7.2 İçin Analiz Sonuçları

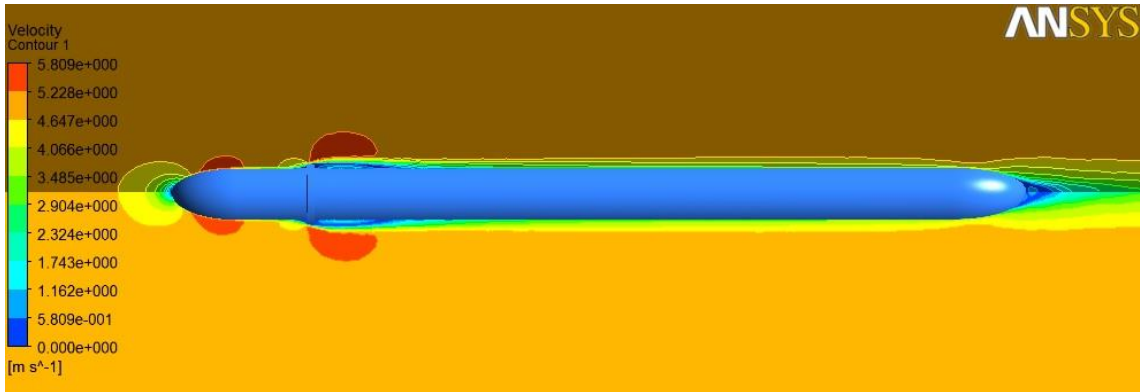
Beşinci model, $D_2=600$ mm step çapı, step genişliği $L_2= 1000$ mm ve $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



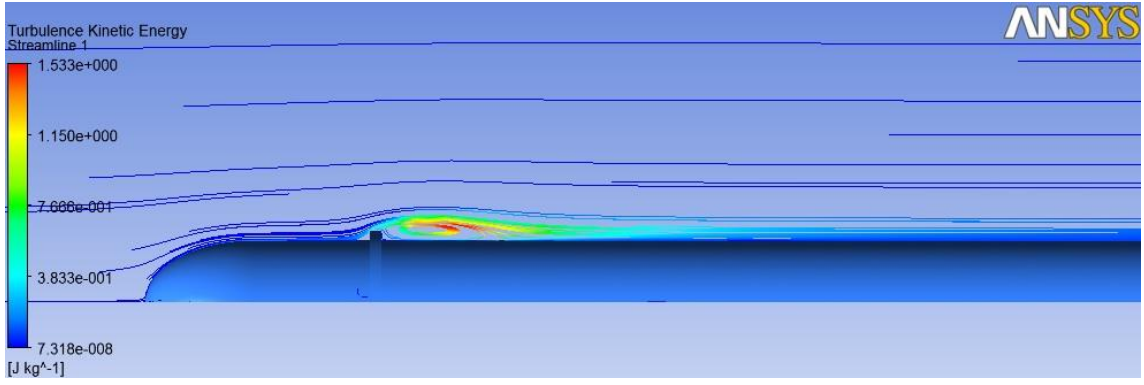
Şekil 86_ V=5 m/sn için basınç değerleri değişimi



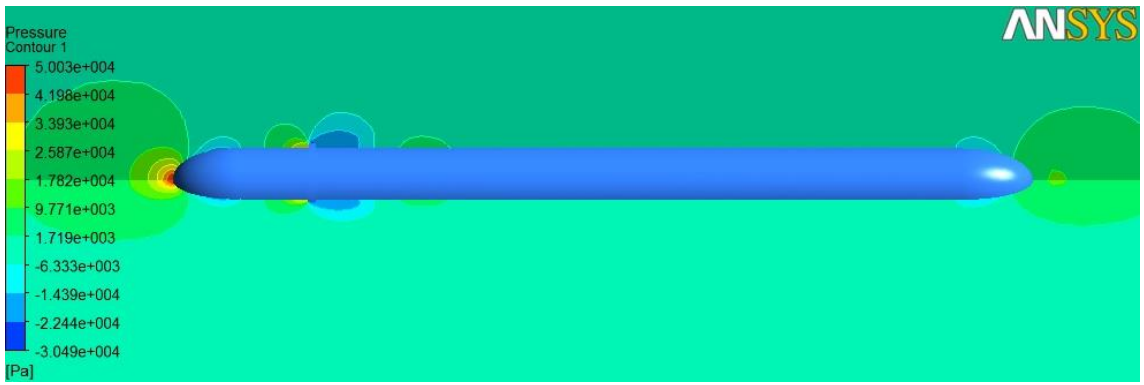
Şekil 87_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi



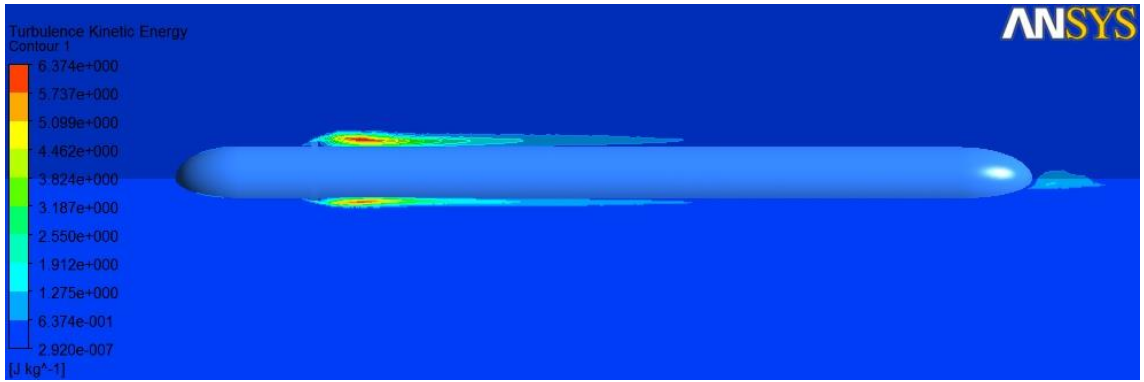
Şekil 88_ V=5 m/sn için hız değerleri değişimi



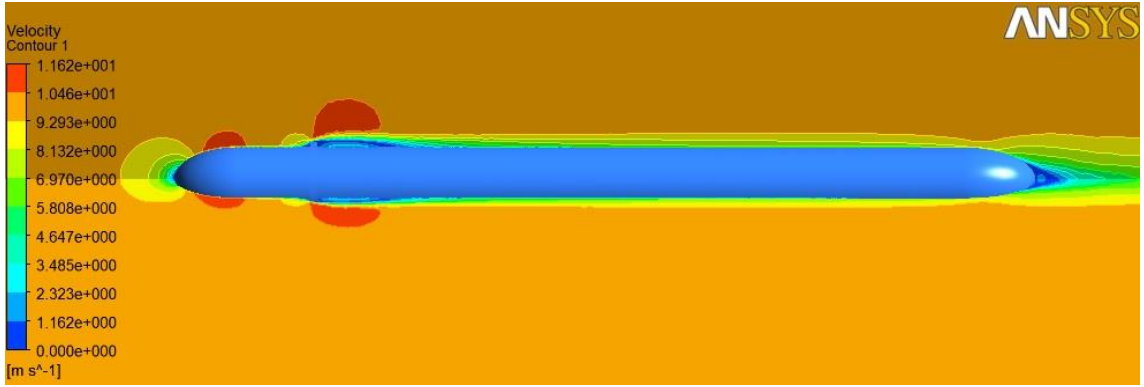
Şekil 89_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



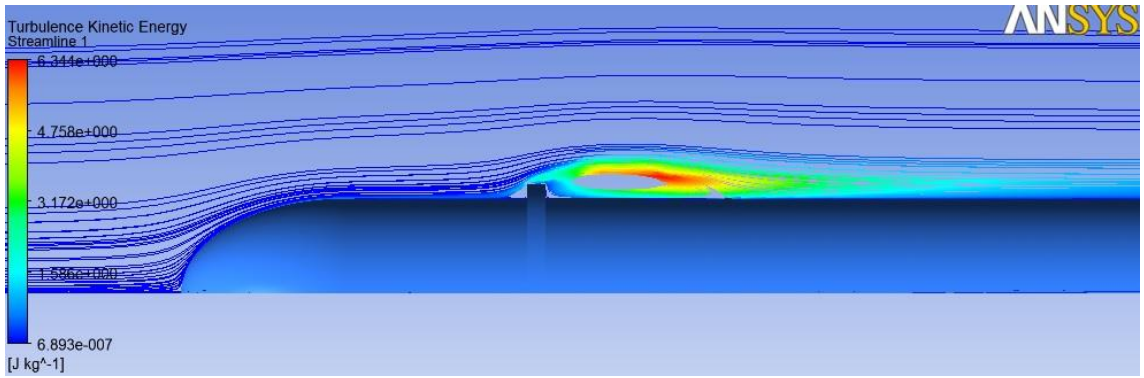
Şekil 90_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi



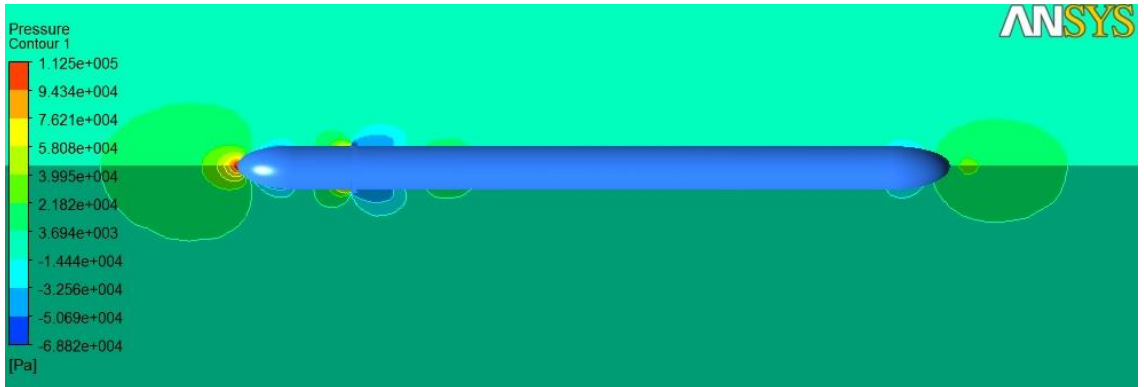
Şekil 91_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değişimi deperleri



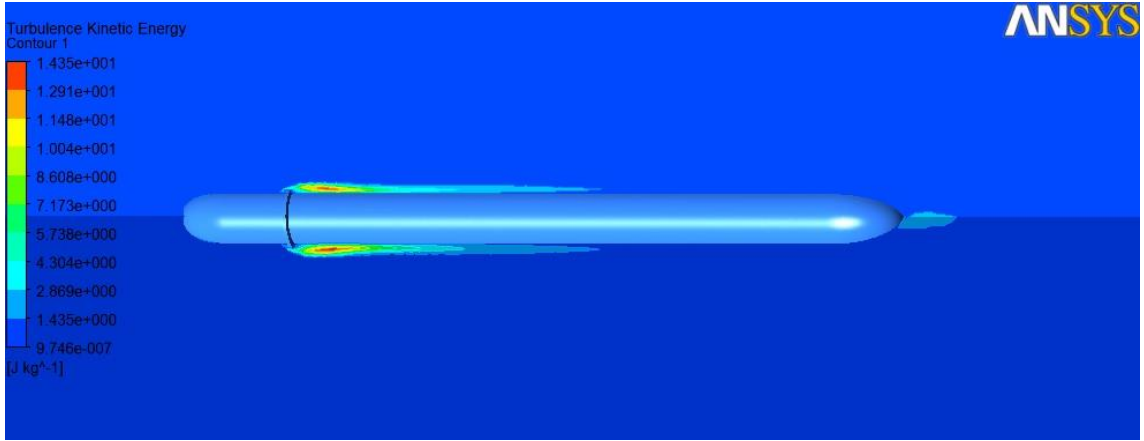
Şekil 92_ V=10 m/sn için hız değışimi değeri



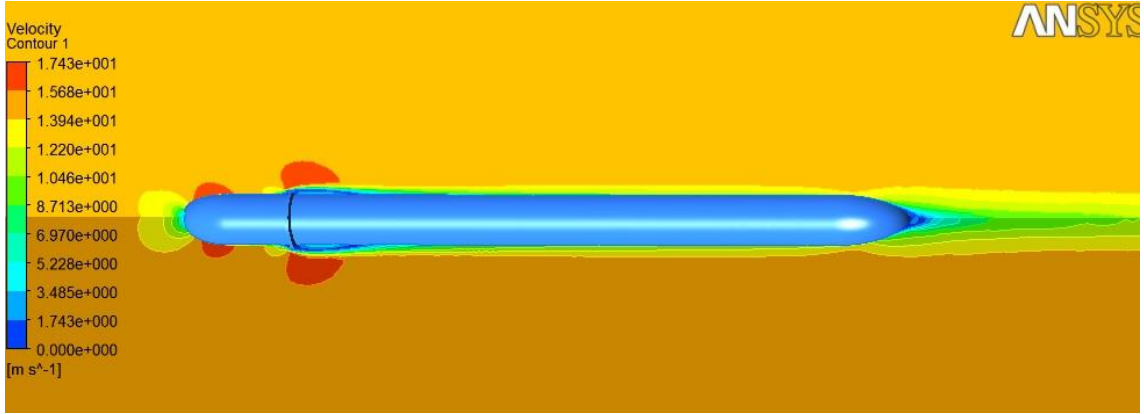
Şekil 93_ V=10 m/sn için set arkası türbülans oluşumu



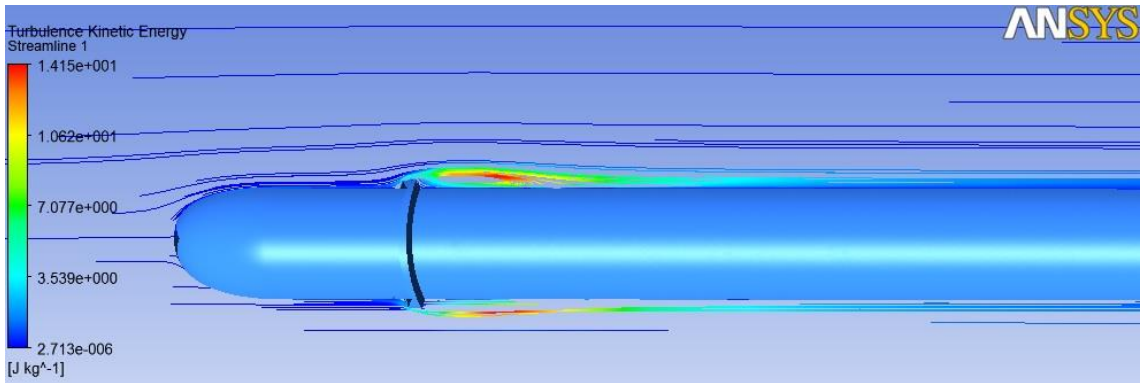
Şekil 94_ V=15 m/sn için basınç değeri değışimi



Şekil 95_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değışimi deperleri



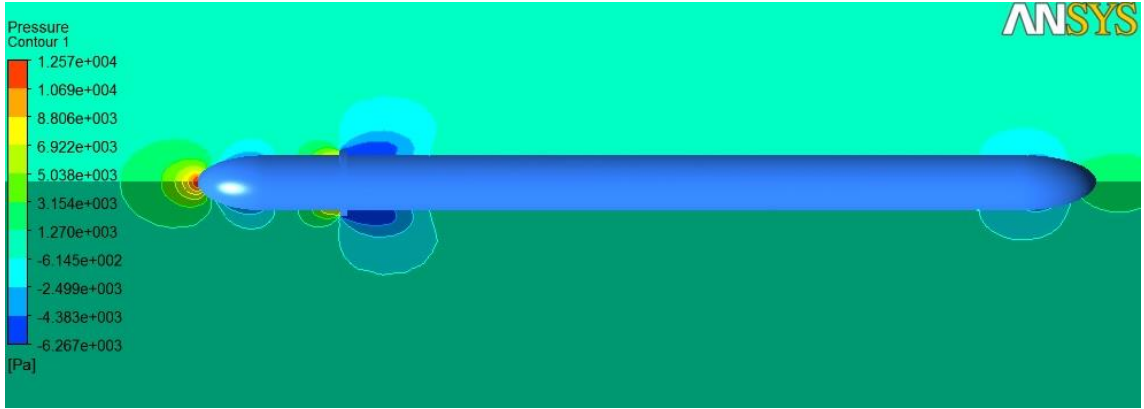
Şekil 96_ V=15 m/sn için hız değışimi değeri



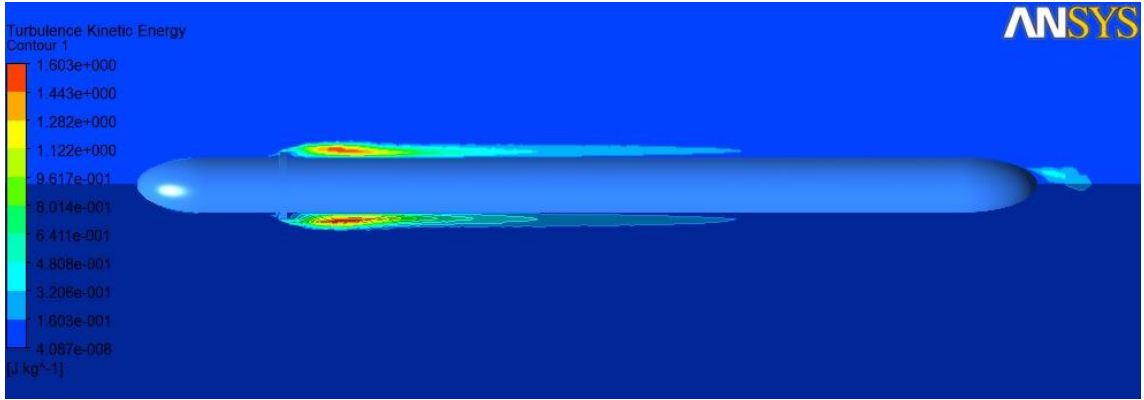
Şekil 97_ V=15 m/sn için set arkası türbülans oluşumu

9.6. Model_2.5.3-2.6.3-2.7.3 İçin Analiz Sonuçları

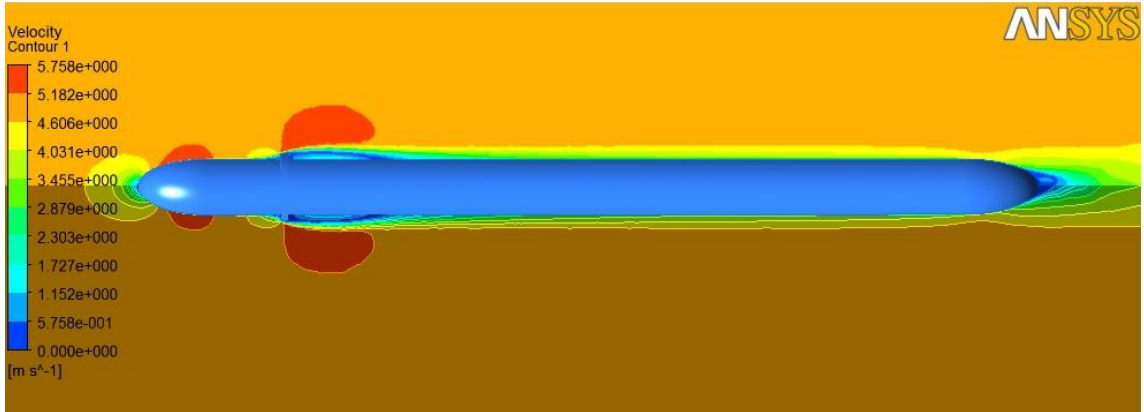
Altıncı model, $D_2=620$ mm step çapı, step genişliği $L_2= 1000$ mm ve $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değışimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



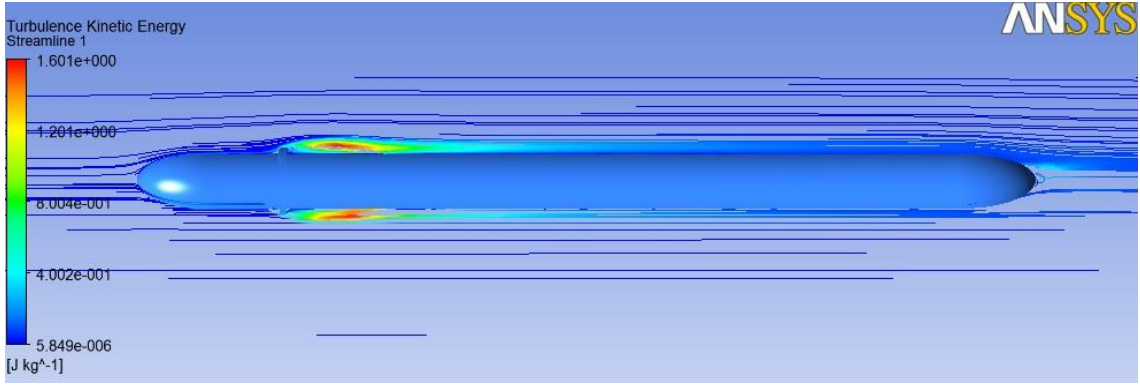
Şekil 98_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



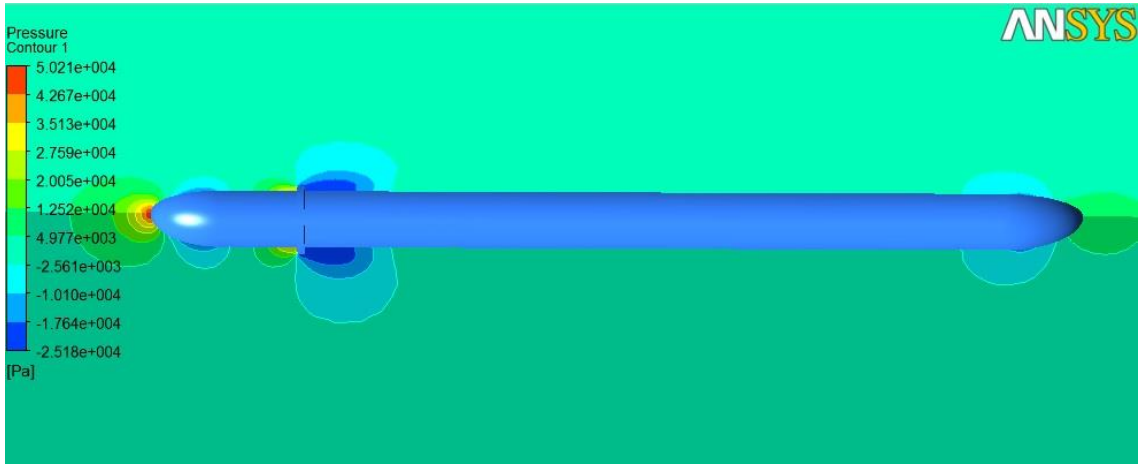
Şekil 99_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



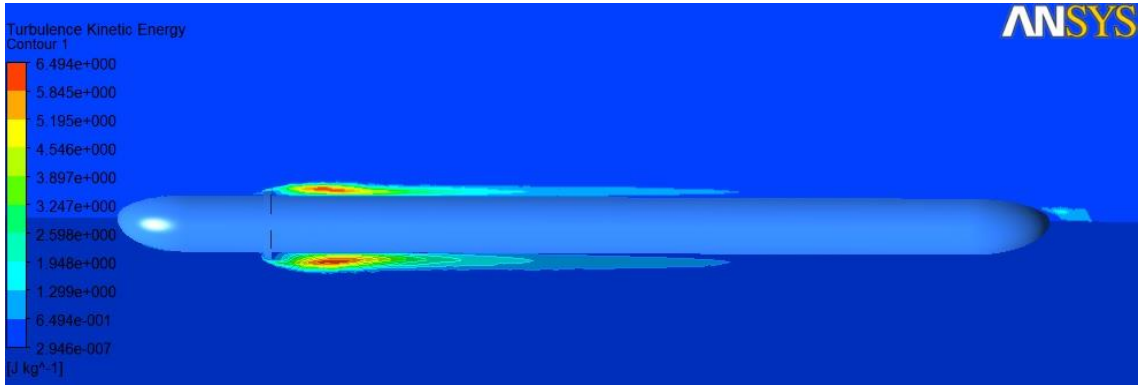
Şekil 100_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



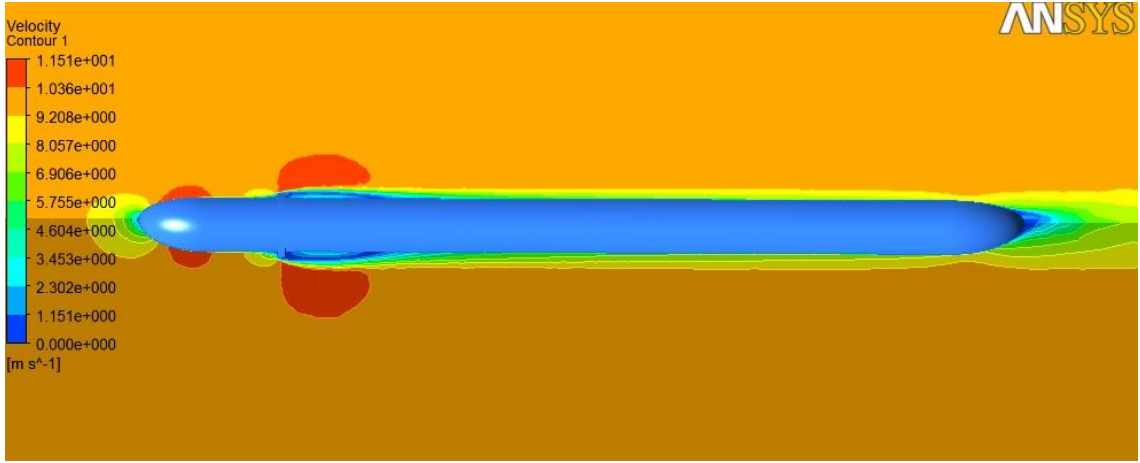
Şekil 101_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



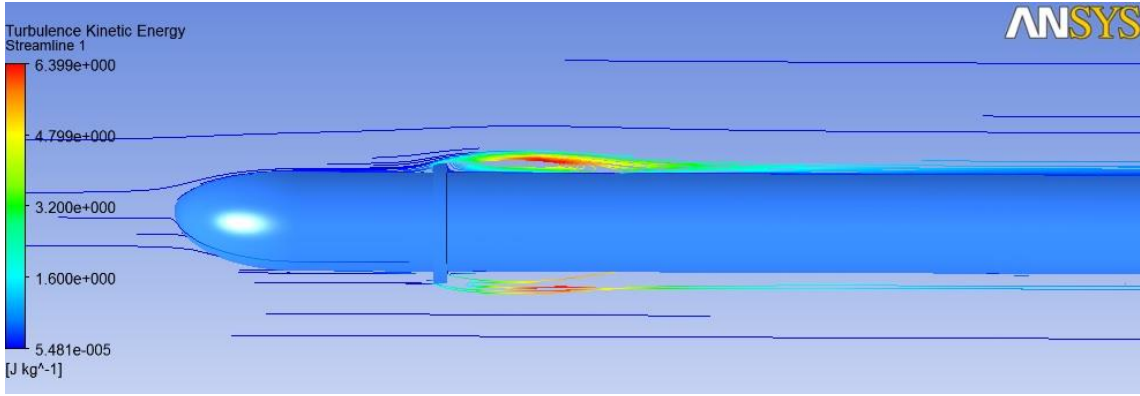
Şekil 102_ V=10 m/sn için basınç değerleri değişimi



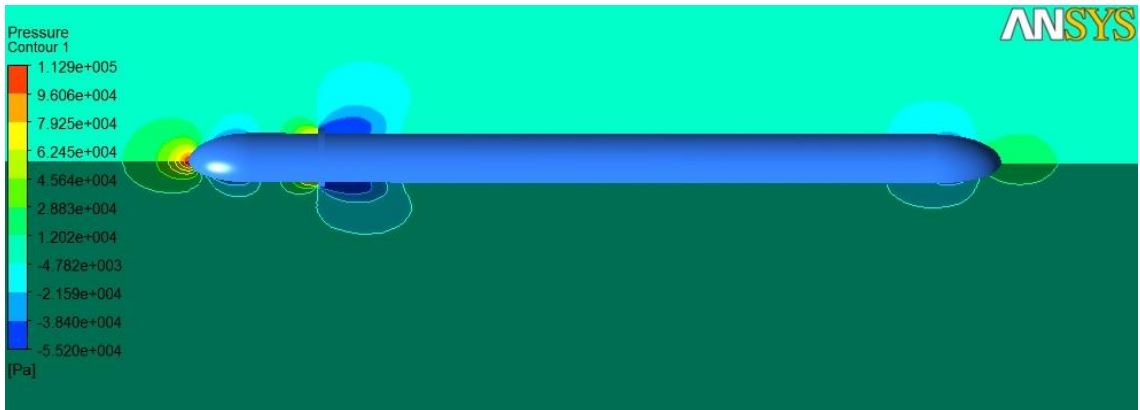
Şekil 103_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerleri değişimi



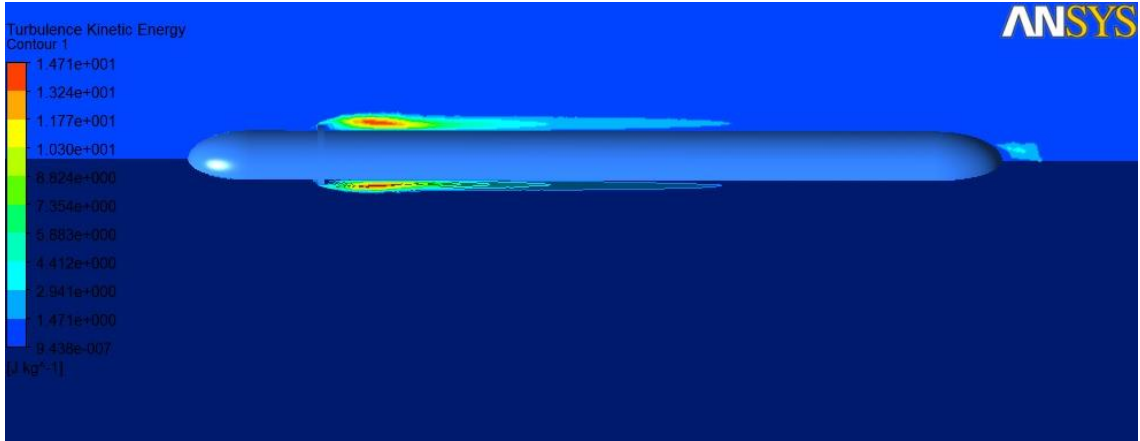
Şekil 104_ V=10 m/sn için hız değerleri değişimi



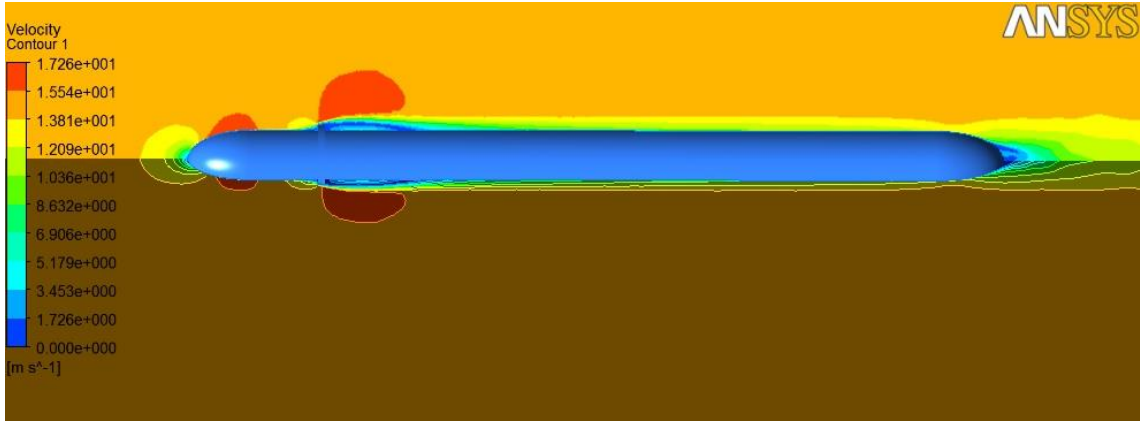
Şekil 105_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



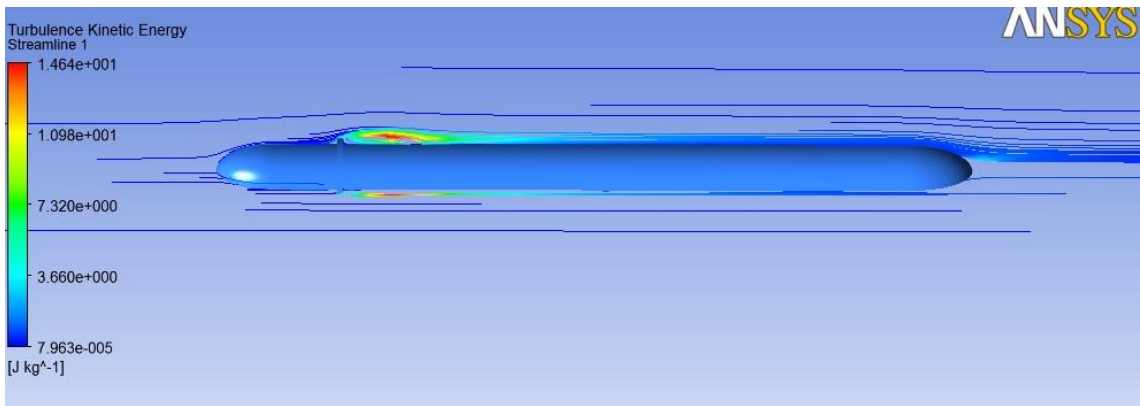
Şekil 106_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 107_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 108_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi

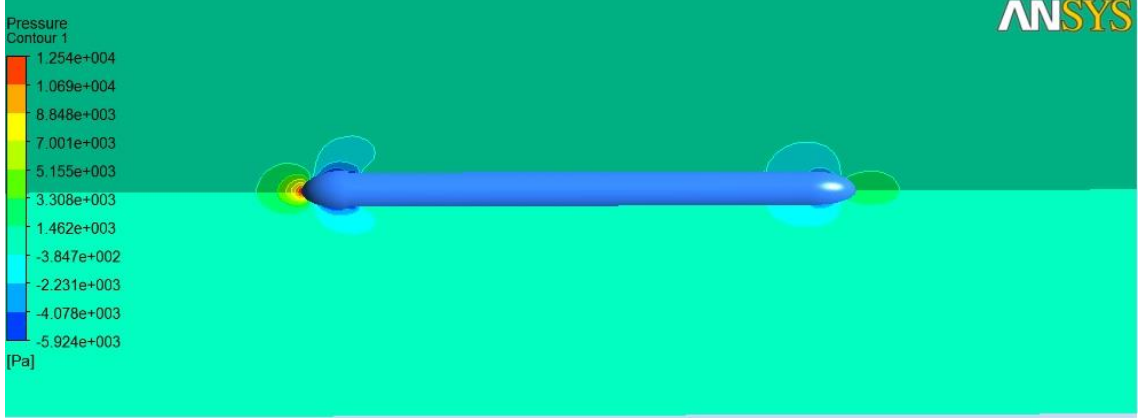


Şekil 109_ V=15 m/sn için step arkası türbülansların oluşumu

9.7. Model_3.9.1-3.10.1-3.11.1 İçin Analiz Sonuçları

Model_7 'de, torpido ön kısmından 500 mm uzaklığa kadar $D_2=580$ mm çapta başlıklı torpido modeli $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan

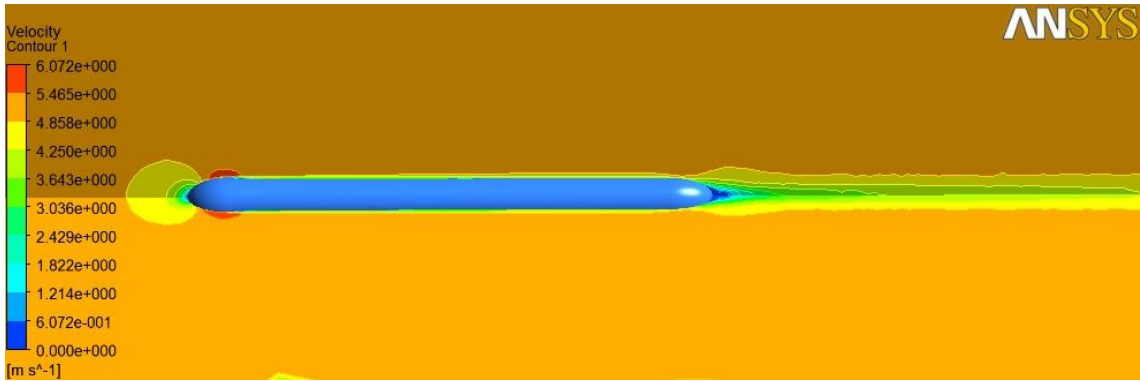
türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



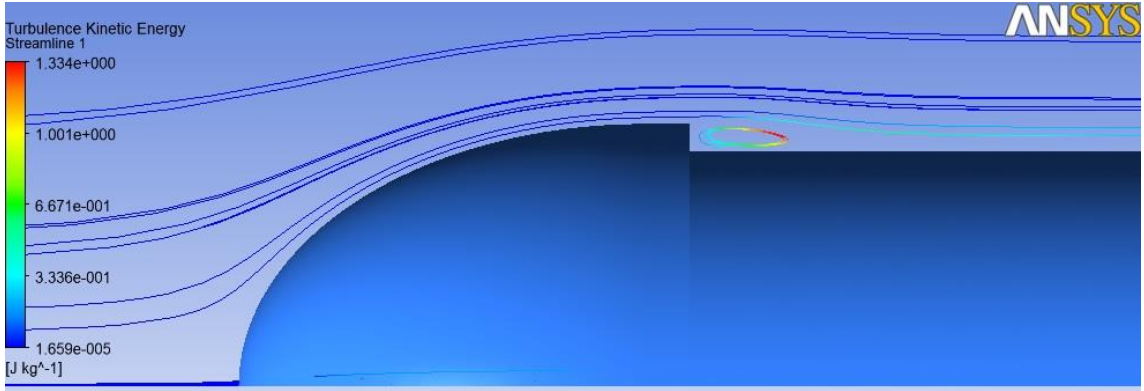
Şekil 110_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



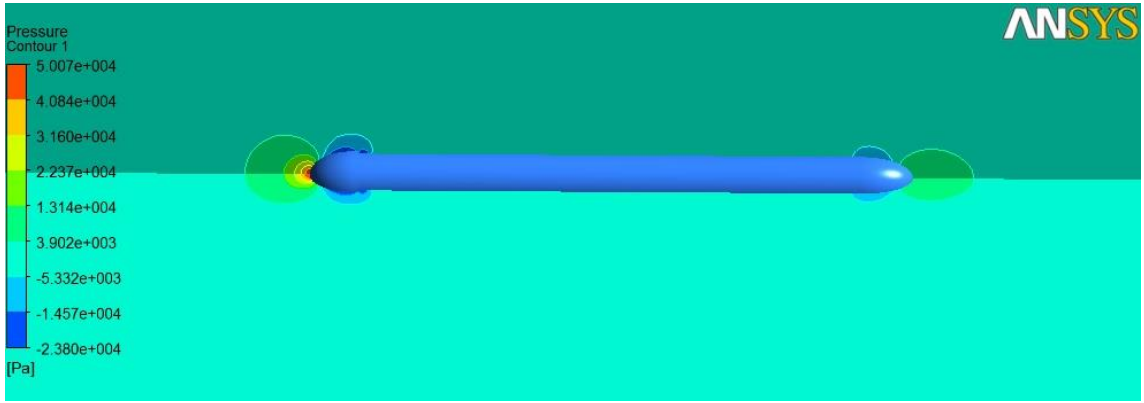
Şekil 111_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 112_ V=5 m/sn için hız değerlerin değişimi



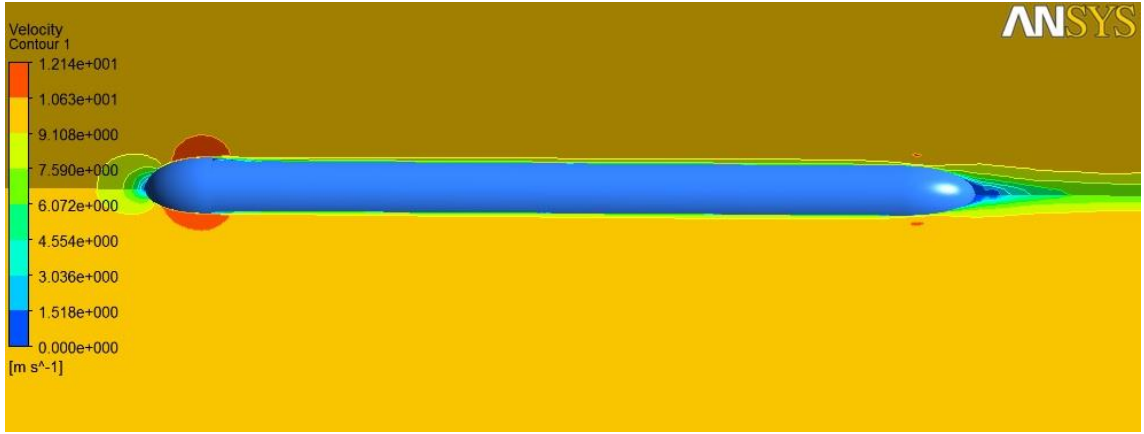
Şekil 113_V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



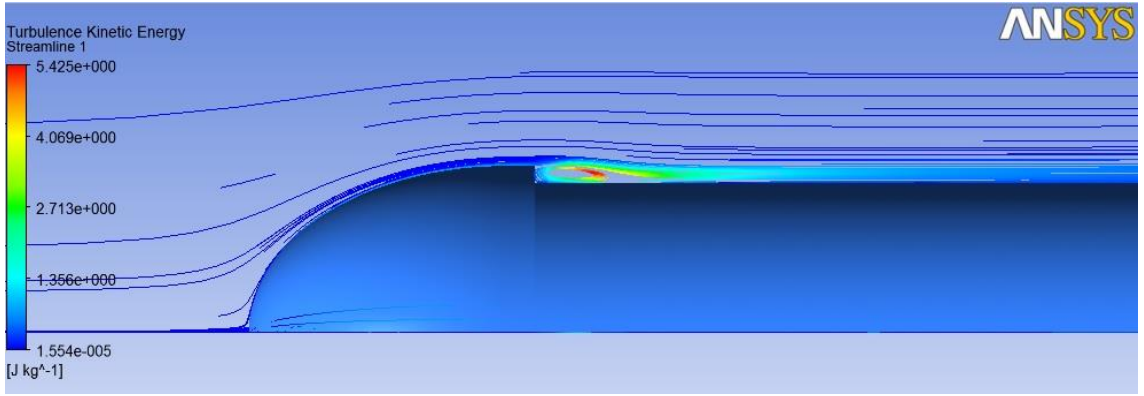
Şekil 114_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



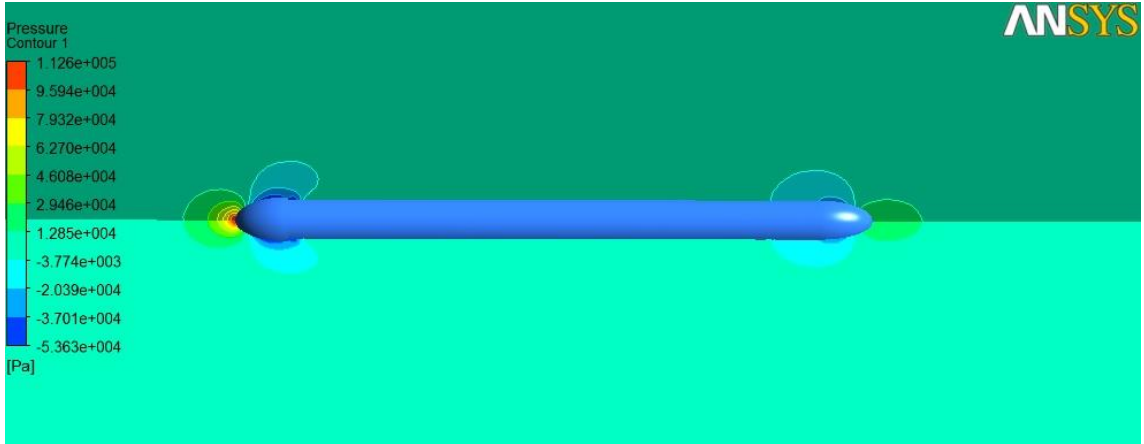
Şekil 115_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 116_ V=10 m/sn için hız değerlerin değişimi



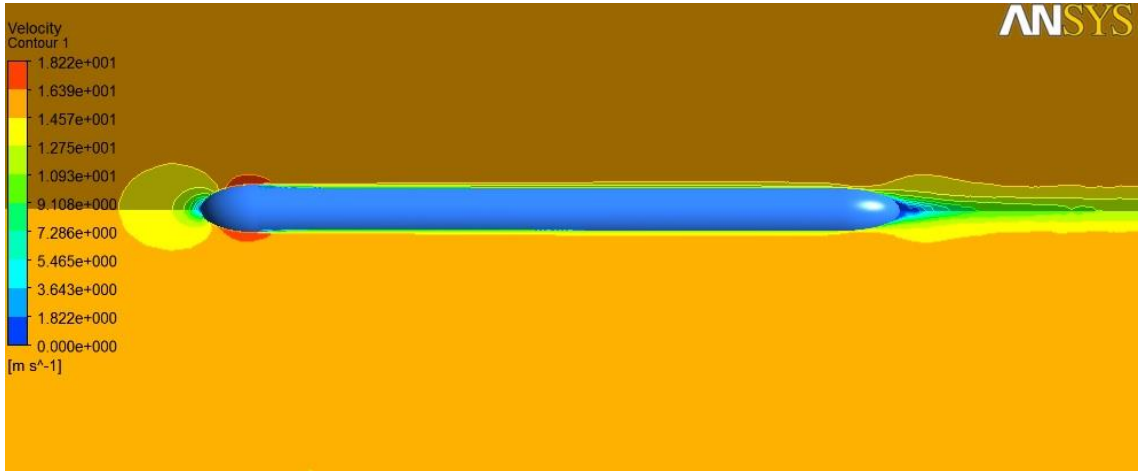
Şekil 117_ V=10 m/sn için step etrafı akışın görünümü



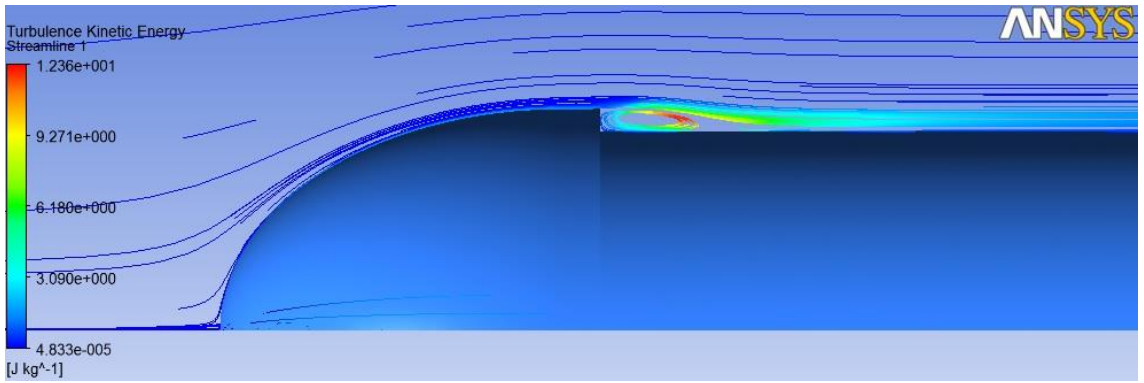
Şekil 118_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 119_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



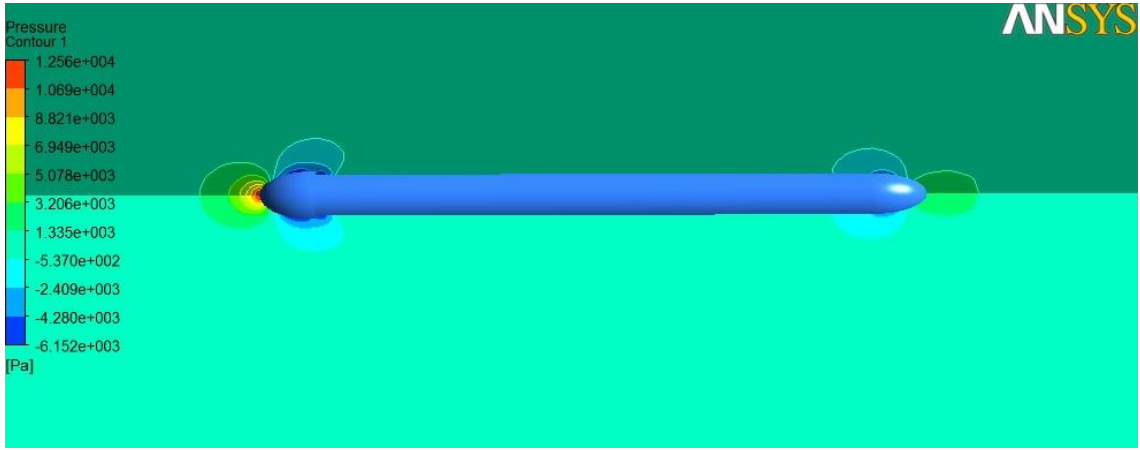
Şekil 120_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi



Şekil 121_ V=15 m/sn için step arkası akışın görüntüsü

9.8. Model_3.9.2-3.10.2-3.11.2 İçin Analiz Sonuçları

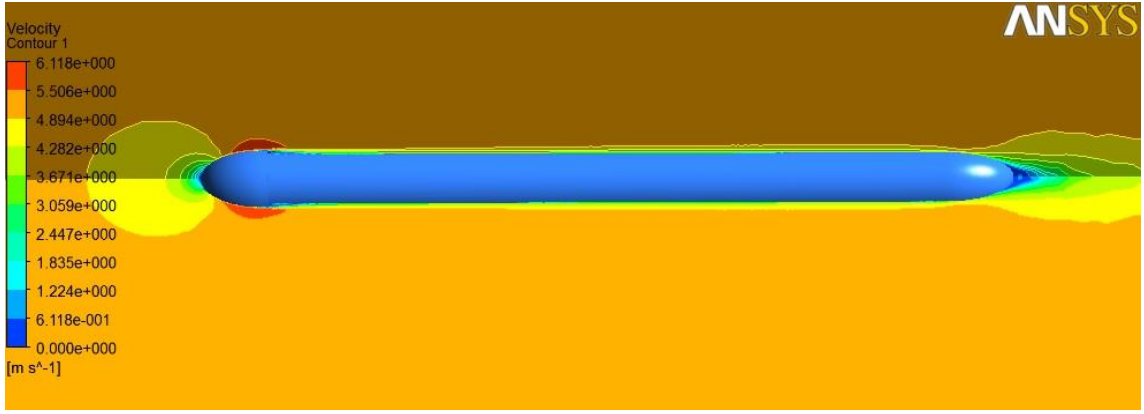
Model_8 'de, torpido ön kısmından 500 mm uzaklığa kadar $D2=600$ mm çapta başlıklı torpido modeli $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



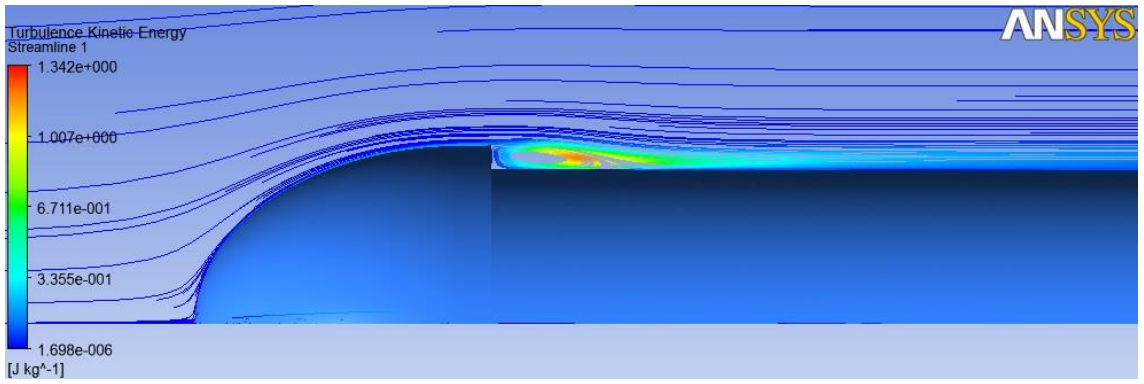
Şekil 122_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 123_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



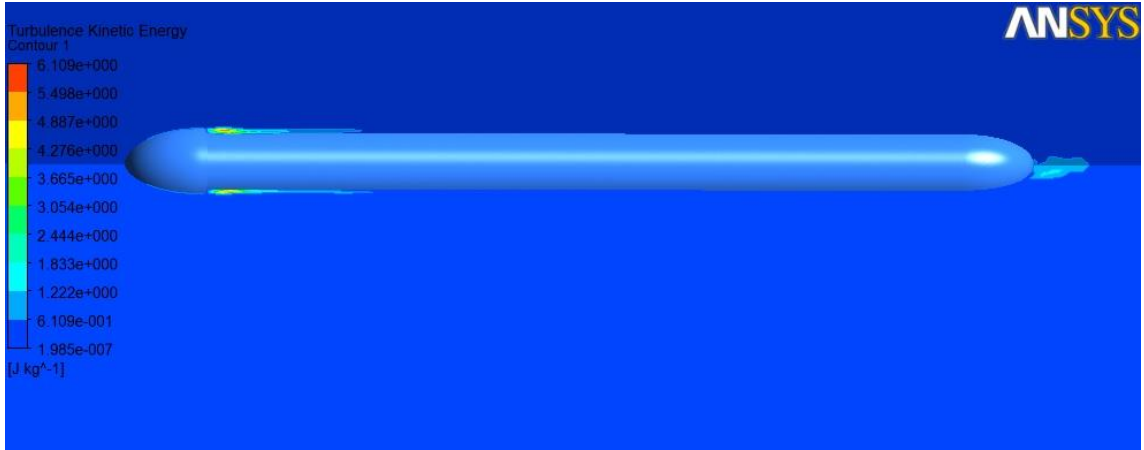
Şekil 124_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



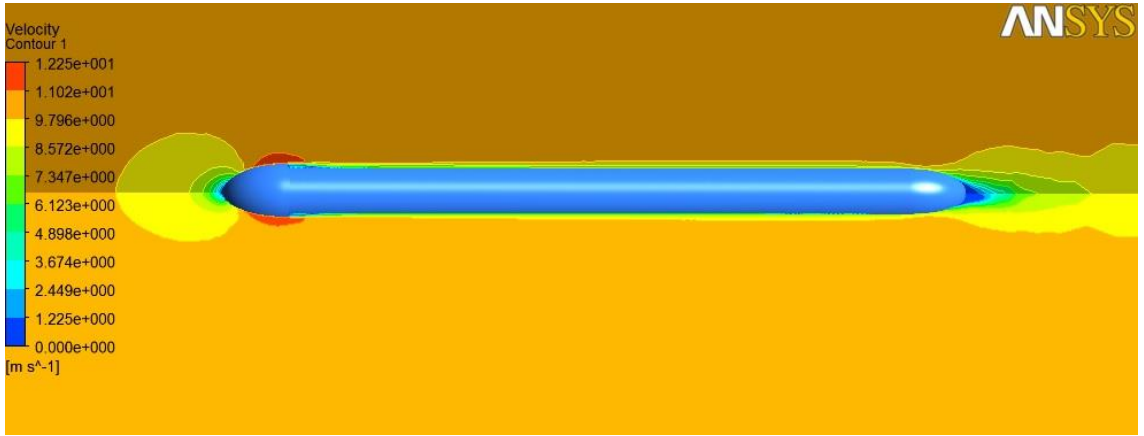
Şekil 125_ V=5 m/sn için step arkası türbülans değişimi



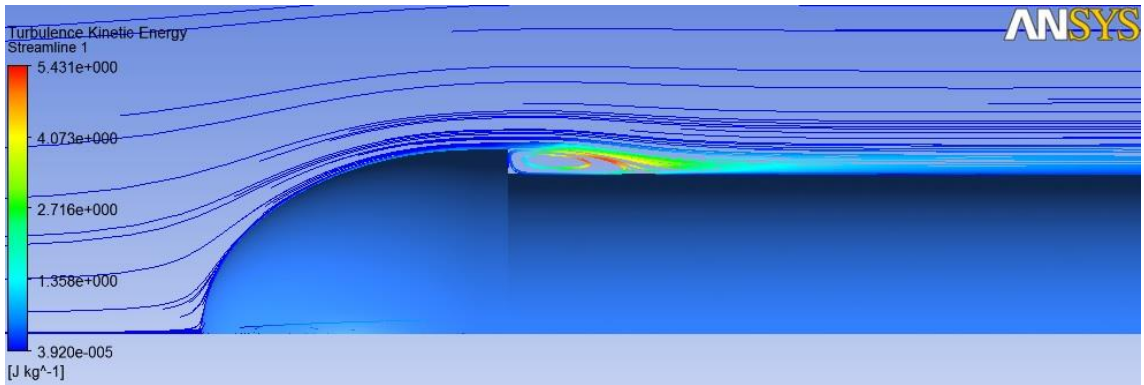
Şekil 126_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 127_ V= 10m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 128_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



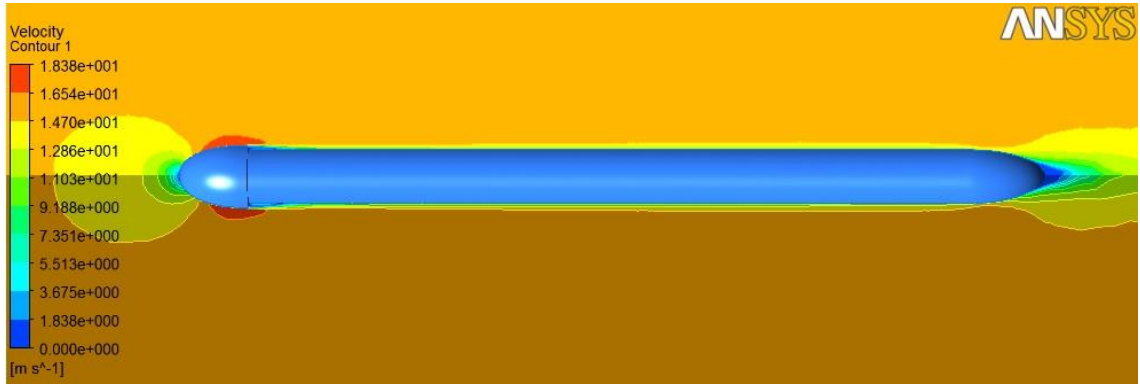
Şekil 129_ V=10m/sn için step arkası türbülans oluşumu



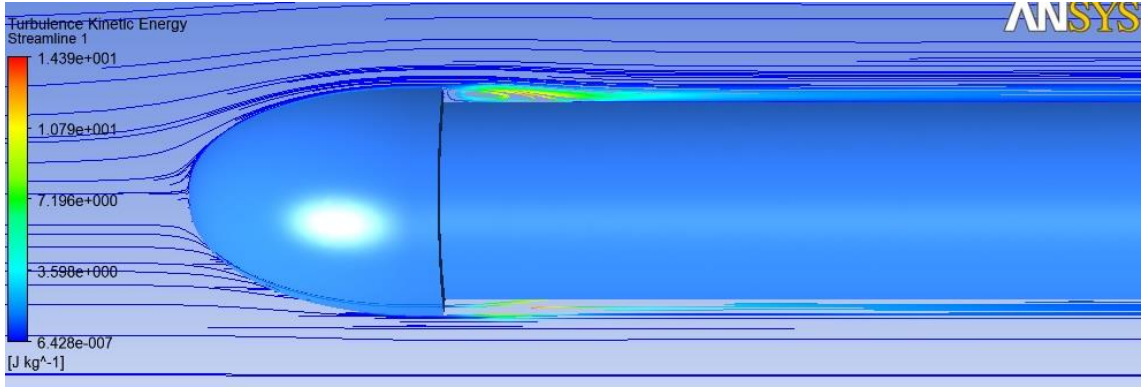
Şekil 130_ V=15 m/sn için basınç değerleri değişimi



Şekil 131_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



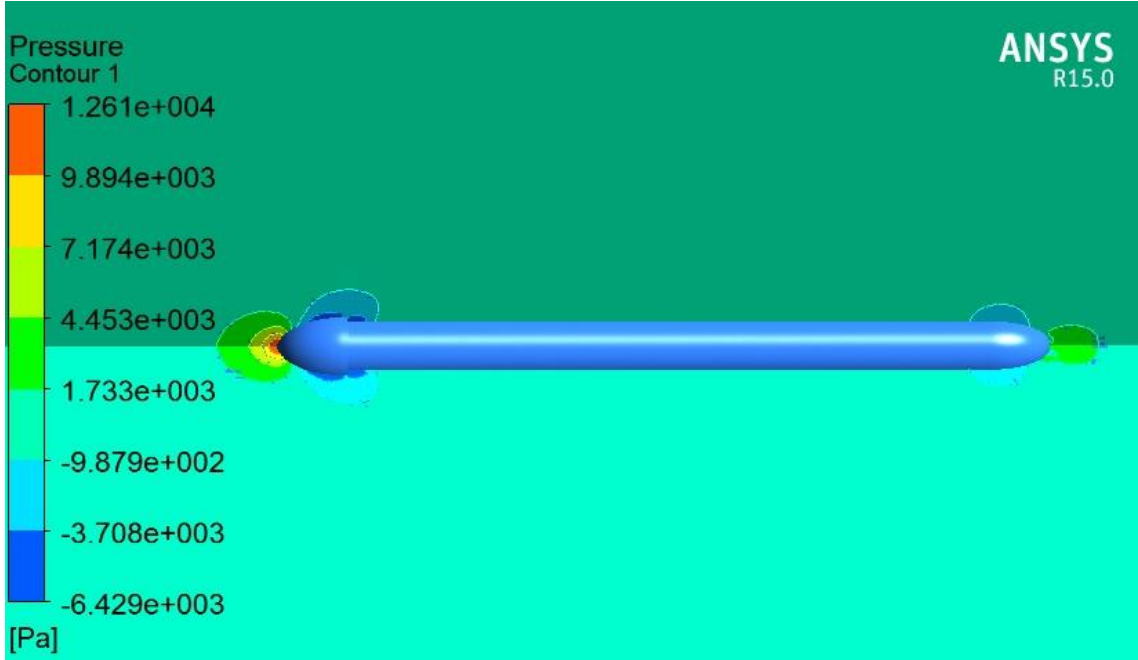
Şekil 132_ V=15 m/sn için hız değerleri değişimi



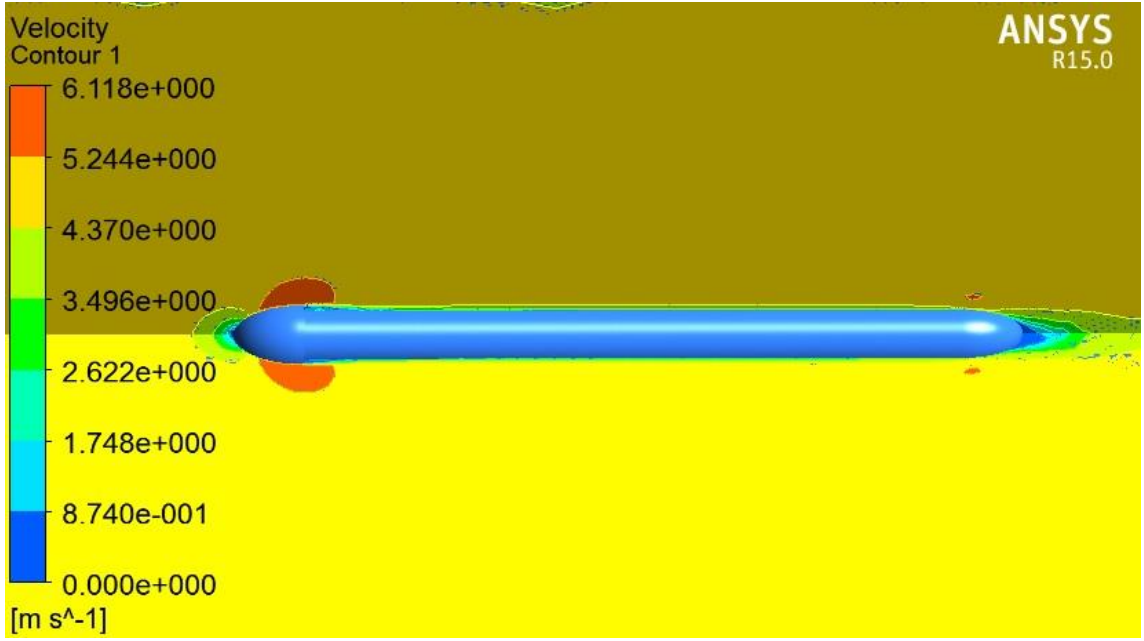
Şekil 133_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.9. Model_3.9.3-3.10.3-3.11.3 İçin Analiz Sonuçları

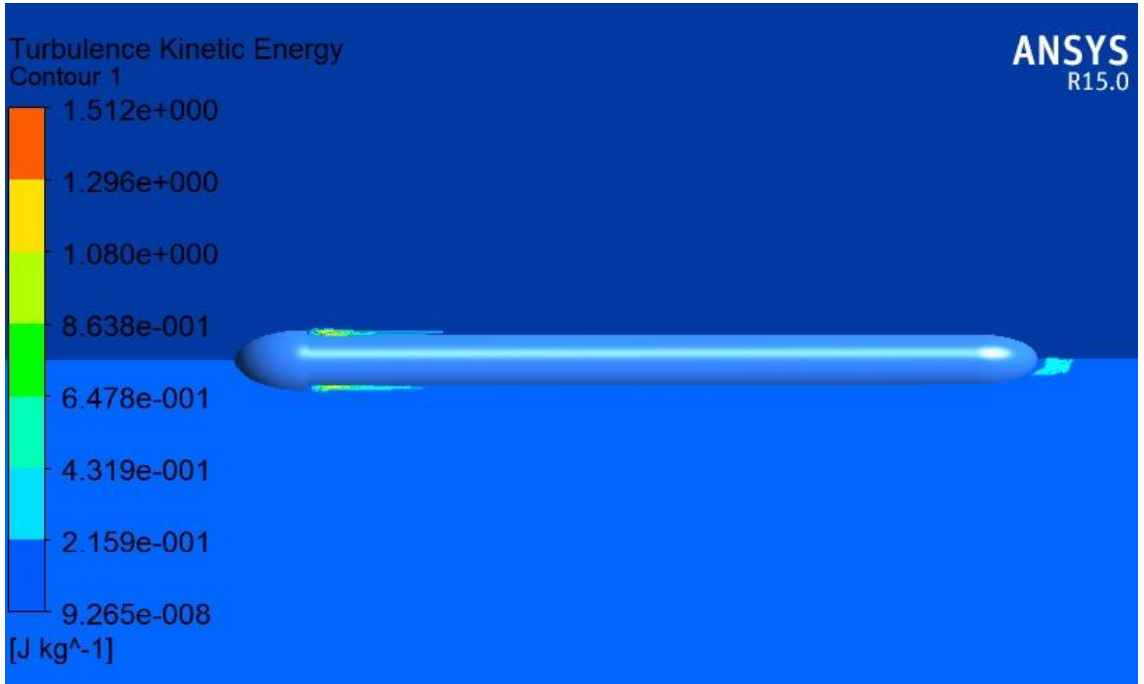
Model_9 'da, torpido ön kısmından 500 mm uzaklığa kadar D2=620 mm çapta başlıklı torpido modeli V=5-10-15 (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



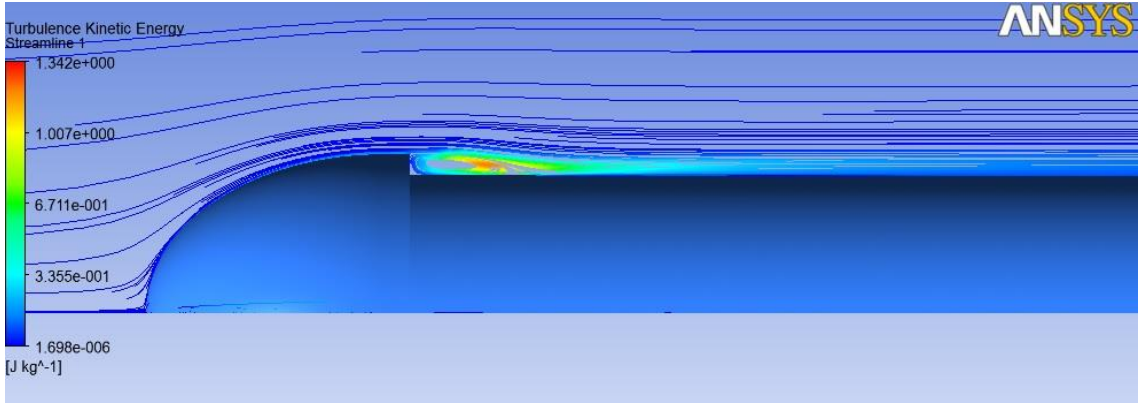
Şekil 134_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



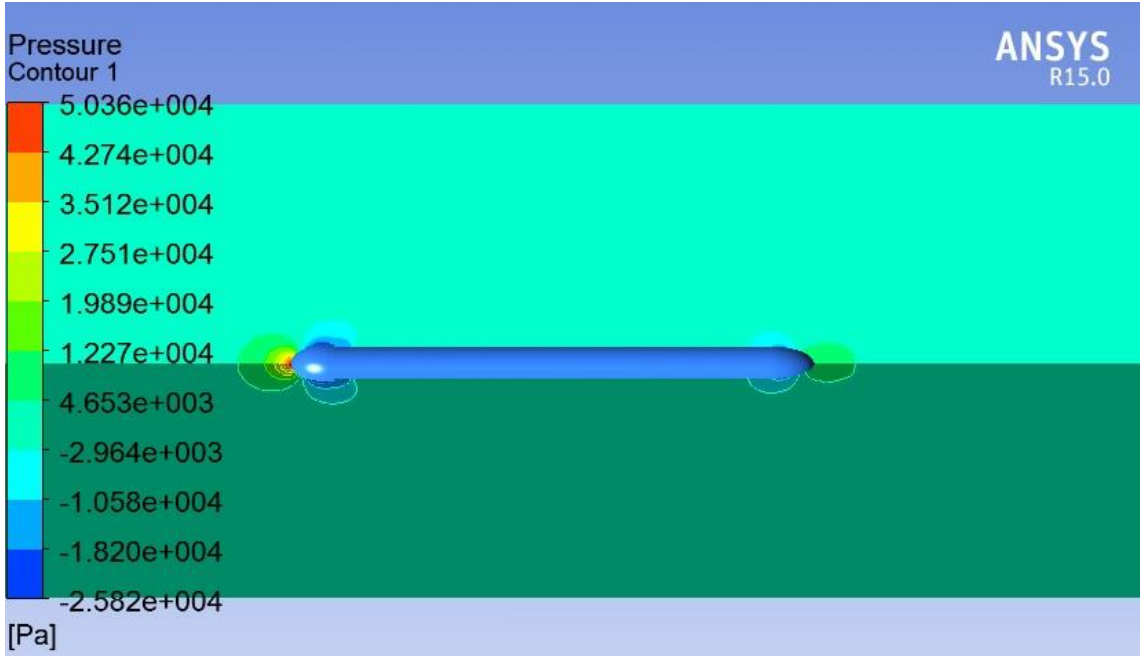
Şekil 135_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



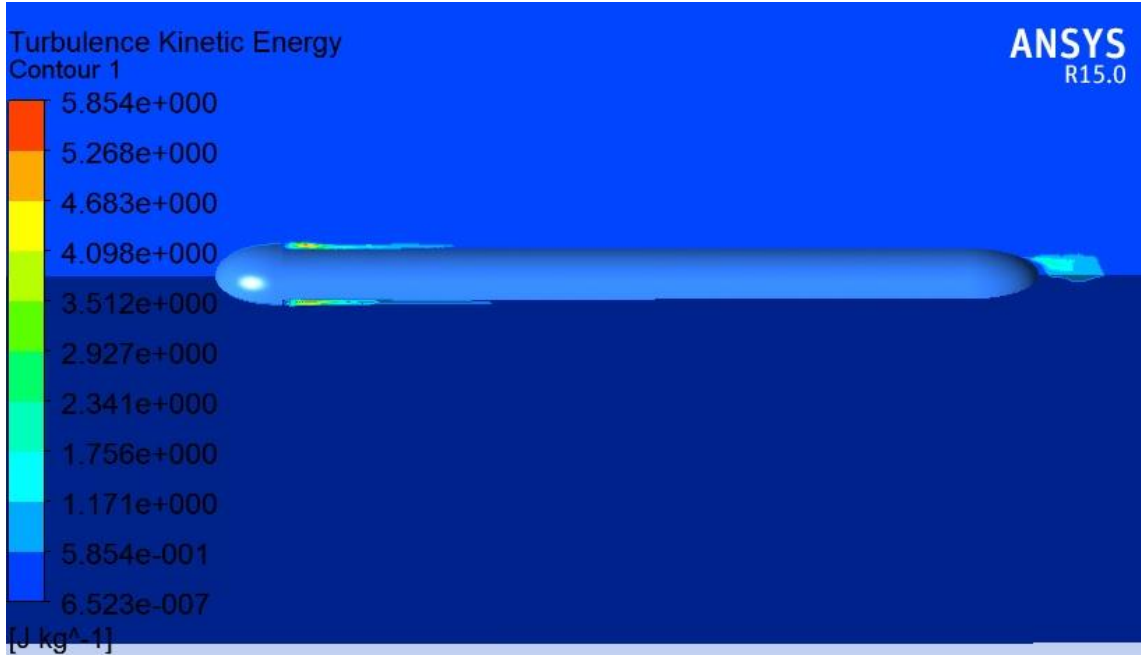
Şekil 136_ V= 5m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



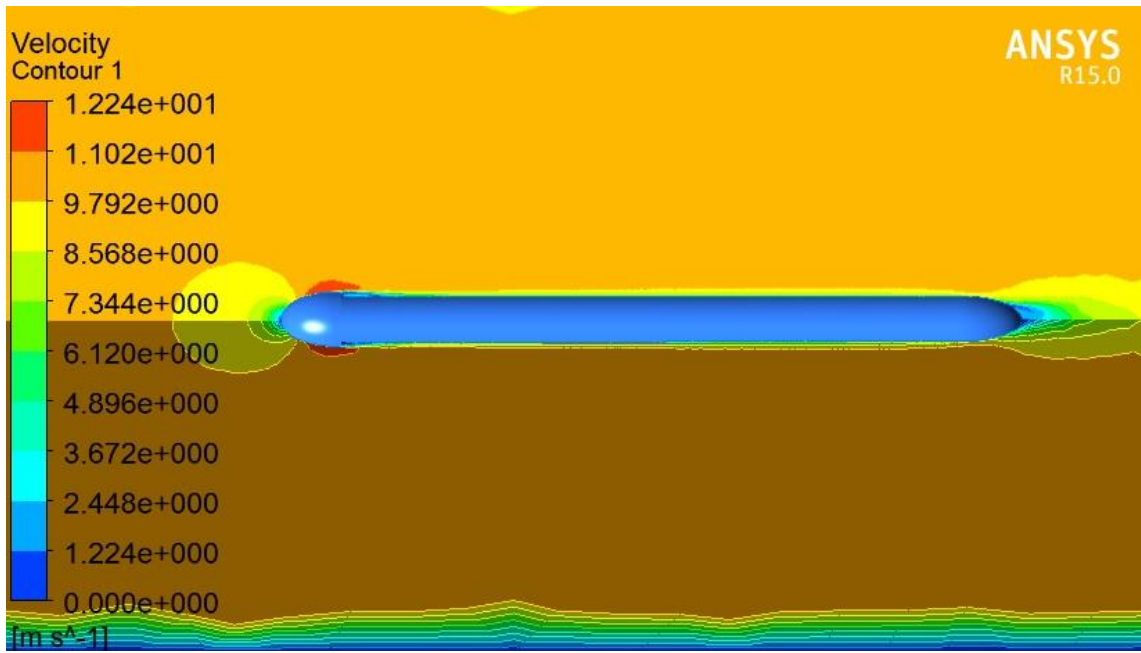
Şekil 137_ V=5 m/sn için step arkası oluşan türbülans oluşumu



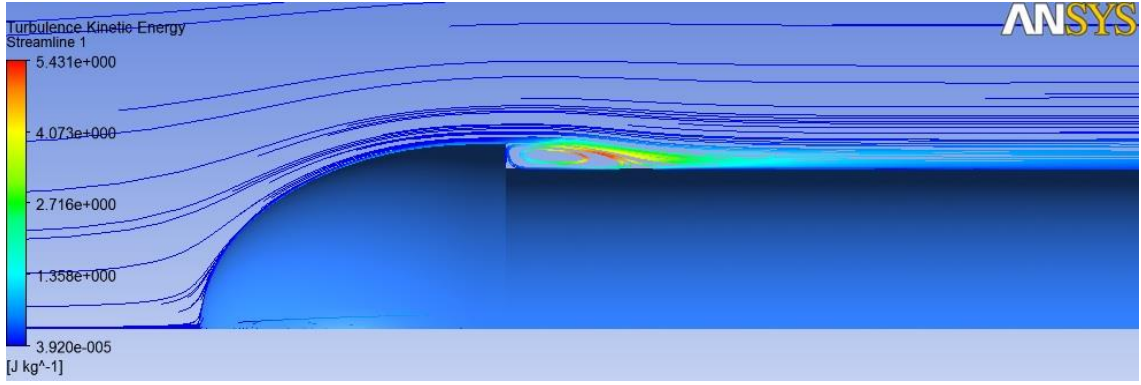
Şekil 138_ V=10 m/sn için basınç değerlerin değişimi



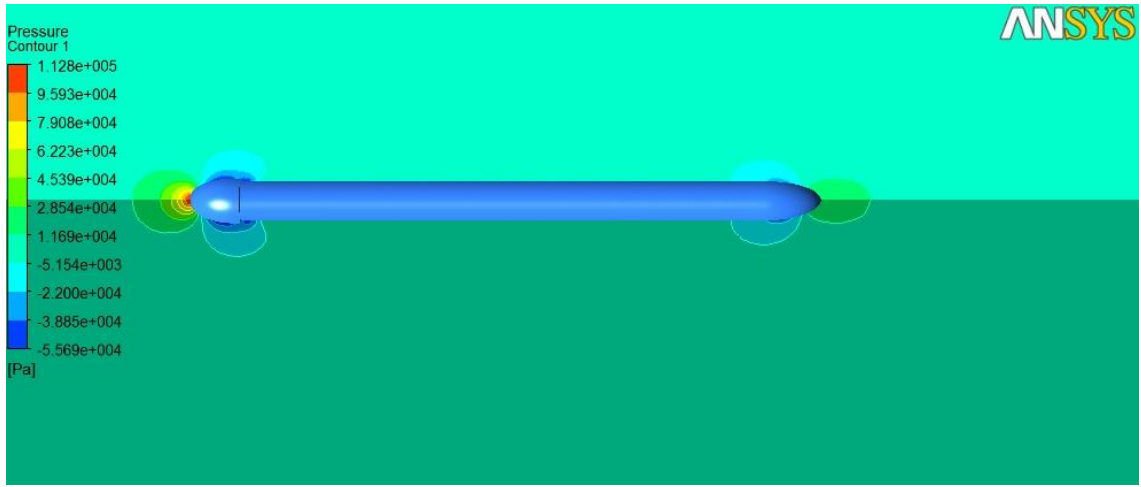
Şekil 139_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 140_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



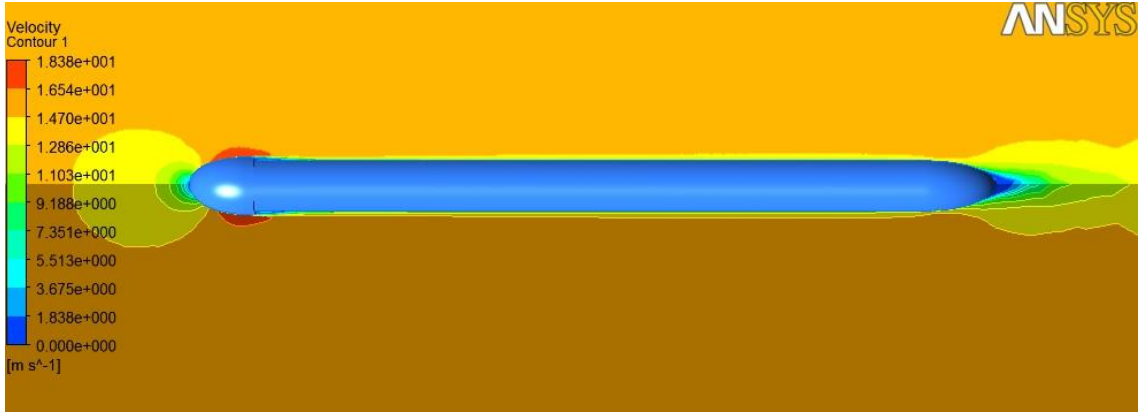
Şekil 141_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



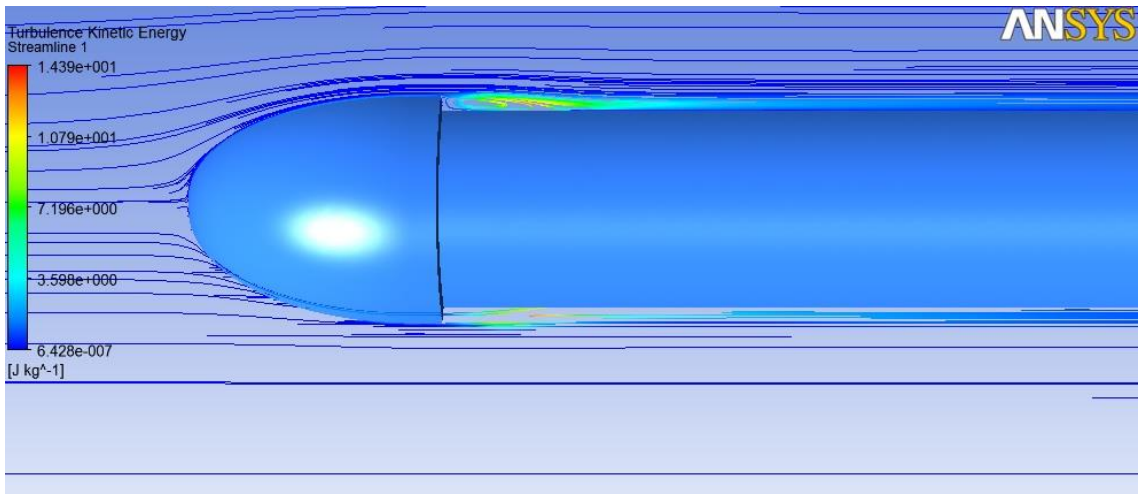
Şekil 142_ V= 15 m/sn için basınç değerlerin değişimi



Şekil 143_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



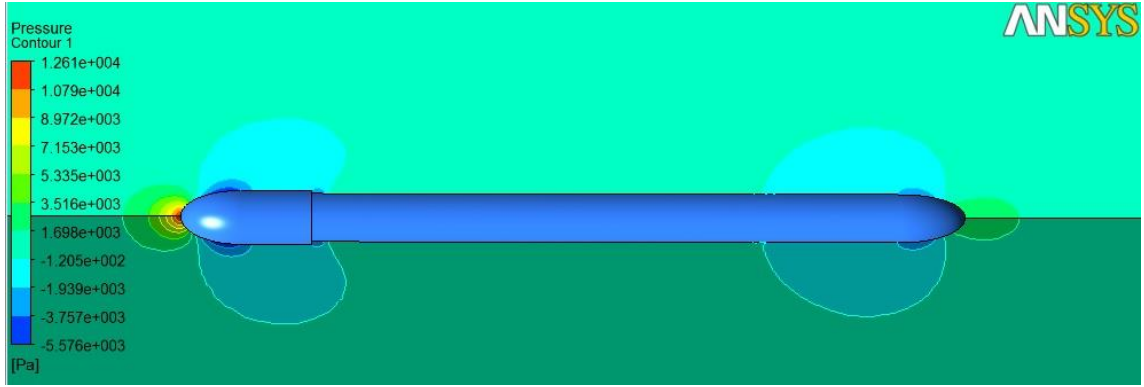
Şekil 144_ V= 15 m/sn için hız değerlerinin değişimi



Şekil 145_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.10. Model_4.13.1-4.14.1-4.15.1 İçin Analiz Sonuçları

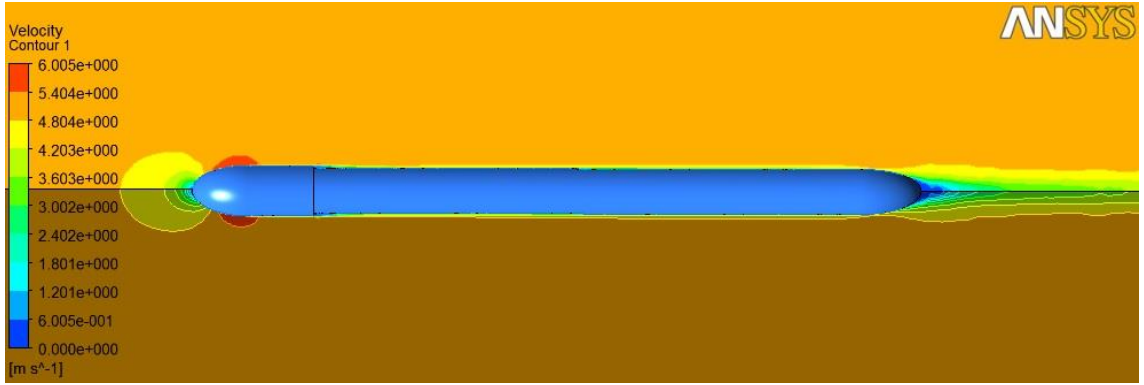
Model_10 'da, torpido ön kısmından 1000 mm uzaklığa kadar D2=580 mm çapta başlıklı torpido modeli V=5-10-15 (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



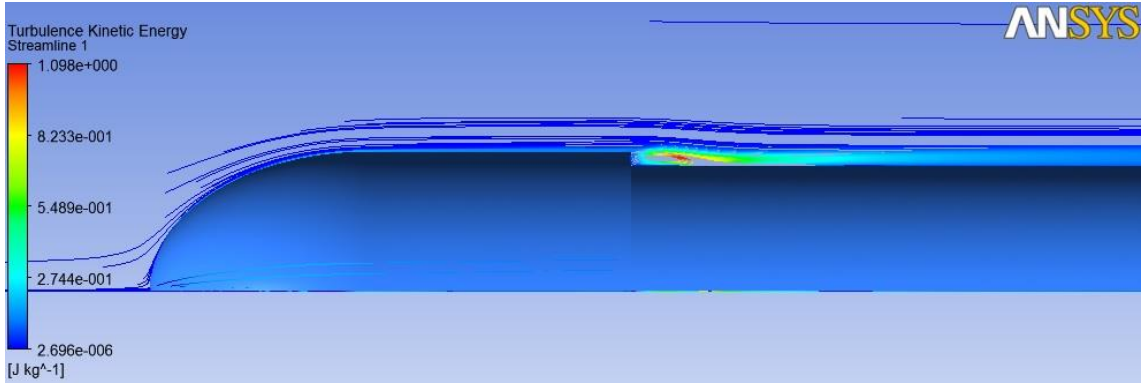
Şekil 146_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



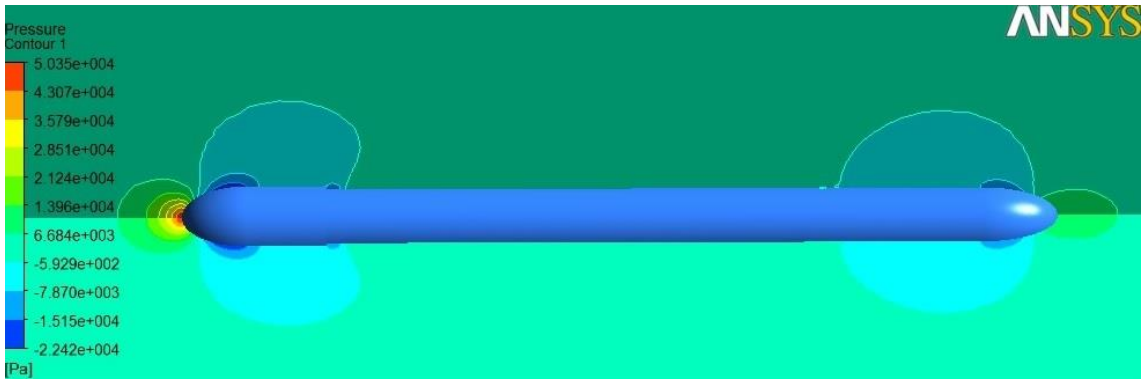
Şekil 147_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 148_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



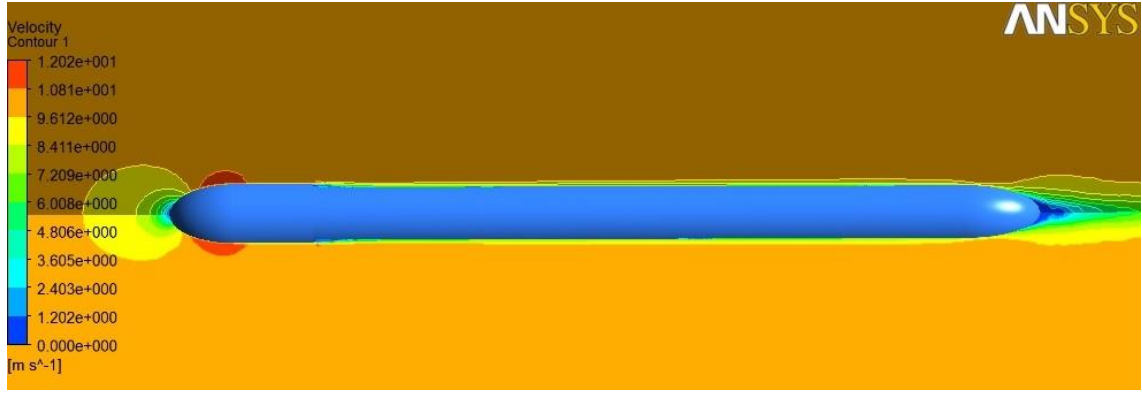
Şekil 149_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



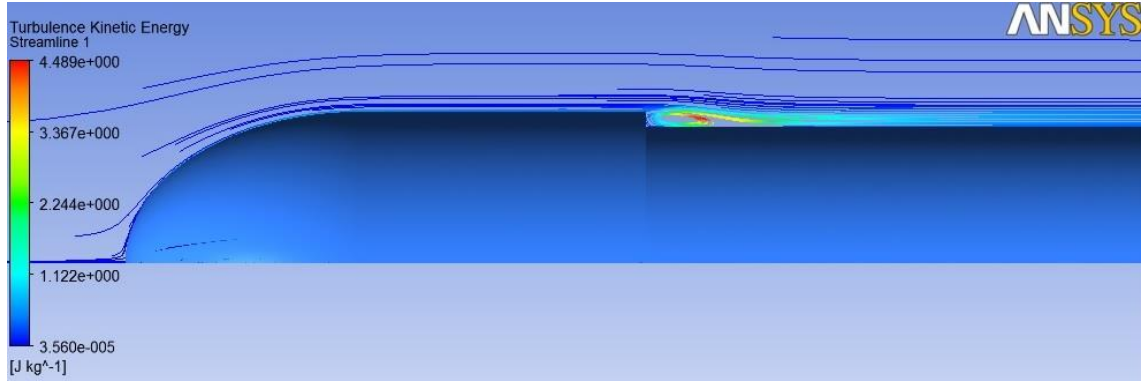
Şekil 150_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 151_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 152_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



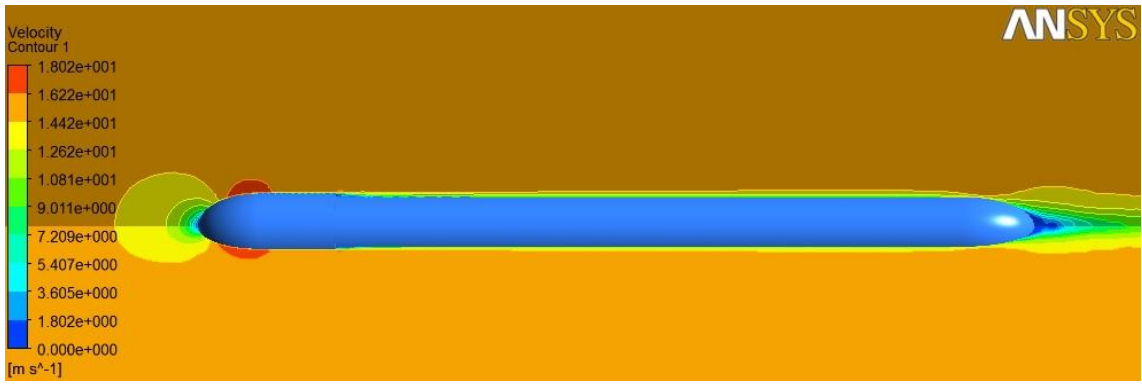
Şekil 153_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



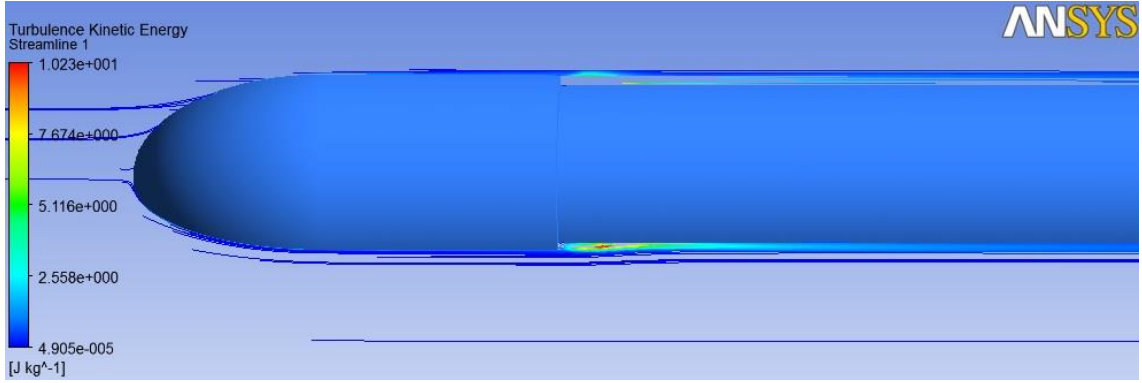
Şekil 154_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 155_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 156_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi

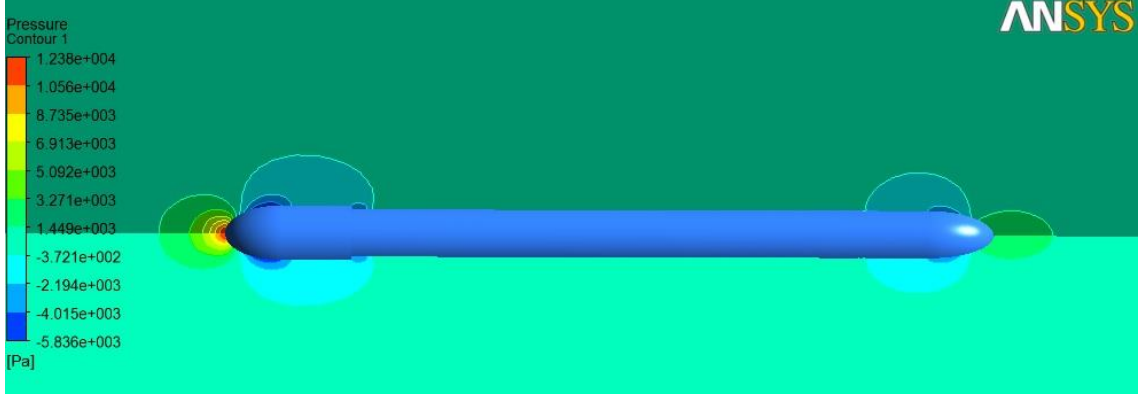


Şekil 157_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.11. Model_4.13.2-4.14.2-4.15.2 İçin Analiz Sonuçları

Model_11 'de, torpido ön kısmından 1000 mm uzaklığa kadar $D_2=600$ mm çapta başlıklı torpido modeli $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step

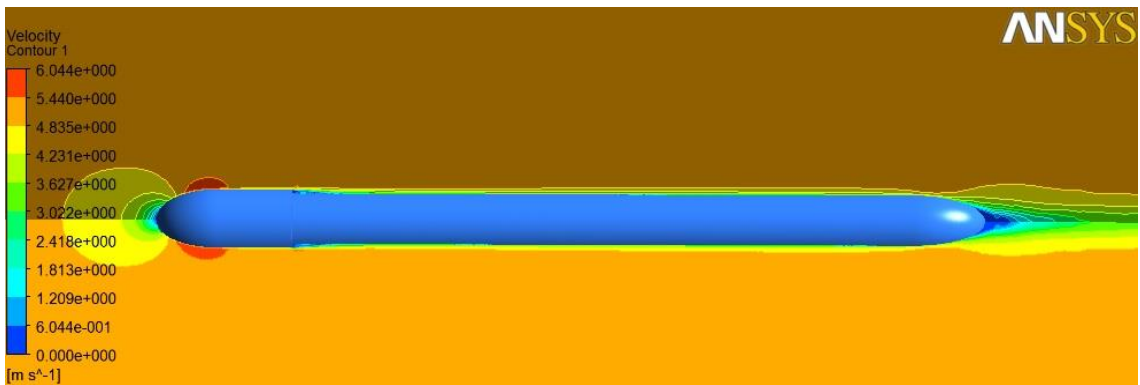
arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



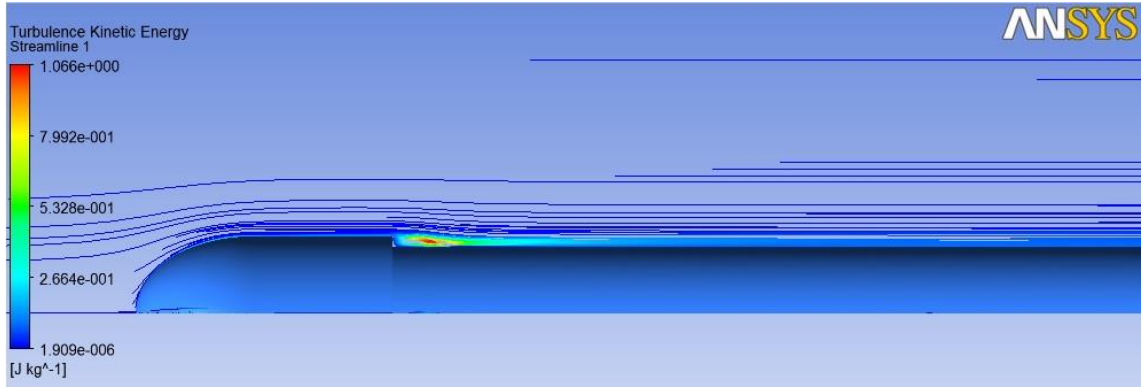
şekil 158_ V=5 m/sn için basınc değerlerinin değişimi



şekil 159_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



şekil 160_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



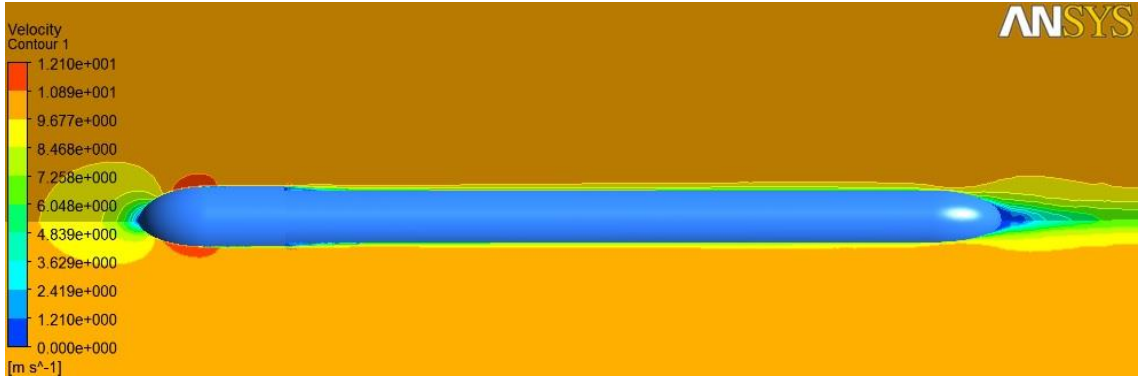
Şekil 161_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



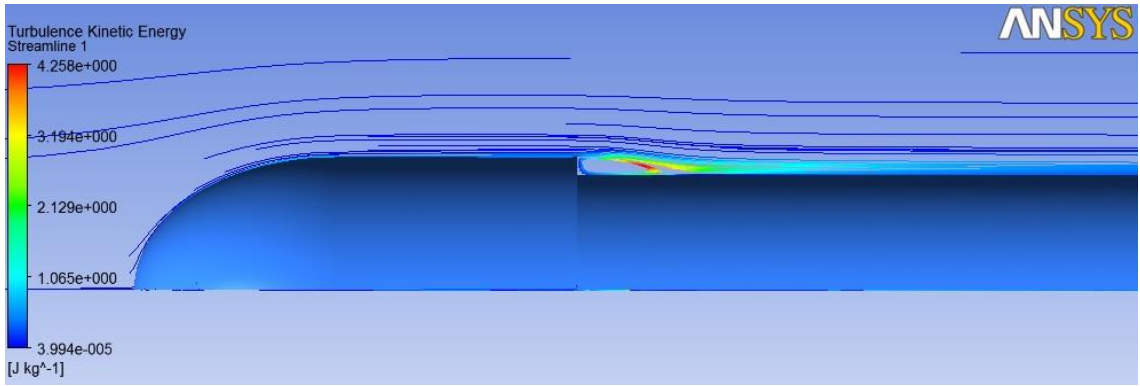
Şekil 162_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 163_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 164_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



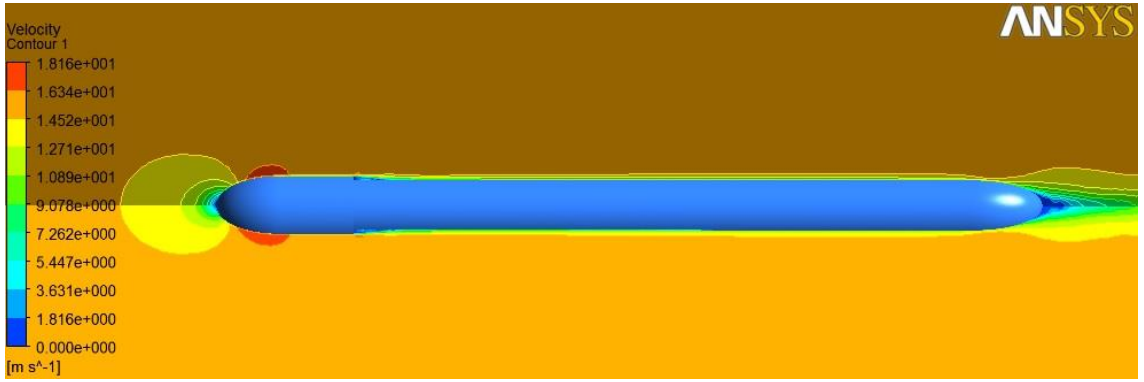
Şekil 165_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



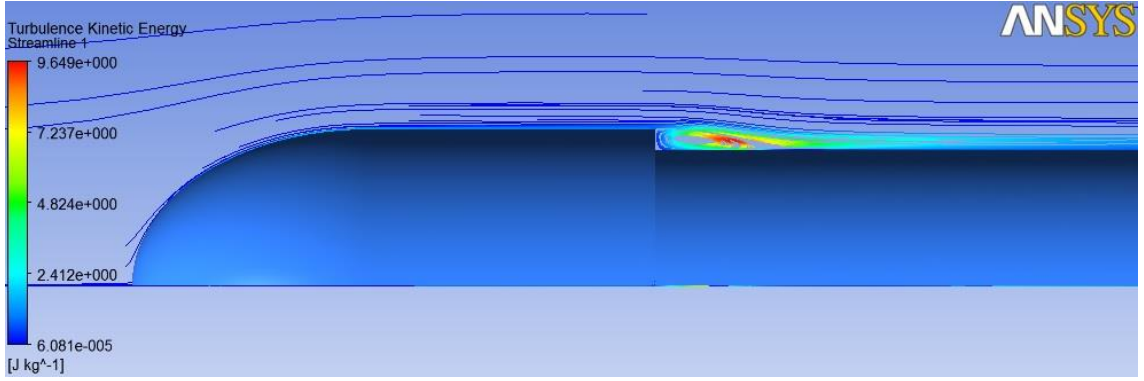
Şekil 166_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 167_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 168_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi



Şekil 169_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.12. Model_4.13.3-4.14.3-4.15.3 İçin Analiz Sonuçları

Model_12 'de, torpido ön kısmından 1000 mm uzaklığa kadar $D_2=620$ mm çapta başlıklı torpido modeli $V=5-10-15$ (m/sn) hızlar için elde edilmiştir. 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, ve step arkası oluşan türbülans oluşumunun torpido yüzeyi üzerindeki değişimlerini

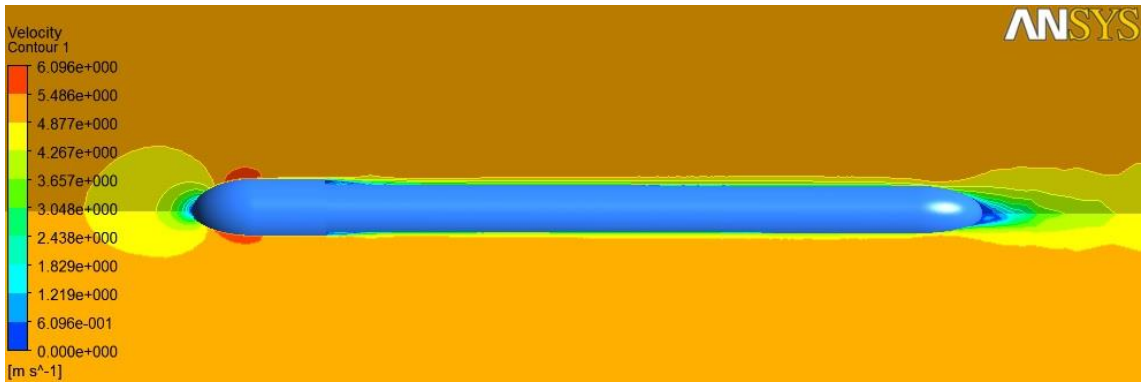
görebileceğimiz sonuçlar aşağıda sunulmuştur.



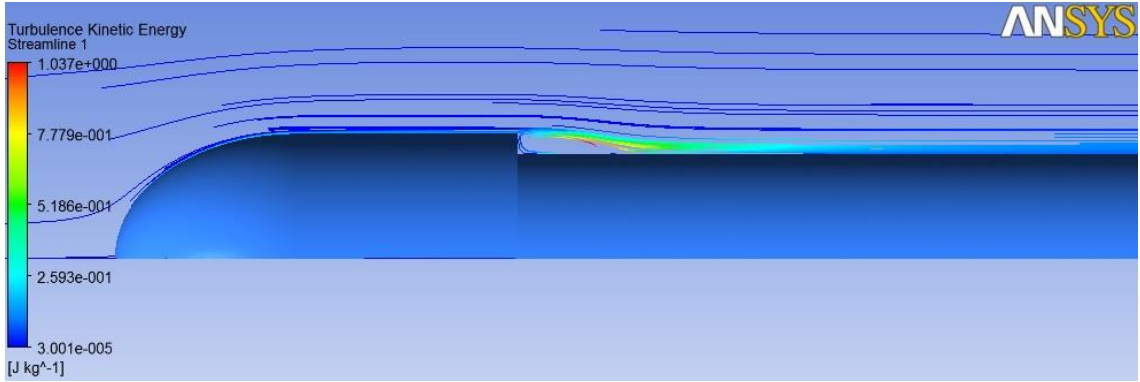
Şekil 170_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 171_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 172_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



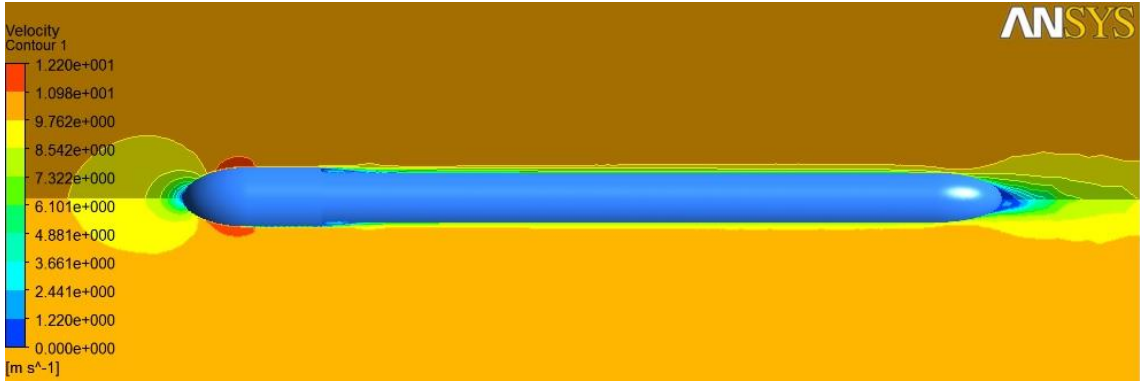
Şekil 173_ V=5 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



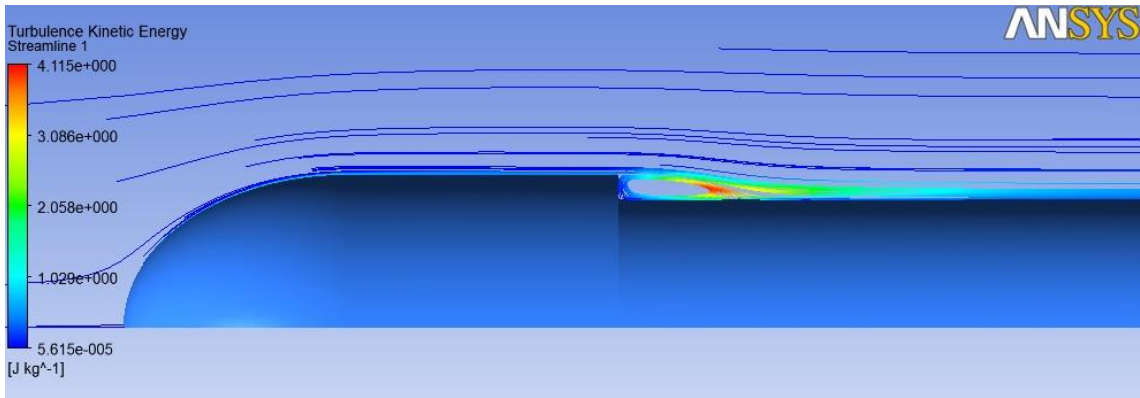
Şekil 174_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 175_ V=10 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 176_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



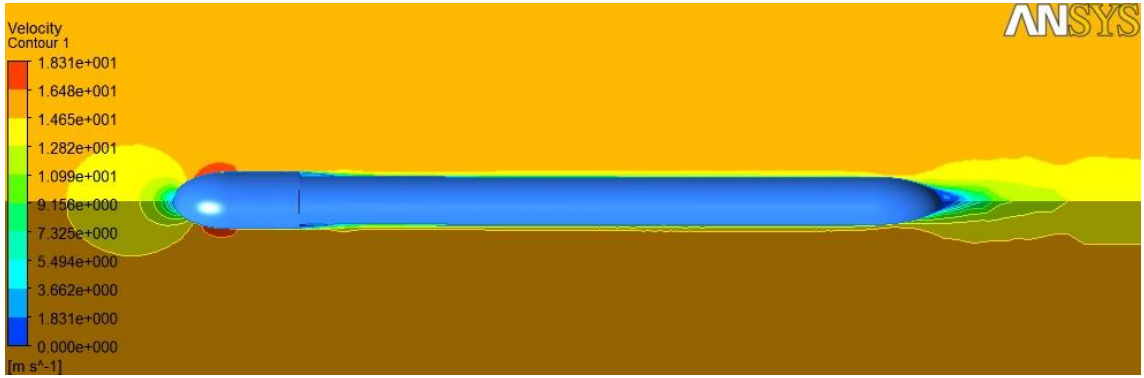
Şekil 177_ V=10 m/sn için step arkası türbülans oluşumu



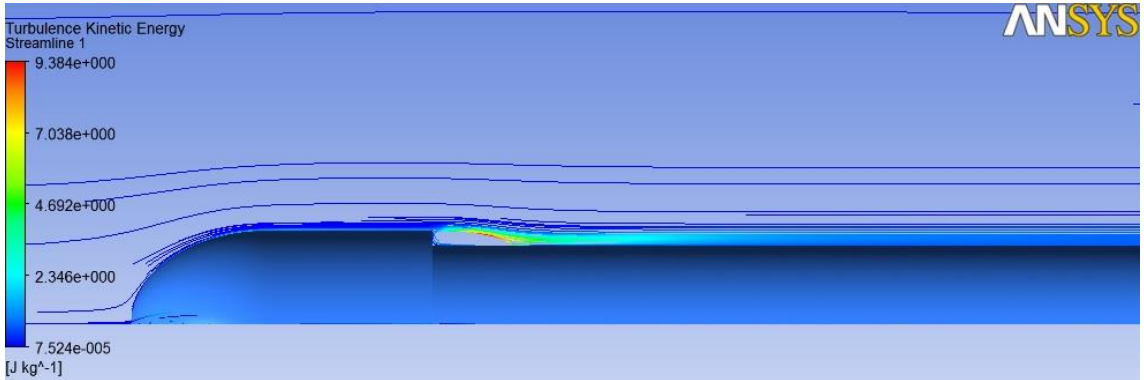
Şekil 178_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 179_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 180_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi



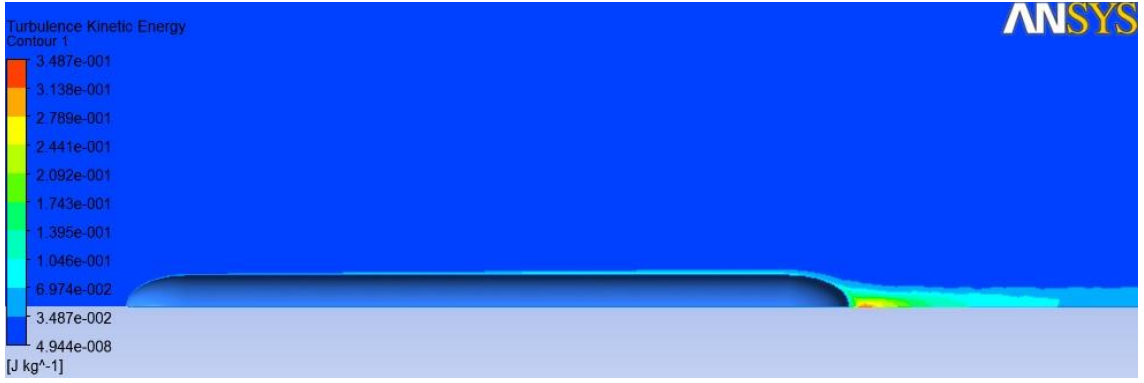
Şekil 181_ V=15 m/sn için step arkası türbülans oluşumu

9.13. Stepsiz Modelin Analiz Sonuçları

Stepsiz modelimizde V=5-10-15 (m/sn) için analizler yapılmış olup 1000 iterasyon sonucu elde edilen veriler ile basınç, türbülans kinetik enerji, hız, model üstünde akışı görebileceğimiz şekiller aşağıda sunulmuştur.



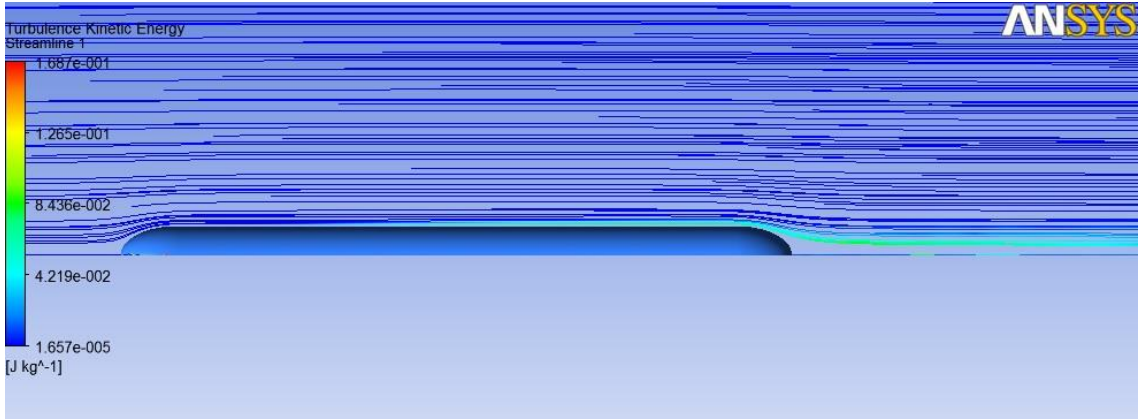
Şekil 182_ V=5 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



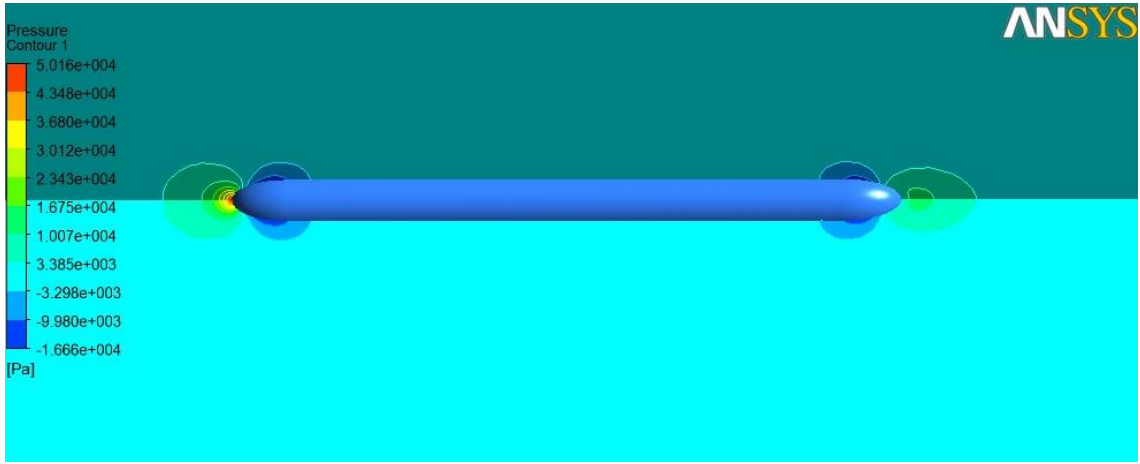
Şekil 183_ V=5 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



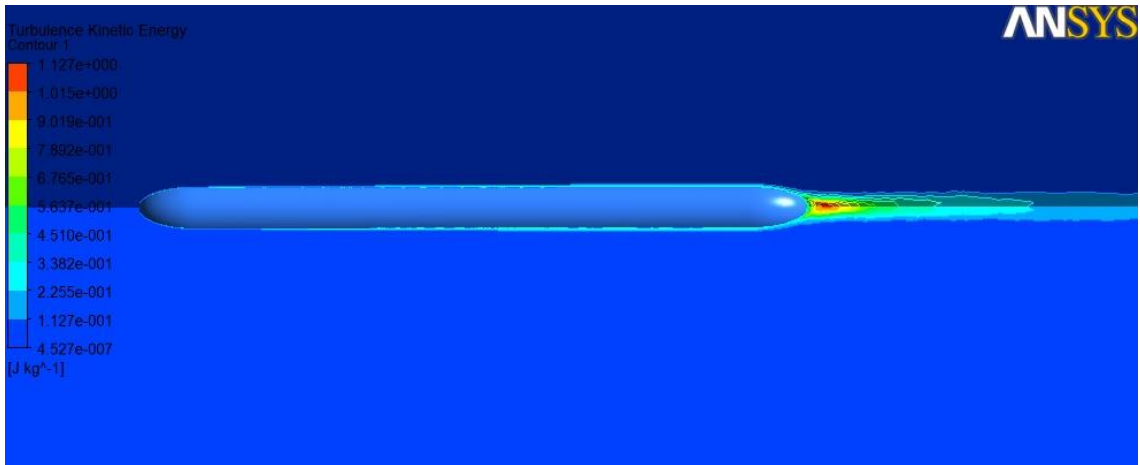
Şekil 184_ V=5 m/sn için hız değerlerinin değişimi



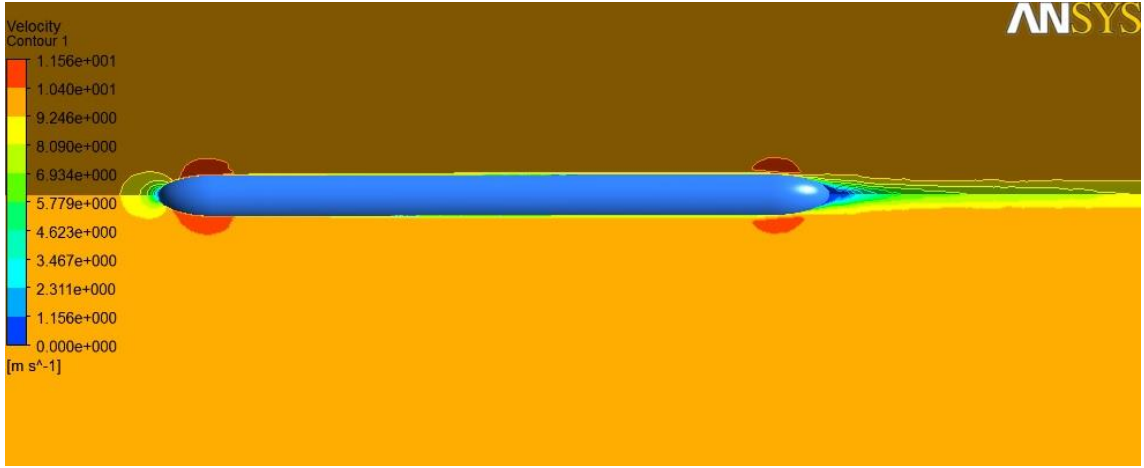
Şekil 185_ V=5 m/sn için torpido etrafı akışın görünümü



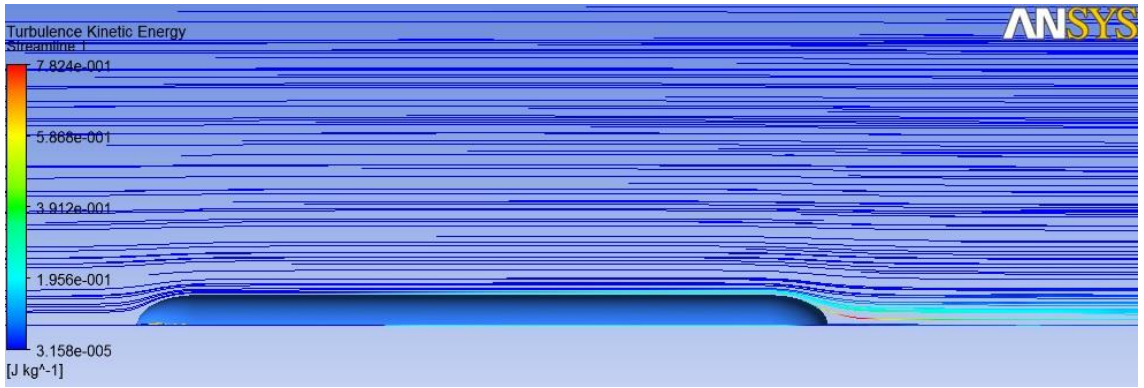
Şekil 186_ V=10 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



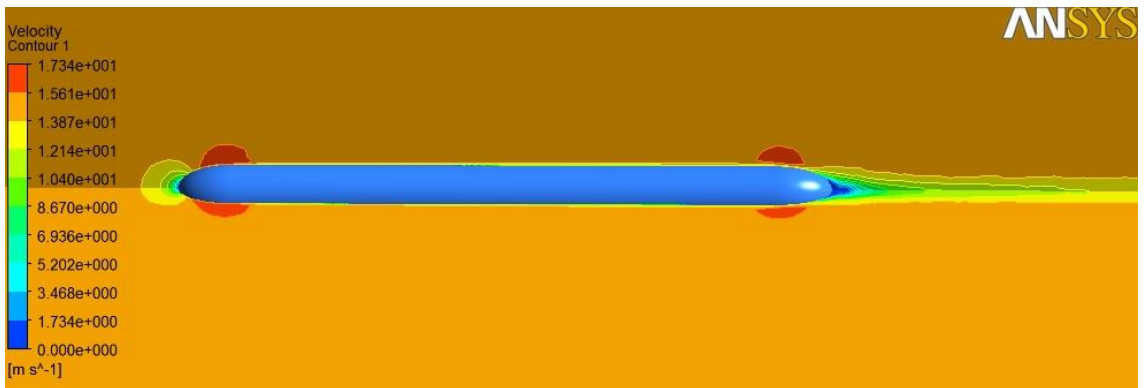
Şekil 187_ V= 10m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



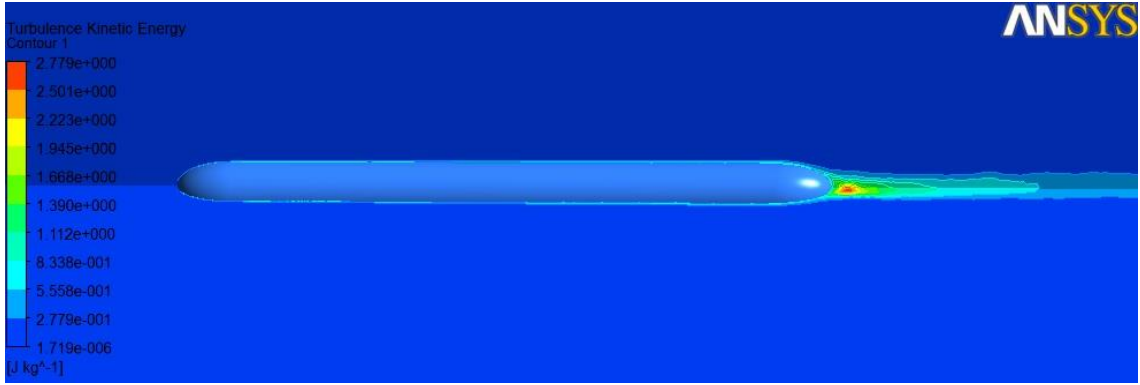
Şekil 188_ V=10 m/sn için hız değerlerinin değişimi



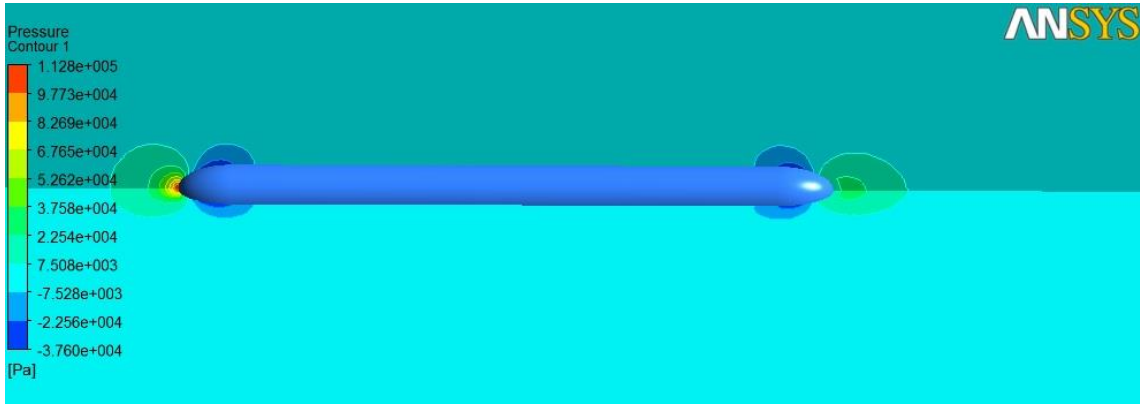
Şekil 189_ V= 10m/sn için torpido etrafı akışın görünümü



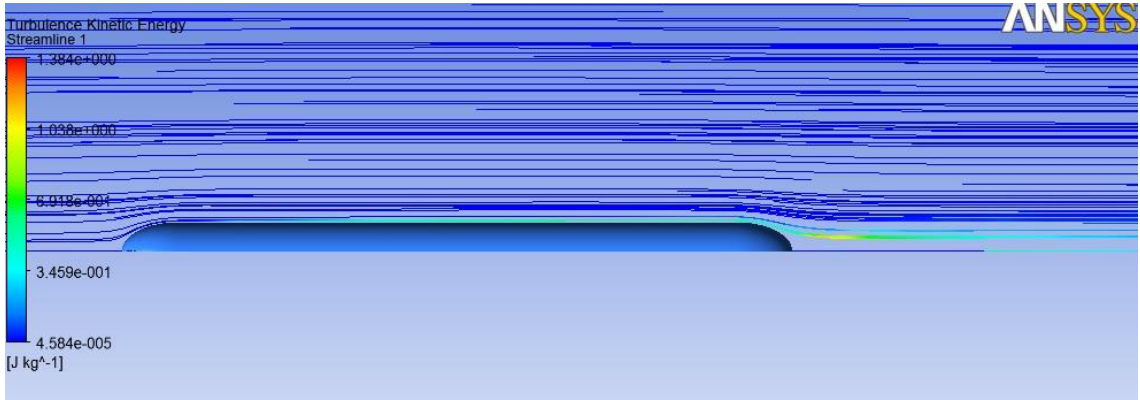
Şekil 190_ V=15 m/sn için hız değerlerinin değişimi



Şekil 191_ V=15 m/sn için türbülans kinetik enerji değerlerinin değişimi



Şekil 192_ V=15 m/sn için basınç değerlerinin değişimi



Şekil 193_ V=15 m/sn için torpido etrafı akışın görünümü

KAYNAKLAR

- [1] **Baker C.** Estimating Drag Forces on submarine Hulls. - Contract Report, Defence R&D Canada, University of New Brunswick, 2004.
- [2] **Frits Andrew P.** Formulation of an integrated robust design and tactics optimization process for undersea weapon systems. - Phd thesis, School of Aerospace Engineering Georgia Institute of Technology , 2004, ABD
- [3] **Ivanell S.** Hydrodynamic Simulation of a torpedo with pump jet propulsion system. Master Thesis, Kungl Tekniska Högskolan/ SAAB Bofors Underwater Systems AB, 2001, Stockholm.
- [4] **Bayraktar S., Sürer S., Özdemir Y. H., Yılmaz T.** Computational Flow Analysis of a Submarine , 1. International Scientific Conference on Engineering "Manufacturing and Advanced Technologies", 2010, Bosna Hersek.
- [5] **Specialist Committee ITTC** ITTC - Recommended Procedures and Guidelines / Practical Guidelines for Ship CFD Applications - ITTC Specialist Committee. - 2011.
- [6] **Yılmaz Ö.** Gemi Etrafındaki Akışın Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi ,Yüksek Lisans Tezi, 2009, Trabzon KTÜ, (Danışman: Doç. Dr. Ercan Köse).
- [7] **Kılıç Z.** Çift Kanatlı Taşıyıcı Sistemlerin Aerodinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, 2012, İstanbul İTÜ (Danışman: Prof. Dr. M. Adil. Yükselen)