



Analiz Raporu

Çoklu Kanatçık Analiz Raporu

22.02.2021

Halit Yusuf Genç
İ.T.Ü. PARS Roket Grubu, Aerodinamik Bölümü

Terminoloji

I. Giriş

II. Openrocket Analizleri

- A. Arka Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi
- B. Motor İlavesiz Ön Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi
- C. Motor İlaveli Ön Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi
- D. Sonraki Aşama İçin Belirlenenler

III. Solidworks Tasarımları

- Referans Roketi Solidworks Tasarımı
- Multistage Roket 1-C Solidworks Tasarımı
- Multistage Roket 1-C Solidworks (45 Derece Döndürülmüş) Tasarımı
- Referans Roketi (Ters Kanatçıklı) Solidworks Tasarımı

IV. Ansys Analizleri

- a. Referans Roketi Ansys Analizi
- b. Multistage Roket 1-C Ansys Analizi
- c. Multistage Roket 1-C (45 Derece Döndürülmüş) Ansys Analizi
- d. Referans Roketi (Ters Kanatçıklı) Ansys Analizi

V. Sonuçlar Ve Analizlerin Yorumlanması

- Lift ve Drag Grafikleri
- Pressure ve Velocity Contours (Basınç ve Hız Kontürleri)

1) Giriş

Bu raporda; roketçilik sektöründe artık standart hale gelmiş, pratikliğinden ve çeşitli avantajlarından dolayı tercih edilen, alt gövdeye dört adet eş boyutlarda kanatçık bağlanması şeklinde tasarlanan klasik roket tasarımlarının dışına çıkılıp; daha fazla sayıda, standart kanatçıklardan daha farklı yerlere konumlandırılmış ek kanatçıkların genel akışa ve uçuşa etkisi incelenmiş, Openrocket ve Ansys uygulamaları üzerinden elde edilen analizlerle de bu incelemeler temellendirilerek paylaşılmıştır.

2) Openrocket Analizleri

İlk aşamada, karşılaştırılmak istenen muhtemel roket tasarımlarının ön analizleri Openrocket programı üzerinden test edilmiş ve testlerden şayet başarılı sonuçlar elde edilirse, sebepleri belirtildikten sonra başarılı analiz sonucu veren tasarımlardan hangilerinin incelenme sürecinin ileri aşamalara götürülmek istendiği seçilmiş ve seçilen tasarımlar ile sonraki aşamalara ilerlenerek raporlama işlemlerine devam edilmiştir.

Openrocket programı üzerinden yapılan ön analizlerde roket tasarımları 3 temel sınıfta ayrılarak incelenmiştir:

- A. Arka Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi
- B. Motor İlavesiz Ön Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi
- C. Motor İlaveli Ön Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi

Openrocket testlerinden geçebilmesi için tasarımların sağlaması gereken temel koşullar ise şu şekilde listelenmiştir:

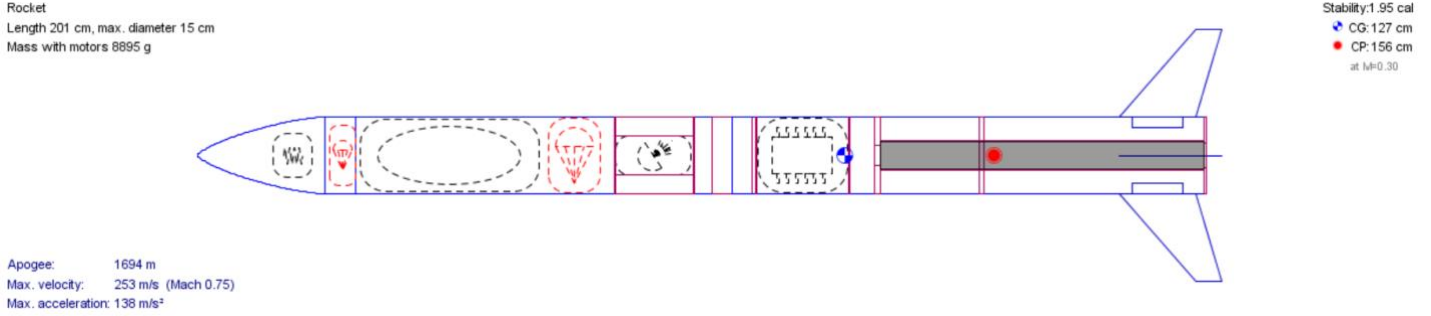
- 1 kg faydalı yük 1500-2000 metre irtifaya kadar çıkarılabilmeli.
- Ortalama rüzgar hızı 2 m/s olmalı.
- Fırlatma rampası 3 metre ve fırlatılma açısı 5 derece olmalı.
- Minimum rampa çıkış hızı 20 m/s olmalı.
- Uçuş esnasında stabilite değeri 1.5-3 cal aralığından çıkmamalı.
- Kullanılacak malzemelerin özellikleri de şu şekilde belirtilmiştir:

 Payload yüksekliği 350 mm, çap 143 mm.
 Ana Paraşüt yüksekliği 100 mm, çap 146 mm, ağırlık 500 g.
 Drogue Paraşüt yüksekliği 50 mm, ağırlık 100 g.
 Aviyonik Kutusu yüksekliği 150 mm, çap 75 mm, ağırlık 600 g.

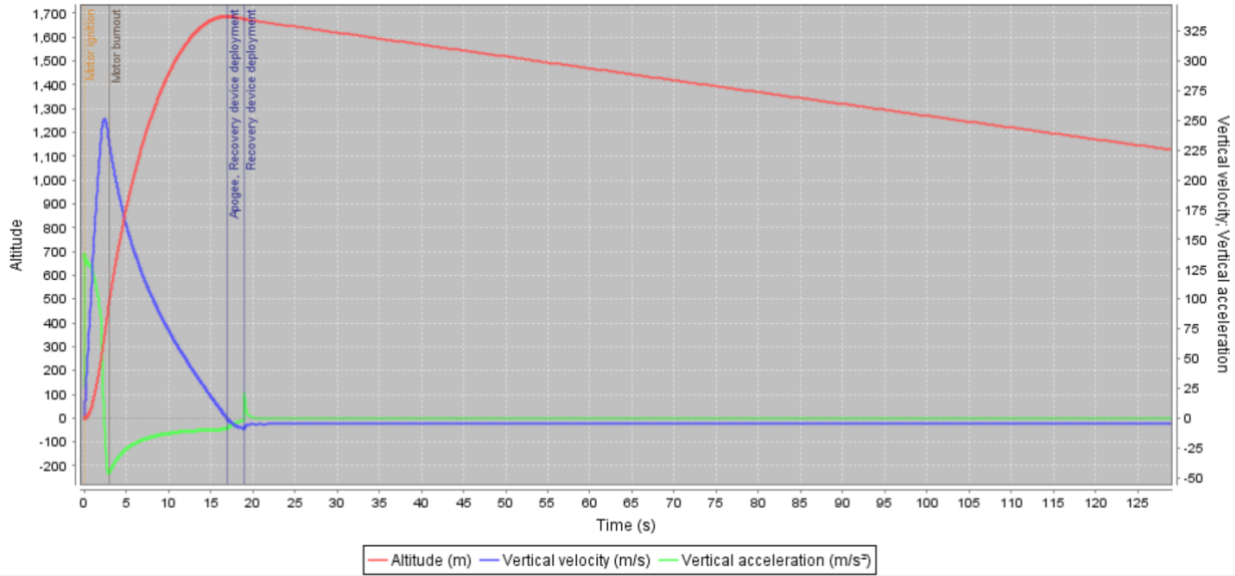
A. Arka Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi

Bu maddede kullanılan roket tasarımlarında standart roket yapısına ilave olarak 4 adet kanatçık eklenmiş ve bütün kullanılan kanatçıkların şekilleri gerekli şartları, özellikle de uçuş süresince gerekli stabiliteyi sağlayabileceği şekilde tasarlanmıştır.

Kıyaslamalarda referans aldığımız ek kanatçiksız roket tasarımımız ve uçuş simülasyonları ise aşağıdaki gibidir:

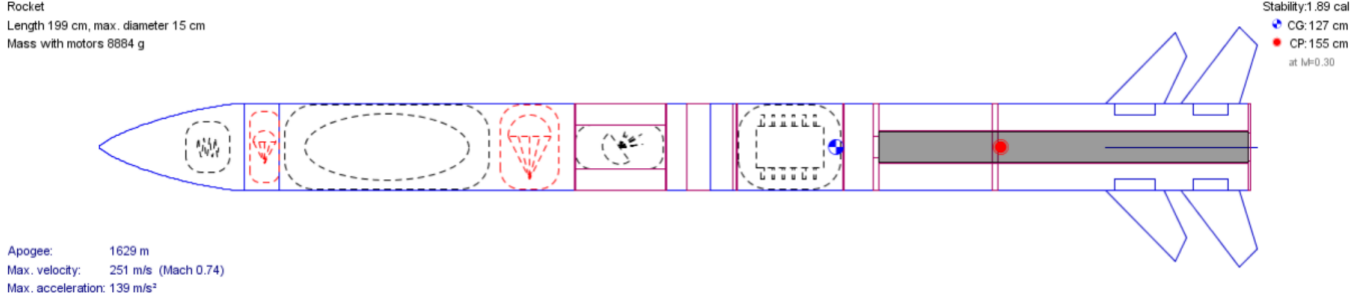


Referans Roket Tasarımı Ve Uçuş Simülasyonu

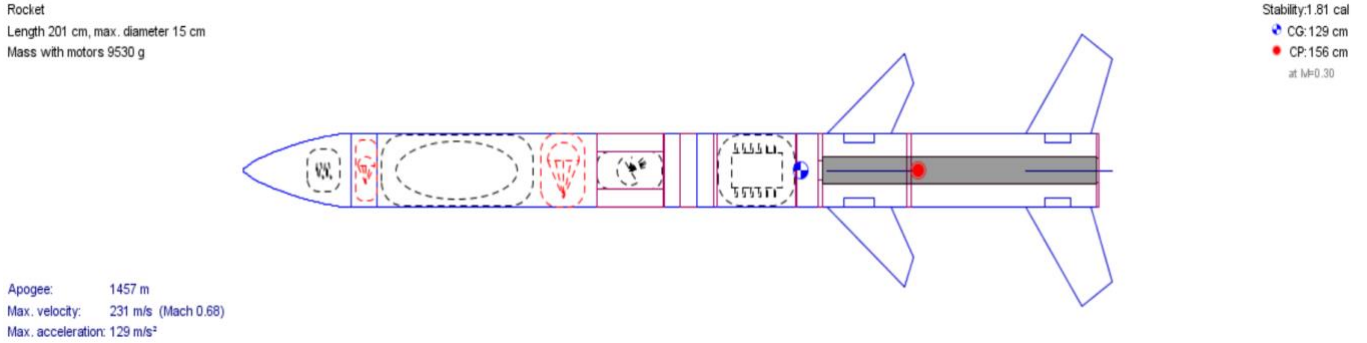


İlk olarak yapılan tasarım denemelerinde standart sayılan halihazırdaki 4 kanatçık sayısına ek olarak alt gövdeye montajlanması suretiyle ayrı ayrı denemelerle 2 ve 3 ek kanatçık farklı konumlarda eklenerek çeşitli testlere tabi tutulmuş ancak yapılan bu testler sonucunda roketin uçuş sırasında stabil bir uçuş sağlayamadığı gözlemlenmiştir. Sonrasında devam edilen yeni tasarım denemelerinde düzgün ve stabil bir uçuşun, ilave olarak eklenecek 4 adet ek kanatçık ile en yüksek verimde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun temel sebebi olarak ise farklı sayıdaki kanatçıkların dizilimlerinin farklı geometrilere sahip olması ve dolayısıyla önde bulunan kanatçıkların arkada bulunan kanatçıklara uygun olmayan, kuvvetlerin dengesiz dağılmasına sebebiyet verecek şekillerde hava akımları yönelteceği tezi tarafımızca öne sürülmüştür.

Daha sonraki A maddesinin deneme testleri ise eklenecek kanatçıkların arka roket gövdesinin, arka kısmına mı, yoksa ön kısmına mı eklenmesinin daha verimli sonuç vereceğini görmek için yapıldı. 4 farklı test roketi tasarımı oluşturuldu. Birinci ve ikinci roketlerde kanatçıklar birbirine yakın yüzey alanlarına sahip olacak şekilde ve birinci rokette arka kısma yakın, ikinci rokette ise gövdenin ön kısmına yakın olacak şekilde tasarlandı.

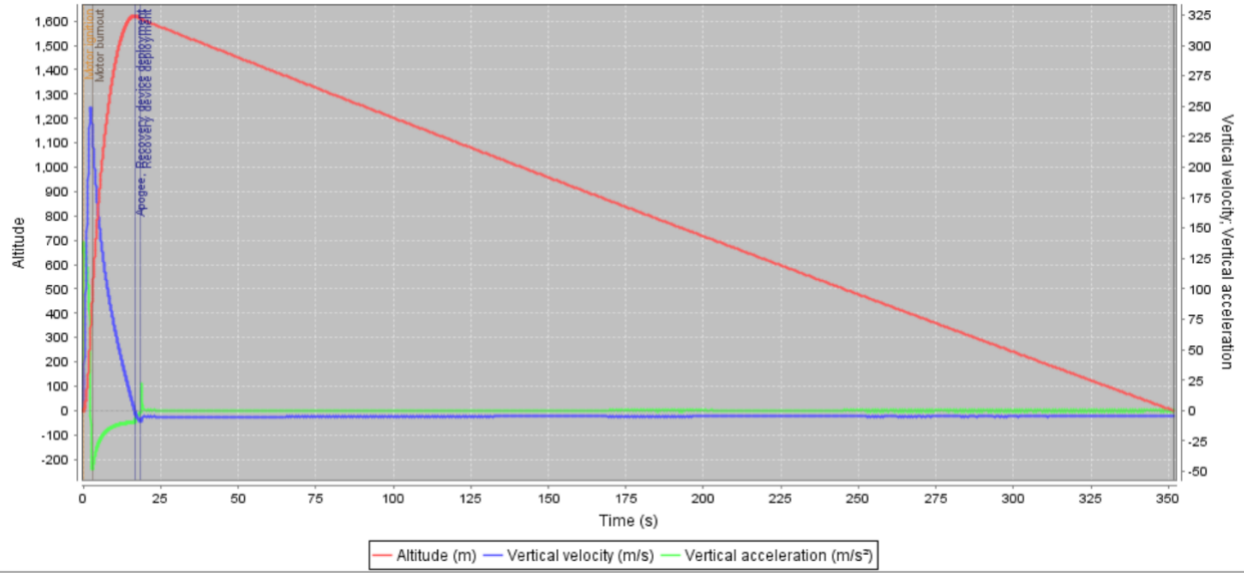


Roket-1

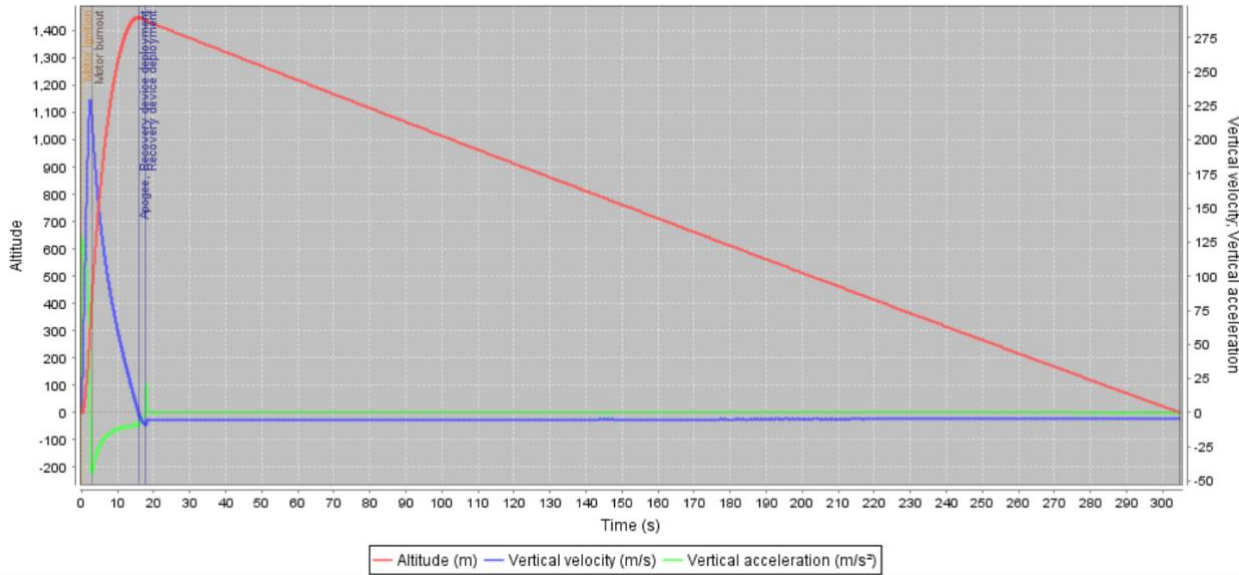


Roket-2

İlk iki deneme roketinin stabilite uçmaları boyunca 1.5 - 3 cal arasında sorunsuz sonuç vermiş olmakla beraber kanatçıklar arka kısımdan ön kısma doğru taşındıkça stabilitenin ve ulaşılması beklenen maksimum yüksekliğin de ciddi miktarda düştüğü gözlemlenmiştir. Kanatçıkları öne taşımak stabiliteyi düşürdüğü için bunu dengelemek amacıyla kanatçıkların boyutlarının daha da büyütülmesi gerekmektedir. Büyüyen kanatçıklar da alüminyumdan yapıldığı için roketin net ağırlığı, yapılan değişimlerden sonra yaklaşık 700 g artmıştır. Stabilite uğruna gerçekleşen bu kütle artışı sonucunda maksimum yüksekliği yaklaşık 170 m civarında düşmüş ve yine benzer şekilde ulaşılacak tahmini maksimum hız ve ivmede de benzer düşüşler yaşanmıştır.



Roket-1 Uçuş Simülasyonu

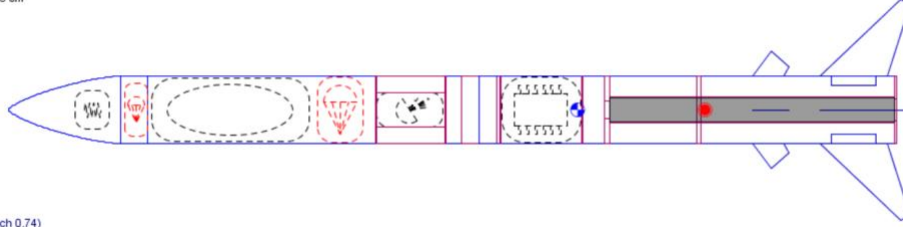


Roket-2 Uçuş Simülasyonu

Birbirine yakın yüzey alanına sahip roketlerde elde edilen sonuçların ardından, yüzey alanları birbirinden uzak yani 4 adet büyük, 4 adet küçük kanatçık taşıyan 3. ve 4. roketler de benzer testlere ve simülasyonlara tabi tutuldu.

Rocket
Length 201 cm, max. diameter 15 cm
Mass with motors 8896 g

Stability: 1.89 cal
CG: 127 cm
CP: 155 cm
at M=0.30

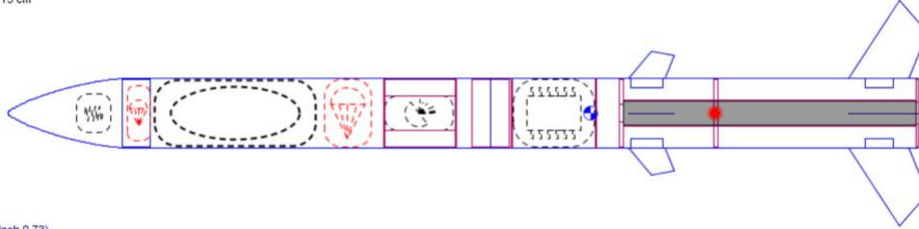


Apogee: 1659 m
Max. velocity: 252 m/s (Mach 0.74)
Max. acceleration: 138 m/s²

Roket-3

Rocket
Length 200 cm, max. diameter 15 cm
Mass with motors 8896 g

Stability: 1.8 cal
CG: 127 cm
CP: 154 cm
at M=0.30



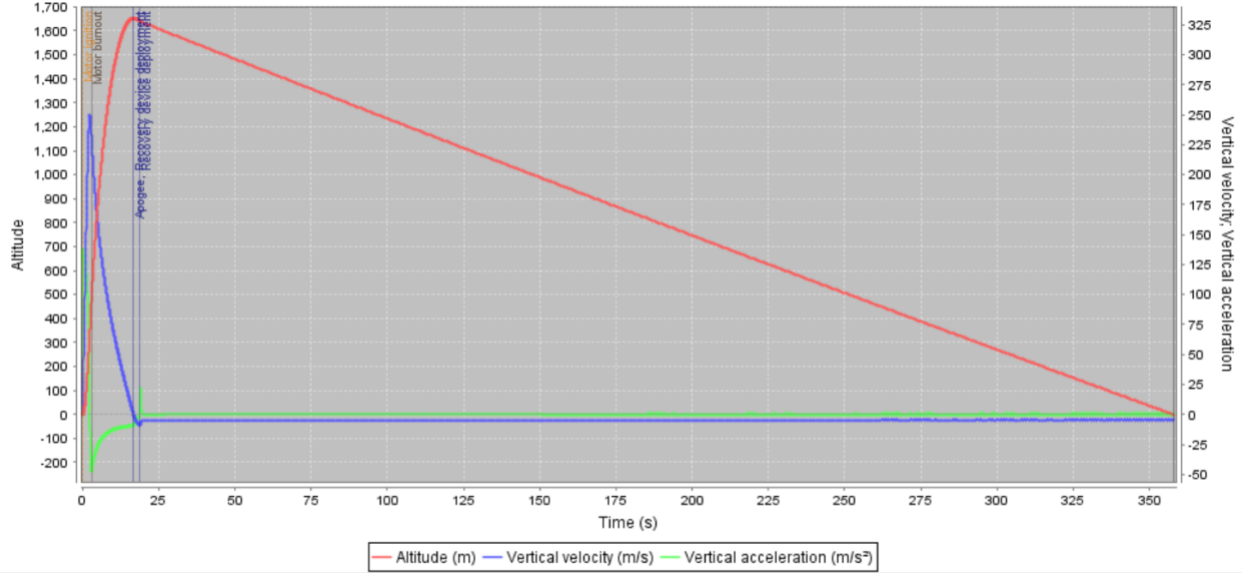
Apogee: 1604 m
Max. velocity: 248 m/s (Mach 0.73)
Max. acceleration: 137 m/s²

Roket-4

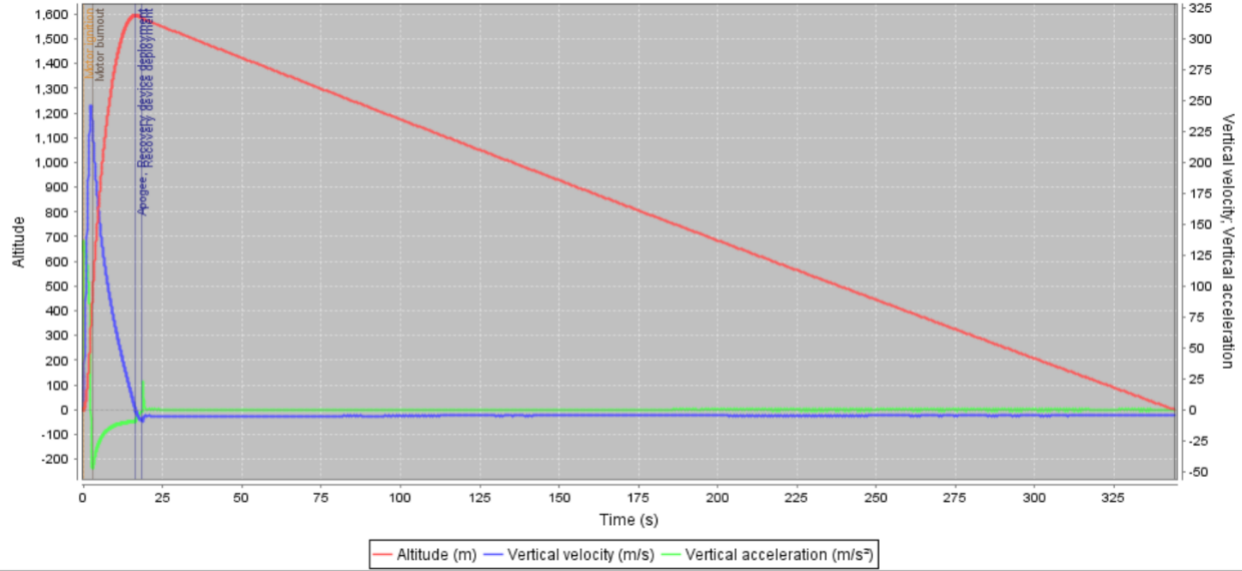
Simülasyonlarda dördü büyük, dördü küçük yüzey alanına sahip kanatçıklarla tasarlanan 3. ve 4. roket, benzer büyüklükte yüzey alanına sahip olan 1. ve 2. roketlerden daha yüksek irtifalara çıkmayı başardılar. Yine ilk iki roketi kıyaslarken fark etmiş olduğumuz üzere, kanatçıkların arka kısımdan uzaklaşması sonucu bu simülasyonlarda da stabilitede düşüş yaşanmış ancak kanatçıkların bu sefer öncekine oranla küçük ve haliyle hafif olmasından dolayı, ikinci kanatçığı çok fazla büyütme gerekmemiştir. İkinci kanatçık alanlarının bu şekilde ufak farklarla değişmesi ile sağlanan stabilitenin bedeli ise sadece 55 metrelik bir irtifa kaybı olmuştur. Maksimum hız ve ivmede de benzer şekilde ilk iki roketekine kıyasla çok daha ufak farklar yaşanmıştır.

Genel olarak sonuçları değerlendirmek gerekirse; motor ilavesi yapılmadan arka gövdeye kanatçık eklemesi ve bu şartlarda uçuş gerçekleştirilebilmesi simülasyonlar doğrultusunda mümkündür. Kanatçık adedi ve geometrisinin uçuş stabilitesini bozmaması adına 4 veya üstünde kanatçık sayısı, eşit açılarla montajlanmak kaydıyla kullanılabilir. Ancak 4 adetten fazla kanatçık kullanımı roket için ciddi bir ek ağırlık olacağından dolayı tavsiye edilmemekte olmakla beraber daha derin analizlerle akışta sorun olup olmadığı incelenmelidir. Eklenene kanatçıkların boyutunun asıl kanatçıklara oranla daha küçük olması ve eklenen bu kanatçıkların asıl kanatçıklara olabildiğince yakın ve roketin arka tarafında doğru konumlanması, stabiliteyi dengelemek uğruna, roketin hem irtifa hem de hızının minimum düzeyde kaybolması için önemlidir. Bütün bu denemelerde gözlemlenen en mühim sonuç ise roketin alt gövdesine, ne koşulda olursa olsun,

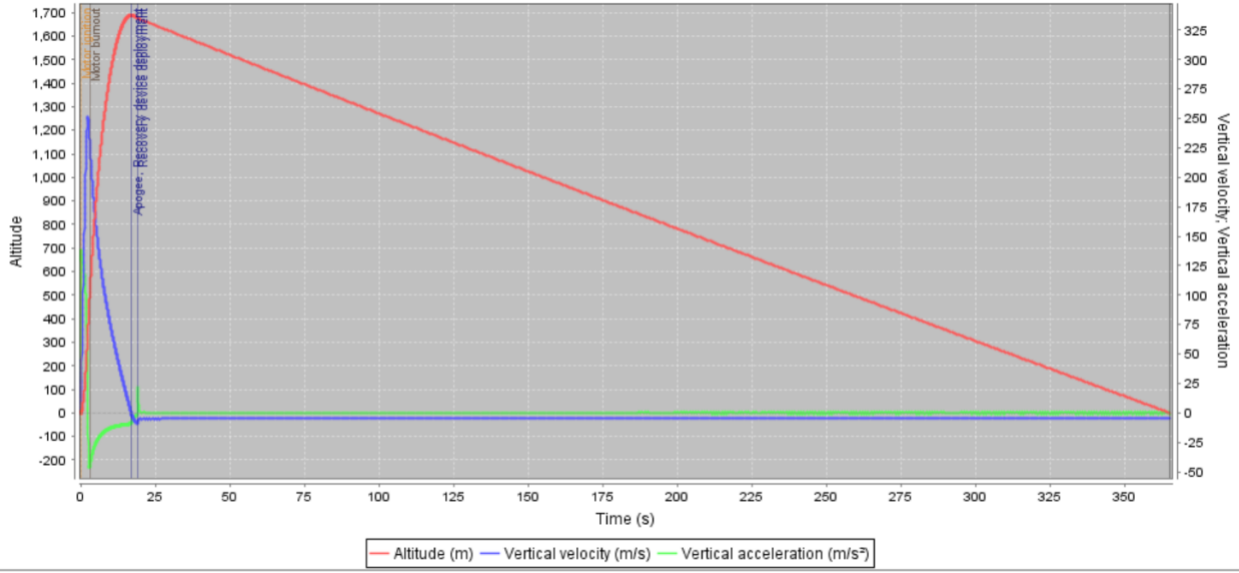
farklı bir kanatçığın ilavesi, hiç ek kanatçık takılmamış normal roket tasarımı kadar verimli uçuş sağlayamamıştır. Yani standart roket tasarımına ilave olarak arka gövdeye ek kanat takarak bir roket tasarlamak, özel bir sebep olmadığı sürece fuzuli bir iştir, verimsizdir. Aşağıda verilen uçuş simülasyonlarında da bu sonucu gözle görmek mümkündür.



Roket-3 Uçuş Simülasyonu



Roket-4 Uçuş Simülasyonu



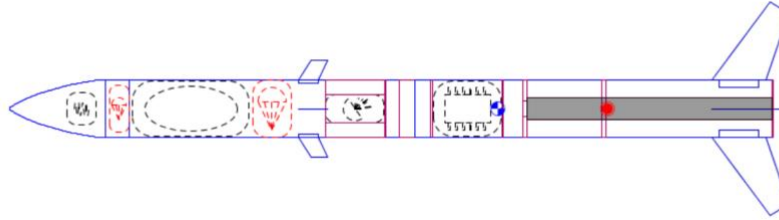
Hiç Ek Kanatçık Takılmamış Temel Roketin Uçuş Simülasyonu (Referans Roketi)

B. Motor İlavessiz Ön Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi

Bu maddede de A maddesinde olduğu gibi 4 ek kanatçık kullanarak simülasyonlara devam edildi. İsminden de anlaşılacağı üzere bu maddede üst roket gövdesine ek motor kullanılmadan kanatçık ilaveleri yapıldı. Yani standart bir roketin sadece üst gövdesine fazladan montajlanmış 4 adet kanatçık olarak da düşünülebilir.

Yapılan denemelerde fark edildiği üzere; roketin üst gövdesine eklenen kanatçıklar ağırlık merkezini ve basınç merkezini değiştirerek stabiliteyi ciddi miktarda azaltmaktadır. Eğer bu ön tarafa takılan kanatçık çok büyük olursa, stabilite değerleri 1'in altına dahi düşebilir ve bunu dengelemek için arka taraftaki kanatçığı devasa boyutlarda tasarlamamız gerekir. Büyüyen kanatçık da daha fazla ağırlık olacağı için tabii olarak bu seçimden kaçınmak gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı simülasyon denemelerinde ön gövdeye sadece küçük kanatçıklar ile taslak denemeleri yapılmış ve sonuçlar bunlara göre analiz edilmiştir. 2 adet test roketi ve bu roketler ile yapılan uçuş simülasyonları ise şu şekilde:

Rocket
Length 202 cm, max. diameter 15 cm
Mass with motors 9057 g

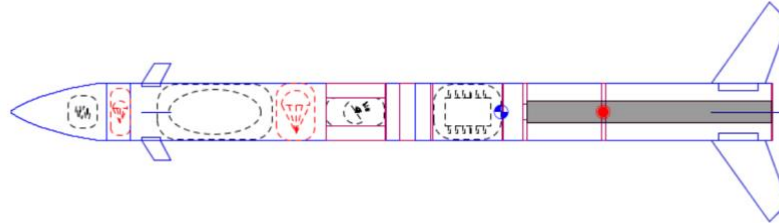


Stability: 1.89 cal
CG: 127 cm
CP: 155 cm
at M=0.30

Apogee: 1581 m
Max. velocity: 245 m/s (Mach 0.72)
Max. acceleration: 136 m/s²

Roket-1B

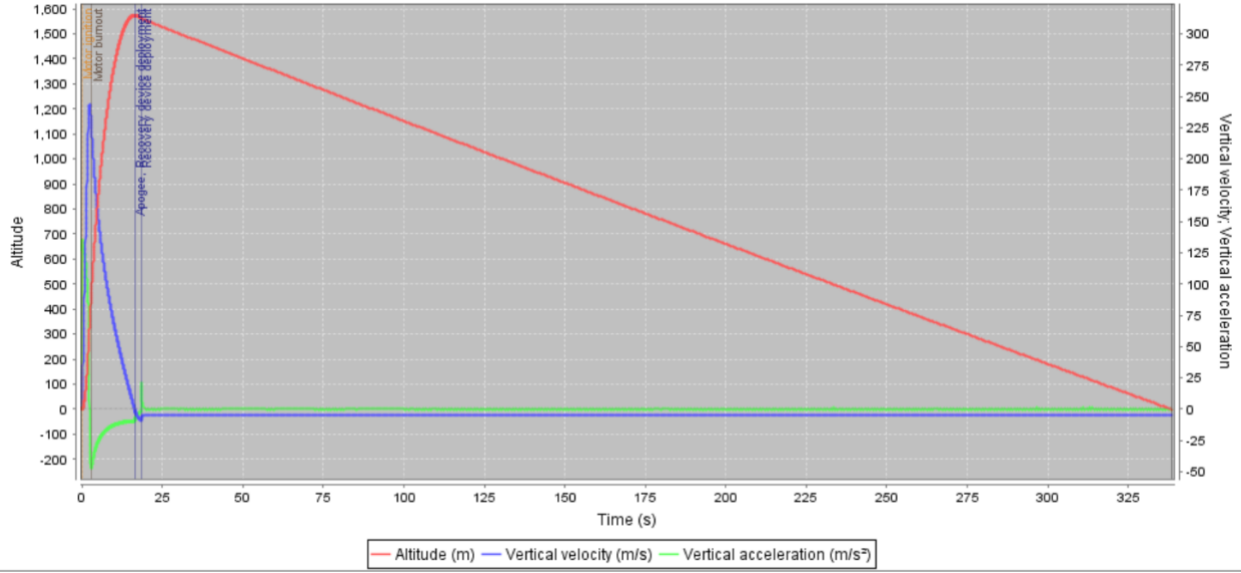
Rocket
Length 202 cm, max. diameter 15 cm
Mass with motors 9091 g



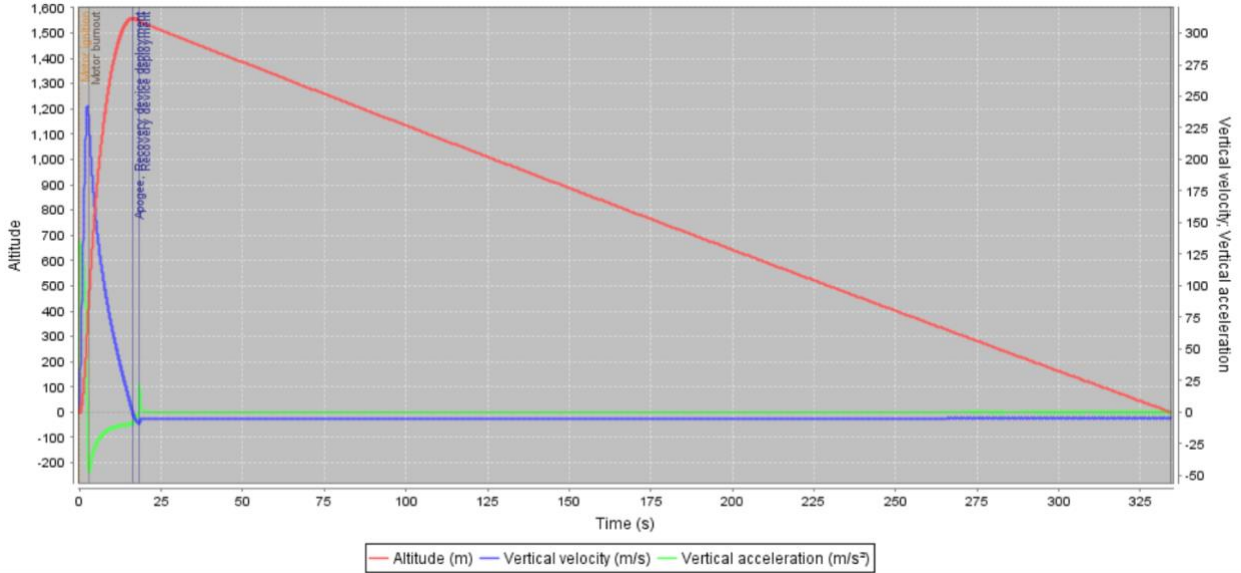
Stability: 1.77 cal
CG: 127 cm
CP: 154 cm
at M=0.30

Apogee: 1564 m
Max. velocity: 244 m/s (Mach 0.72)
Max. acceleration: 135 m/s²

Roket-2B



Roket-1B Uçuş Simülasyonu



Roket-2B Uçuş Simülasyonu

Görülebildiği üzere iki tablo ve iki roket arasındaki sonuca dair çok ciddi bir farklılık yok. A maddesindeki roketler arasında oluşan farklara kıyasla B maddesindeki roketlerin irtifa farkı 17 metre gibi oldukça küçük bir değer. A maddesinde ise bu kayıp en düşük 55 metre olarak simüle edilmişti. Bu maddede tasarlanan ek kanatçıklı roketler de simülasyonlardan gözüktüğü kadarıyla gerçek hayatta başarıyla tasarlanabilir gibi duruyor. Ancak sonuçlar B maddesindeki roket tasarımlarının da A maddesinde olduğu gibi, yine hiç ek kanatçığa sahip olmayan bir roketin niteliklerinden daha verimsiz olduğunu gösteriyor. Bu tarz bir ek kanatçığı, roketin basınç merkeziyle oynama gibi bir hedefiniz olmadıkça kullanmanız gereksiz olacaktır.

Testler sonucunda edinilen genel tecrübelerle göre eğer ek kanatçık takacağınız kesinse bu ek kanatçıkları stabiliteyi azaltmak için ön gövdeye, arttırmak için ise arka gövdeye takmanız gerekmektedir. Bu koşullar göz önünde bulundurularak mutlak verime sahip olmasa da yeterli niteliklere sahip ve uçuşu başarıyla gerçekleştirebilecek özel tasarımlar yapılabilir.

2020 yılının sonlarında fırlatılışı başarıyla gerçekleştirilen SpaceX Starship roketinin tasarımı tam olarak B maddesinde bahsedildiği tarzda bir roketi. B maddesinden temel farkları ise bu roketin çok büyük bir burun konisine sahip olması, bahsedilen ek kanatçıkların bu burun konisinin üstüne 2 adet olarak yerleştirilmiş halde bulması ve alt gövdede, yani temel konumda ise sadece 2 adet kanatçık olması olarak sıralanabilir. Üretimi oldukça zor olan bu ilginç tasarımı yapmalarınınsa kritik bir sebebi var: Süzülme. Roketin uçuşu süresince belli bir yüksekliğe doğru sakince uçtuğunu ardından hedef noktaya varıldığında roket motorlarının kapatılıp, Starship roketinin yatay bir pozisyona geçtiğini ve süzülme başladığını görüyoruz. İniş alanına kadar süzülerek giden bu roket tekrar dikey iniş yapabilecek şekilde tasarlanmış. Roket motorları tekrardan ateşleniyor, itici güçlerle beraber roket dikey bir pozisyona getiriliyor ve dikey iniş yapmaya başlıyor. Ancak motorlardan birisinin arızası nedeniyle iniş sadece geriye kalan roket motorlarıyla yapılmaya çalışılıyor ve doğal olarak yeterince yavaşlayamayan Starship roketi yere çakılarak patlıyor.



SpaceX Starship Roketi Ve Süzülme Anı

C. Motor İlaveli Ön Gövdeye Eklenen İlave Kanatçık Analizi

En kritik madde olan C maddesi çoklu motor sistemine dayanmaktadır. Yani belli bir irtifaya kadar ana roket motoru çalışırken, ana motor tükendikten sonra gövdeler arası ayrılma gerçekleşiyor ve ikinci roket motoru devreye girerek roketimiz uçuşuna devam ediyor. Tasarımın zorluğu, yüksek senkronizasyon şartı ve başarı yüzdesinin klasiğe kıyasla düşüklüğü bir tarafa bırakılacak olursa, biz aerodinamik açıdan bu yapıyı da analiz edebiliriz. Yaptığımız deneme tasarımlarının simülasyonlarında da başarılı sonuçlar elde etmeyi başardık.

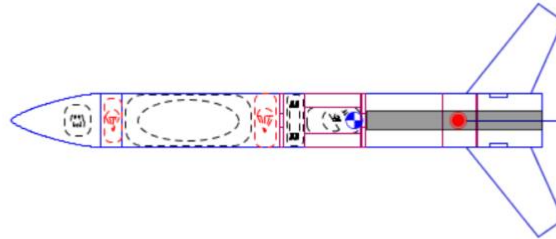
A ve B maddelerinde kanatçık eklenmesi irtifa açısından bizlere istenilen sonucu vermediği için yapılmalarının özel şartlar ve istekler olmadığı sürece gereksiz olduğunu açıklamıştık. Ancak işin içine fazladan motor devreye girdiğinde irtifa kaybı söz konusu değil. Fazladan roketin ve ek kanatçıkların getireceği ağırlık maksimum hızı ve maksimum ivmeyi azaltsa da irtifa değerlerimiz bu tasarımlarda normal değerlerin üstünde olmaktadır.

Rokete eklenecek kanatçıkların burun konisine olabildiğince uzak ve motorlara olabildiğince yakın olması şarttır. Şayet eğer ek kanatçıklar burun konisine yakın olursa iki kademe roketin uçuşunu etkileyecektir:

İlk kademe, roketin bütün bir parça olarak uçtuğu aşamadır ki bu aşamada kanatçığın pozisyonu roketin stabilite değerlerini aşağı çekecek ve bunu dengelemek için de arka gövdedeki kanatçıkların daha da büyük tasarlanması gerekecektir. Bu da bize ekstra ağırlık ve irtifa kaybı olarak yansıtacaktır.

İkinci kademe ise ayrılma sonrası uçuş sürecidir. Roket başarıyla ayrıldıktan sonra geriye sadece üst gövde ve burun konisi kalacaktır. Yani üst gövde aslında başka bir roket gibi hareket edecektir. Eğer biz kanatçıkları burun konisine yakın konumlandırırırsak ağırlık merkezi ve basınç merkezi ciddi anlamda konum değiştirecek ve roketin ayrılma sonrası stabilitesi sıfırın altındaki değerlere bile düşebilecektir. Bu da roketin taklalar atmaya başlaması ve başarısız bir biçimde yere çakılması demektir. Bu nedenlerden dolayı ek kanatçıkların olabildiğince küçük ve ayrılık sonrası stabilite için de yeterli boyutlarda olması, konum olarak da roket motoruna olabildiğince yakın ve burun konisine olabildiğince uzak bir yere konumlandırılması gerekmektedir. Bu koşullar sağlandığında başarılı bir uçuş ve iniş elbette mümkündür.

Rocket
Length 154 cm, max. diameter 15 cm
Mass with motors 7888 g



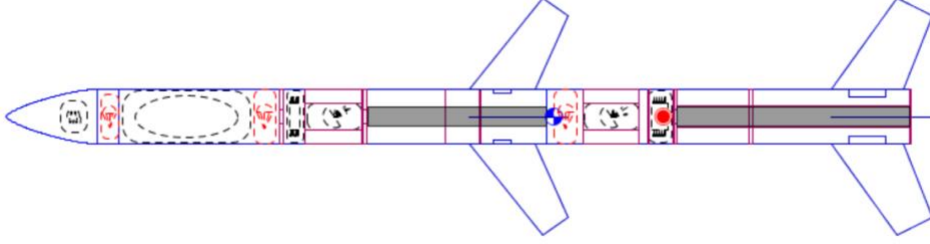
Stability: 1.93 cal
CG: 95.8 cm
CP: 125 cm
at M=0.30

Apogee: 2366 m
Max. velocity: 230 m/s (Mach 0.69)
Max. acceleration: 74.9 m/s²

Roket-1C Stage-1

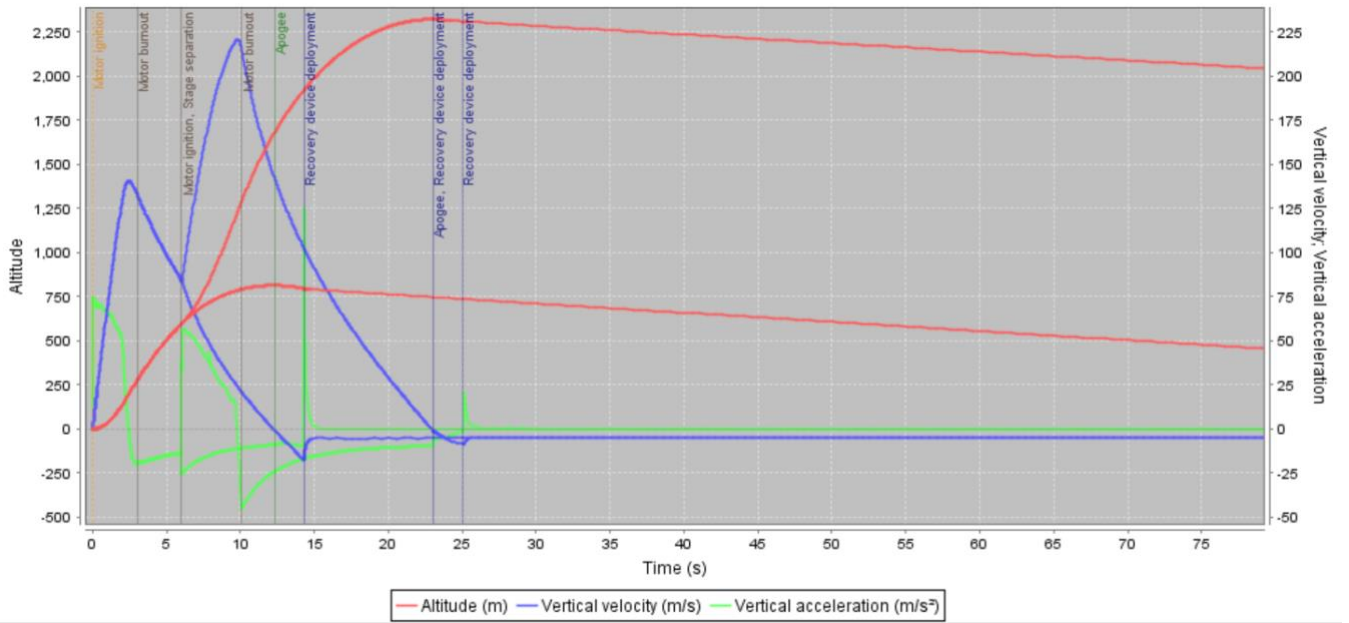
Rocket
Length 254 cm, max. diameter 15 cm
Mass with motors 15563 g

Stability: 2 cal
CG:150 cm
CP:180 cm
at M=0.30



Apogee: 2366 m
Max. velocity: 230 m/s (Mach 0.69)
Max. acceleration: 74.9 m/s²

Roket-1C Stage-2



Roket-1C Uçuş Simülasyonu

Görüldüğü üzere C maddesine uygun tasarlanacak bir roketin temel görevi yüksek irtifa odaklı olmalıdır. Nitekim uzay mekiklerindeki sistem de bu mantığa dayanmaktadır. Fazladan roket motoru, fazladan harcanan yakıt, fazladan parçalar, kısacası daha büyük bir roket; daha çok masraf demektir.

D. Sonraki Aşama İçin Belirlenenler

Bütün Openrocket analizlerimiz sonucunda Ansys üzerinden detaylı analizlerin yapılabilmesi için Solidworks çizimi aşamasına geçirilmesi planlanan roketler ve çeşitleri sebepleriyle beraber şu şekilde belirlenmiştir:

-Referans Roketi seçilmiştir. Kıyas yapabilmek adına referans roketimizin akışının incelenmesi uygun görülmüştür. İlave olarak ise referans roketinin kanatçıklarının ters takılmış durumunun da akış analizi yapılmıştır.

- Roket-1C Stage-2 versiyonu seçilmiştir. Üzerindeki akışın göreceli kıyaslanması ve optimum kanatçık montajı pozisyonunun bulunması amacıyla; temel kanatçıklar ile ek kanatçıkların birbirine paralel bulunacağı pozisyon ile aralarındaki açı 45 derece olacak şekilde pozisyona sahip tasarımlarının Solidworks programı üzerinden yapılması ve daha sonra Ansys analizlerine tabi tutulması uygun görülmüştür.

Diğer analizi yapılmış roket tasarımları ise kendi maddelerinde değinilen çeşitli sebeplerden ötürü seçilmemişlerdir.

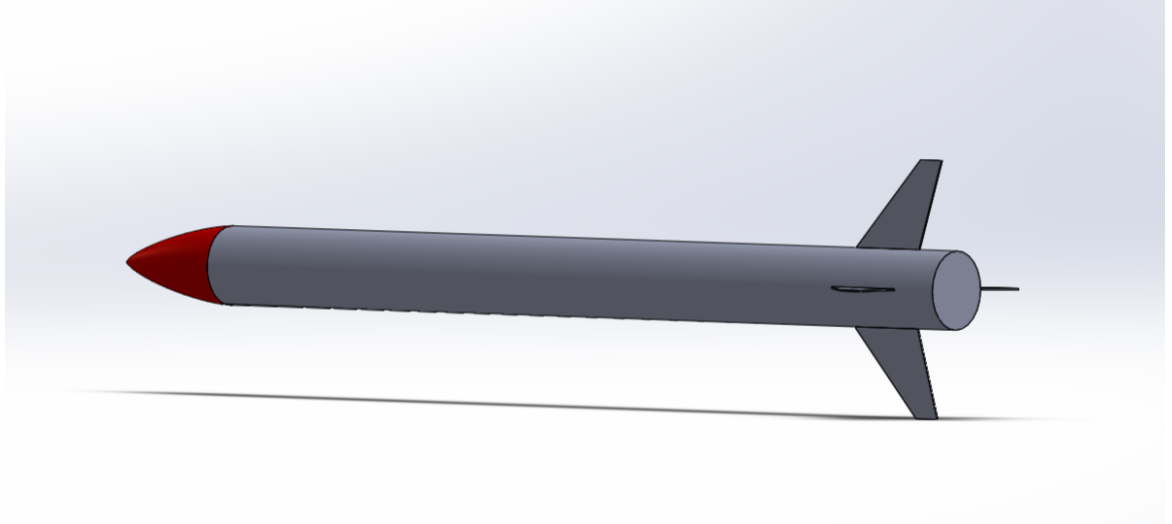
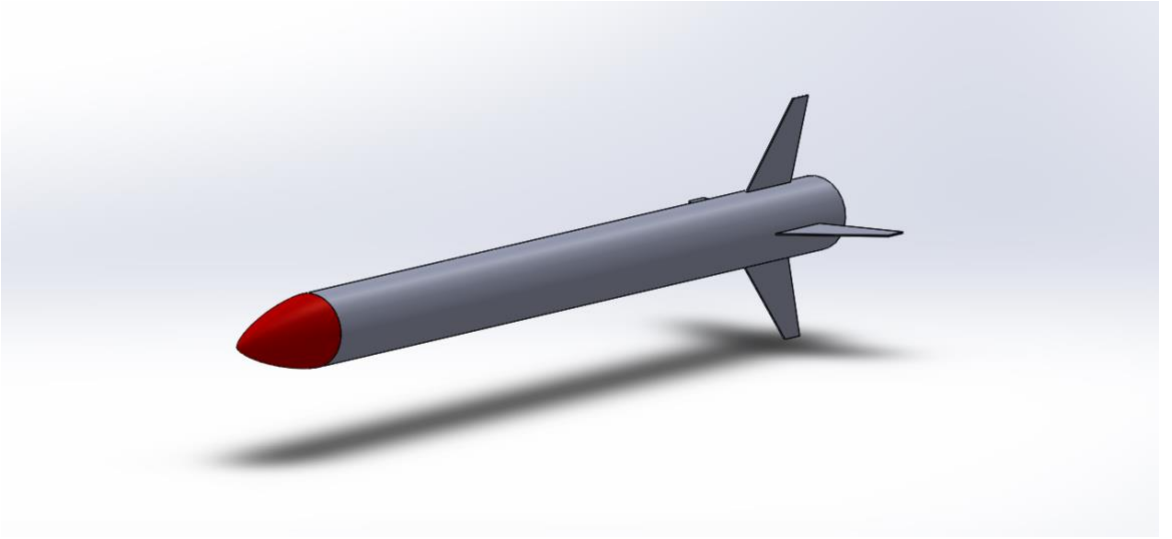
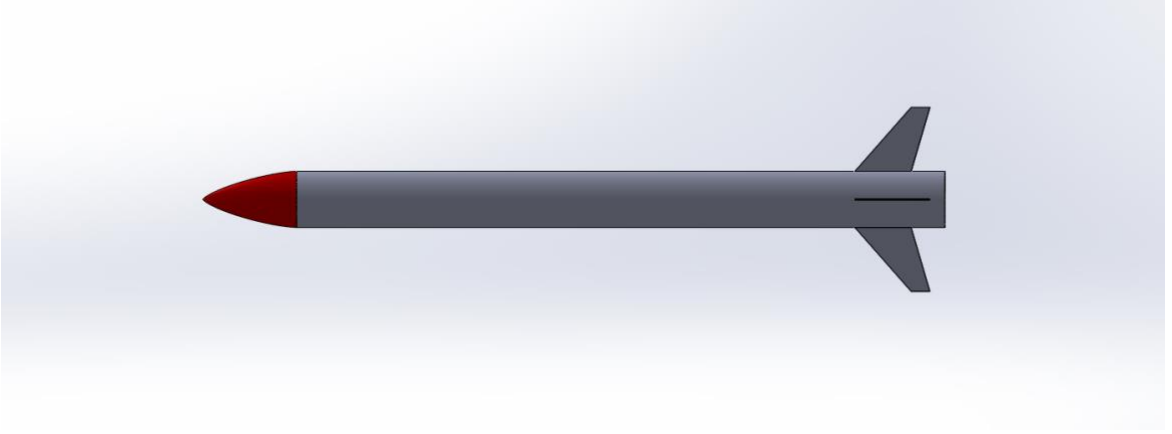
3) Solidworks Tasarımları

Solidworks tasarımlarımız Ansys analizlerimizde kullanabilmemiz amacıyla Openrocket tasarımlarının ana hatlarına uygun bir şekilde tasarlanmış olup “Parasolid” formatı ile Ansys geometrisine aktarılmıştır.

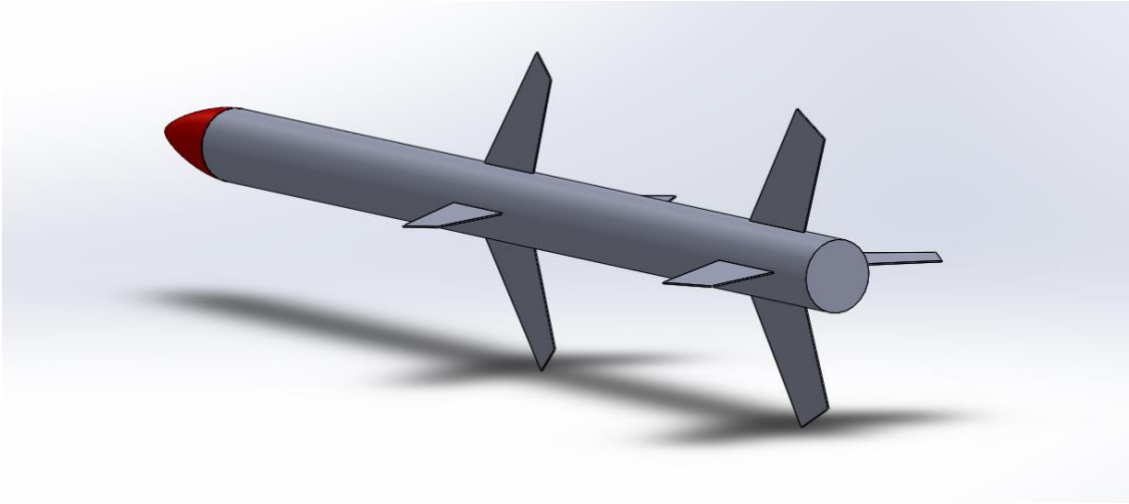
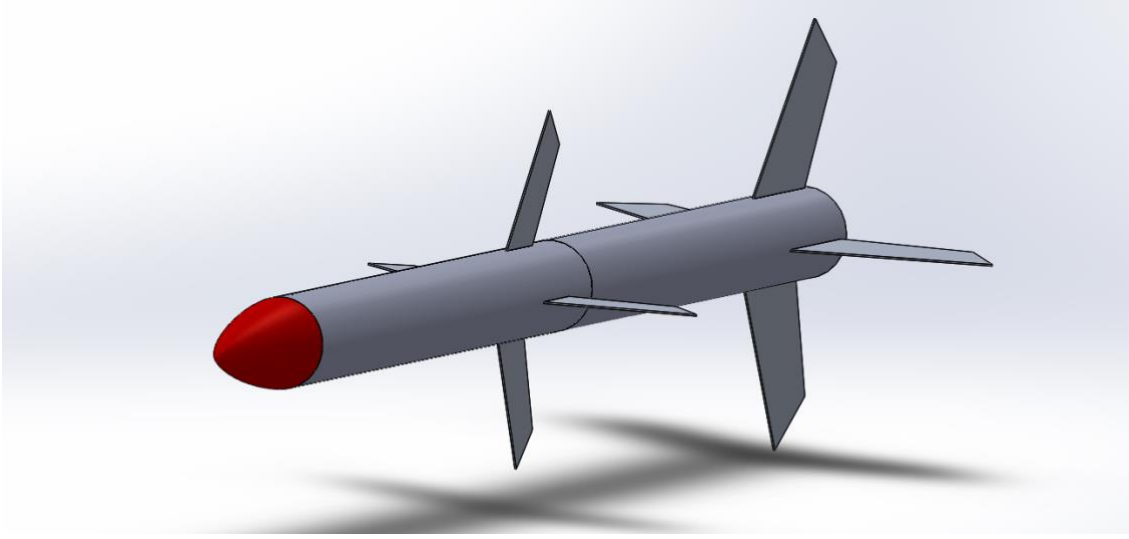
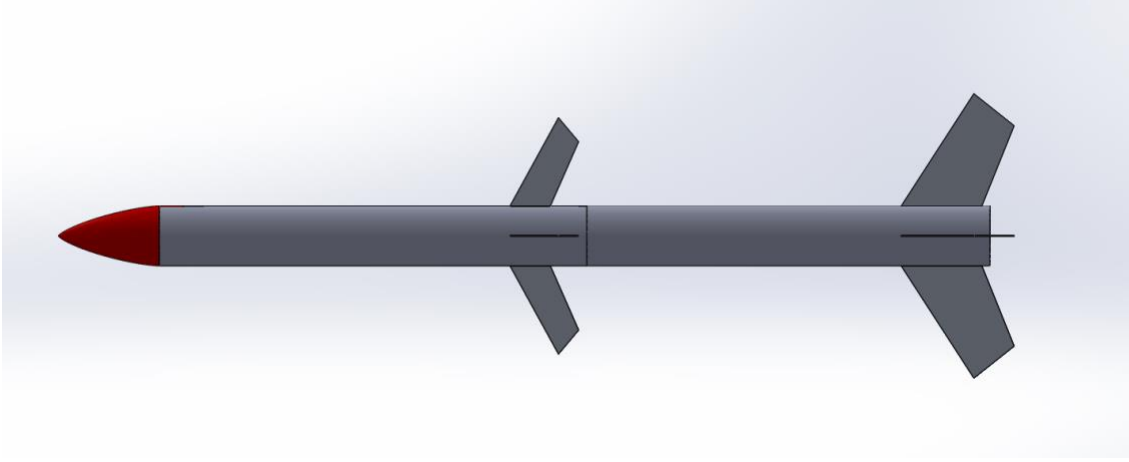
Tasarımları Ansys’e aktarırken dikkatsizlikten kaynaklanan ufak bir sorunla karşılaşıldı: Solid’de kanatçık montajı sırasında kanatçıklar gövdeye tam oturmamış ve eğimli olan gövdeye düz kesim kanatçık montajında milimetrik hatalar oluşmuştu. Solidworks çizimleri tekrar detaylıca incelendi ve çizimlerde gerekli düzenlemeler yapıldı. Bu sayede Solidworks tasarımlarımızı Ansys’e aktarırken de herhangi bir problemimiz kalmadı.

Solidworks tasarımlarımız aşağıda görseller halinde paylaşılmıştır:

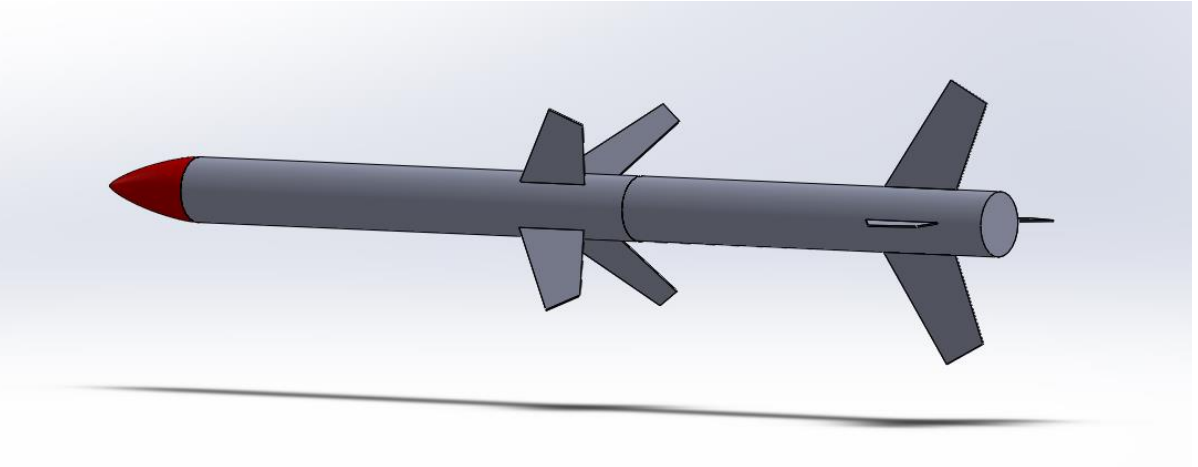
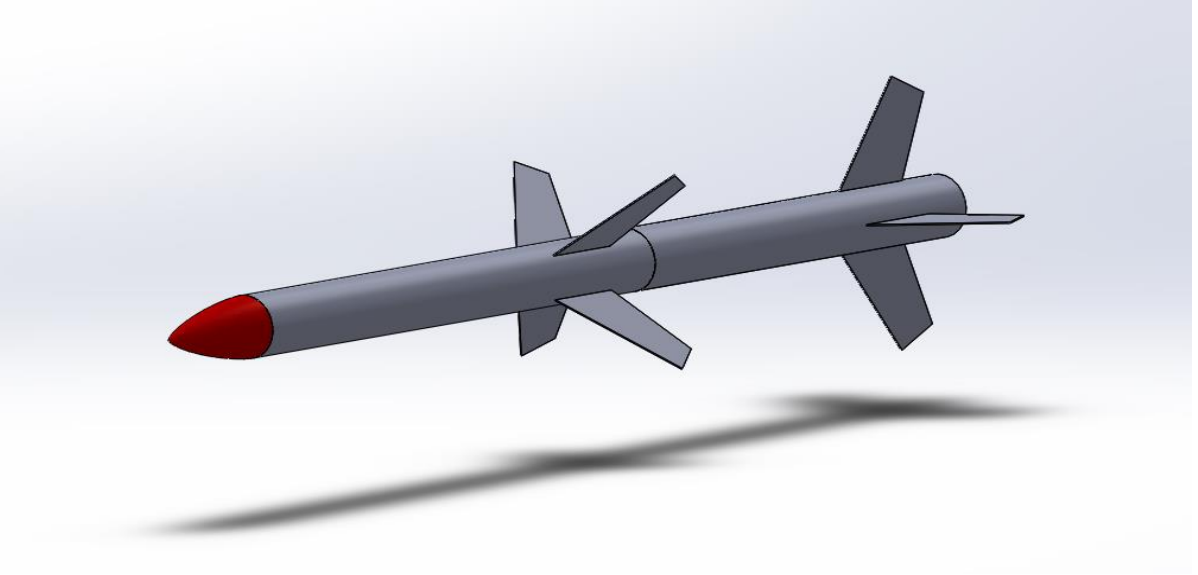
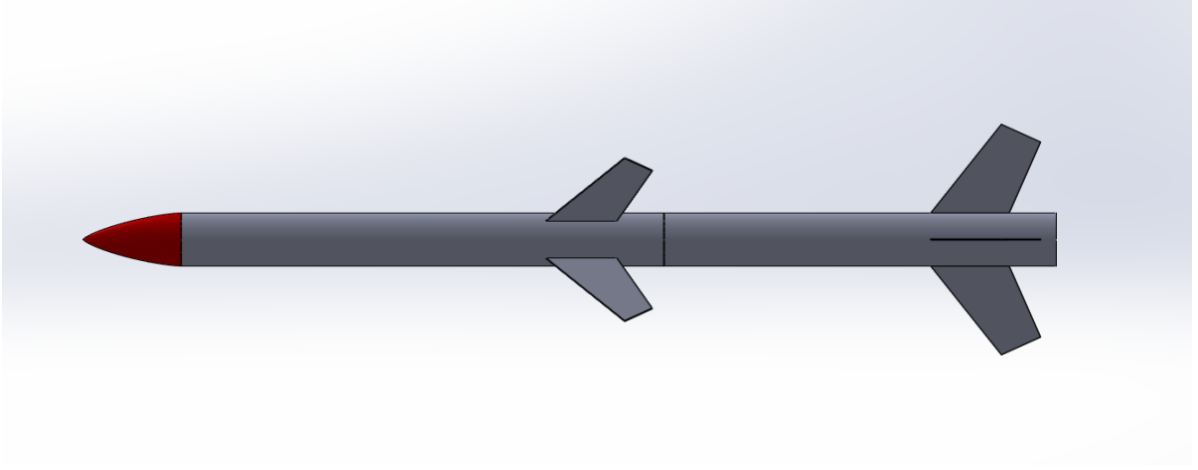
- Referans Roketi Solidworks Tasarımı:



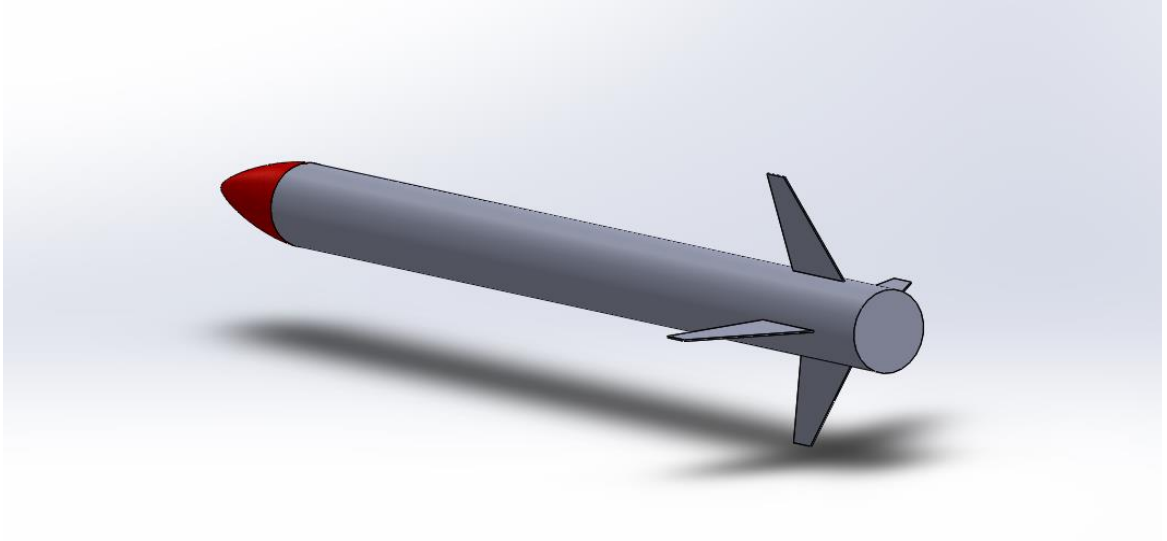
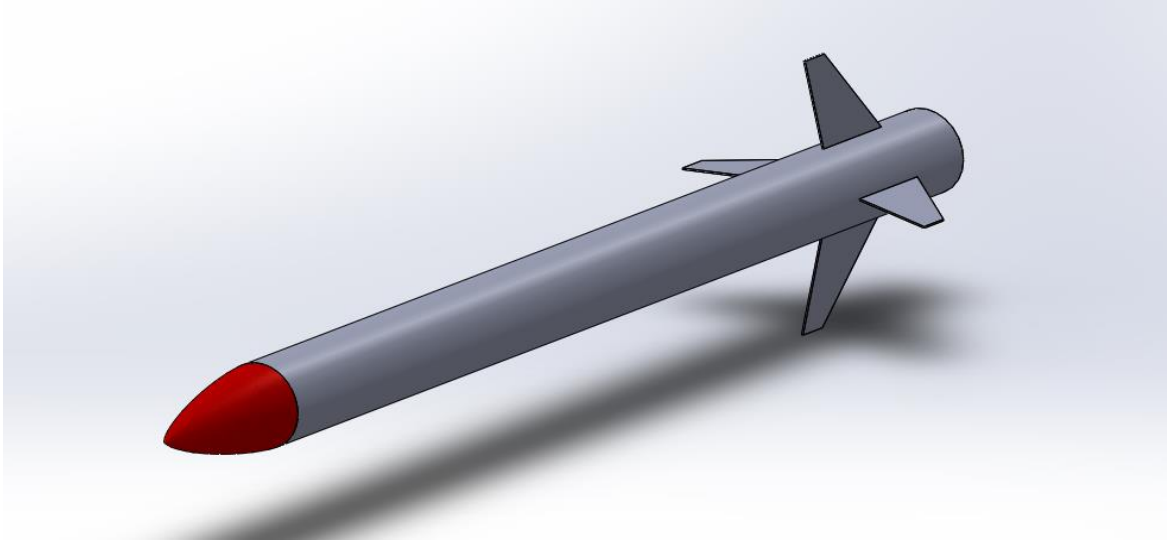
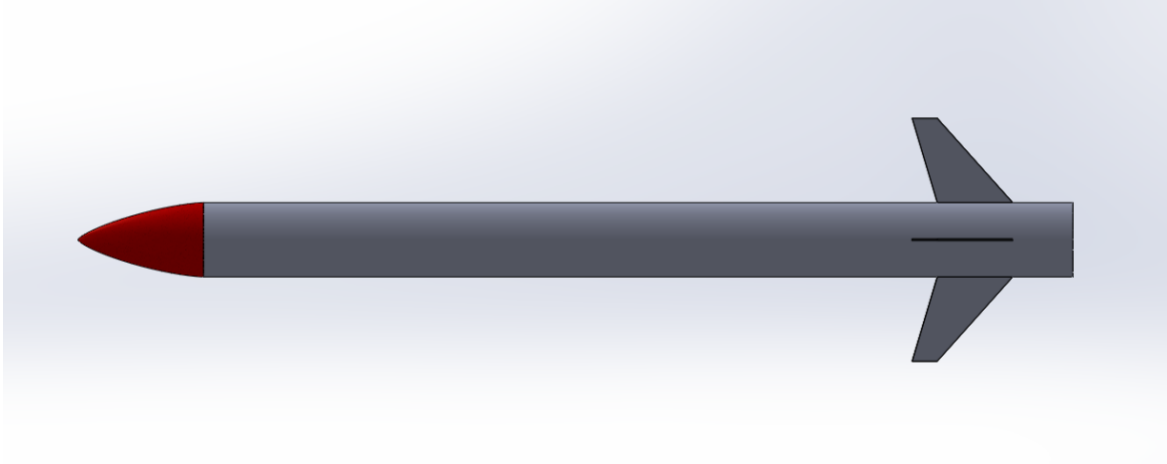
- Multistage Roket 1-C Solidworks Tasarımı:



- Multistage Roket 1-C (45 Derece Döndürülmüş) Solidworks Tasarımı:



- Referans Roketi (Ters Kanatçıklı) Solidworks Tasarımı:



4) ANSYS Analizleri

Ansys analizlerimizde Fluid Flow (Fluent) üzerinden akış analizlerimiz gerçekleştirilmiştir. Gerekli veriler ve bilgiler Openrocket üzerinden tayin edilmiş, akışkan olarak hava kullanılmıştır. Geometry, Solidworks tasarımlarının Parasolid yani (.x_t) uzantılı şekli olarak atanmış, tek kontrol hacmiyle çizilmiştir. Lakin tek kontrol hacmi ile çizildiğinde, mesh atma süreci oldukça sorunlu geçmiştir. Kanatçıklara verilen bir sizing için roketin tamamını baştan yapan bilgisayar, kalitesiz ve uzun süren meshler atmaya başlamıştır. Bundan dolayı tek kontrol hacmi, iki kontrol hacmine çıkartılmış ve ikinci kontrol hacmi tam olarak kanatçıklara denk gelecek şekilde çizilmiştir. Bu sayede sizing verildiğinde işlemler hızlanmış ve az bir miktarda sizing vererek çözüme uygun bir mesh elde edilmiştir.

Kontrol hacmi değiştirilmeden önce First Layer Thickness değerinden sıfır silerek mesh kalitesi sağlanmaya çalışılmış olsa da bu durum çözümü etkileyeceği için ve temelli olarak mesh problemini de gideremediği için vazgeçilmiştir.

Bunlara ilave olarak ise roketler aslının 1/10 oranında küçültülmüş şekilde Ansys ortamına aktarılmış, bu şekilde de mesh ve çözüm süreci hızlandırılmıştır. Küçülen roketlerde akış hızı da uzunluk oranının karekökü oranında değişmiş, Ansys hesaplamalarında bu küçültülmüş roketlere kendilerine ait küçültülmüş hız değerleri ile uygun çözümler atanmıştır. First Layer Thickness değerlerimiz Openrocket verilerimizle beraber, internet üzerinden Y+ Calculator aracılığı ile hesaplanmıştır.

Roketlerin analizlerine dair görseller ve açıklamalar ayrı ayrı olacak şekilde detaylarıyla aşağıda verilmiştir:

a) Referans Roketi Ansys Analizi

| Input | Output |
|---|---|
| <p>Reset to Sea Level Conditions</p> <p>U_{∞}:</p> <p>80</p> <p>freestream velocity (m/s)</p> <p>ρ:</p> <p>1.225</p> <p>freestream density (kg/m³)</p> <p>μ:</p> <p>0.000018375</p> <p>dynamic viscosity (kg/m s)</p> <p>L:</p> <p>0.201</p> <p>reference length (m)</p> <p>y^+:</p> <p>5</p> <p>desired y^+</p> | <p>Compute Wall Spacing</p> <p>Δs:</p> <p>0.00002216806566405927</p> <p>wall spacing (m)</p> <p>Re_x:</p> <p>1072000</p> <p>Reynolds number</p> <p>Note: -1 indicates an input error</p> |

- Mesh

| Details of "Inflation" - Inflation | |
|---|-----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 2 Bodies |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Boundary Scoping Method | Named Selections |
| Boundary | wall |
| Inflation Option | First Layer Thickness |
| <input type="checkbox"/> First Layer Height | 2.216e-002 mm |
| <input type="checkbox"/> Maximum Layers | 10 |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | 1.2 |
| Inflation Algorithm | Pre |

Outline

Filter: Name

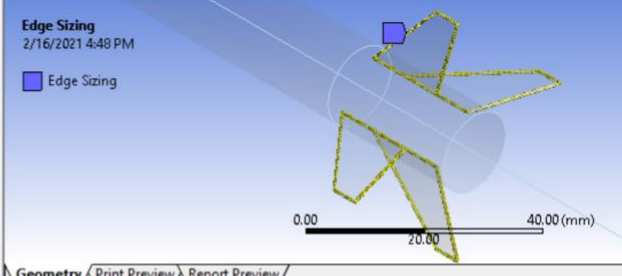
- Mesh
 - Inflation
 - Edge Sizing
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Named Selections

Details of "Edge Sizing" - Sizing

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 56 Edges |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 0.5 mm |
| Advanced | |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |
| Bias Type | No Bias |

Edge Sizing
2/16/2021 4:48 PM

Edge Sizing



0.00 20.00 40.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Assoc |
|---|-------|
| Info The mesh translation to Fluent was successful. | Proj |
| Info The selective body meshing is not being recorded, so the meshing may not be persiste | Proj |

Outline

Filter: Name

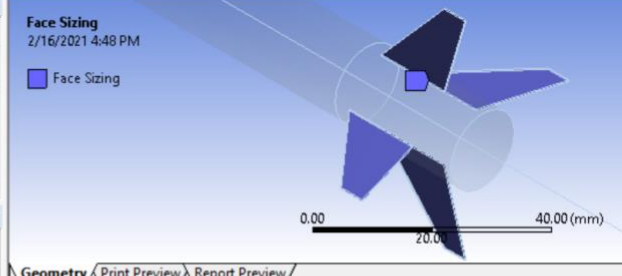
- Mesh
 - Inflation
 - Edge Sizing
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Named Selections

Details of "Face Sizing" - Sizing

| | |
|---|----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 8 Faces |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 0.1 mm |
| Advanced | |
| <input type="checkbox"/> Defeature Size | Default (5.e-002 mm) |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |

Face Sizing
2/16/2021 4:48 PM

Face Sizing



0.00 20.00 40.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | As |
|---|----|
| Info The mesh translation to Fluent was successful. | Pr |
| Info The selective body meshing is not being recorded, so the meshing may not be persiste | Pr |

Outline

Filter: Name

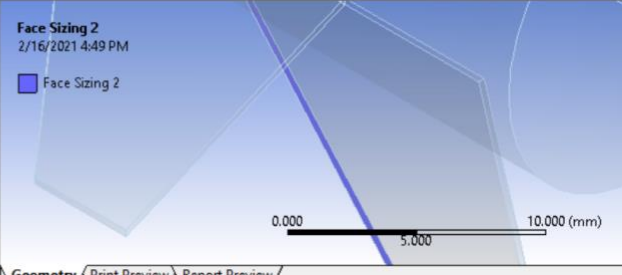
- Mesh
 - Inflation
 - Edge Sizing
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Named Selections

Details of "Face Sizing 2" - Sizing

| | |
|---|-----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 12 Faces |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 5.e-002 mm |
| Advanced | |
| <input type="checkbox"/> Defeature Size | Default (2.5e-002 mm) |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |

Face Sizing 2
2/16/2021 4:49 PM

Face Sizing 2



0.000 5.000 10.000 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Assoc |
|---|-------|
| Info The mesh translation to Fluent was successful. | Proj |
| Info The selective body meshing is not being recorded, so the meshing may not be persiste | Proj |

Bütün sizinglerden sonra elde ettiğimiz ve bizim için temel değerlendirme kriterleri olan; Aspect Ratio, Skewness ve OQ değerlerimiz aşağıda verilmiştir:

| Quality | |
|---|--------------|
| Check Mesh Quality | Yes, Errors |
| <input type="checkbox"/> Target Skewness | 0.6 |
| Smoothing | Medium |
| Mesh Metric | Aspect Ratio |
| <input type="checkbox"/> Min | 1.1731 |
| <input type="checkbox"/> Max | 417.37 |
| <input type="checkbox"/> Average | 3.4837 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 7.7117 |

| Mesh Metric | |
|---|-------------|
| | Skewness |
| <input type="checkbox"/> Min | 2.4539e-004 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.92175 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.26455 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.14777 |

| Mesh Metric | |
|---|--------------------|
| | Orthogonal Quality |
| <input type="checkbox"/> Min | 2.7778e-002 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.99934 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.73465 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.14828 |

Eleman sayımız ise şu şekildedir:

| Statistics | |
|-----------------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> Nodes | 1455083 |
| <input type="checkbox"/> Elements | 3788746 |

Models

Models

- Multiphase - Off
- Energy - Off
- Viscous - SST k-omega**
- Radiation - Off
- Heat Exchanger - Off
- Species - Off
- Discrete Phase - Off
- Solidification & Melting - Off
- Acoustics - Off
- Eulerian Wall Film - Off
- Electric Potential - Off

Edit...

Help

Viscous Model

Model

- Inviscid
- Laminar
- Spalart-Allmaras (1 eqn)
- k-epsilon (2 eqn)
- k-omega (2 eqn)
- Transition k-k-omega (3 eqn)
- Transition SST (4 eqn)
- Reynolds Stress (7 eqn)
- Scale-Adaptive Simulation (SAS)
- Detached Eddy Simulation (DES)
- Large Eddy Simulation (LES)

k-omega Model

- Standard
- BSL
- SST

k-omega Options

- Low-Re Corrections

Options

- Curvature Correction
- Production Kato-Launder
- Production Limiter
- Intermittency Transition Model

Model Constants

- Alpha*_inf: 1
- Alpha_inf: 0.52
- Beta*_inf: 0.09
- a1: 0.31
- Beta_j (Inner): 0.075
- Beta_j (Outer): 0.0828
- TKE (Inner) Prandtl #: 1.176
- TKE (Outer) Prandtl #: 1
- SDR (Inner) Prandtl #: 2
- SDR (Outer) Prandtl #:
- User-Defined Functions: Turbulent Viscosity: none

OK Cancel Help

Reference Values

Compute from: inlet

Reference Values

- Area (m2): 0.04
- Density (kg/m3): 1.225
- Enthalpy (j/kg): 0
- Length (m): 0.201
- Pressure (pascal): 0
- Temperature (k): 288.16
- Velocity (m/s): 80
- Viscosity (kg/m-s): 1.7894e-05
- Ratio of Specific Heats: 1.4

Reference Zone:

Boundary Conditions

Zone

- inlet
- interior-part-solid
- outlet
- symmetry
- wall

Velocity Inlet

Zone Name

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Velocity Specification Method **Components**

Reference Frame **Absolute**

Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal) **constant**

Coordinate System **Cartesian (X, Y, Z)**

X-Velocity (m/s) **constant**

Y-Velocity (m/s) **constant**

Z-Velocity (m/s) **constant**

Turbulence

Specification Method **Intensity and Viscosity Ratio**

Turbulent Intensity (%) **P**

Turbulent Viscosity Ratio **P**

OK Cancel Help

Solution Methods

Pressure-Velocity Coupling

Scheme **Coupled**

Spatial Discretization

Gradient **Least Squares Cell Based**

Pressure **Second Order**

Momentum **Second Order Upwind**

Turbulent Kinetic Energy **Second Order Upwind**

Specific Dissipation Rate **Second Order Upwind**

Transient Formulation

Non-Iterative Time Advancement

Frozen Flux Formulation

Pseudo Transient

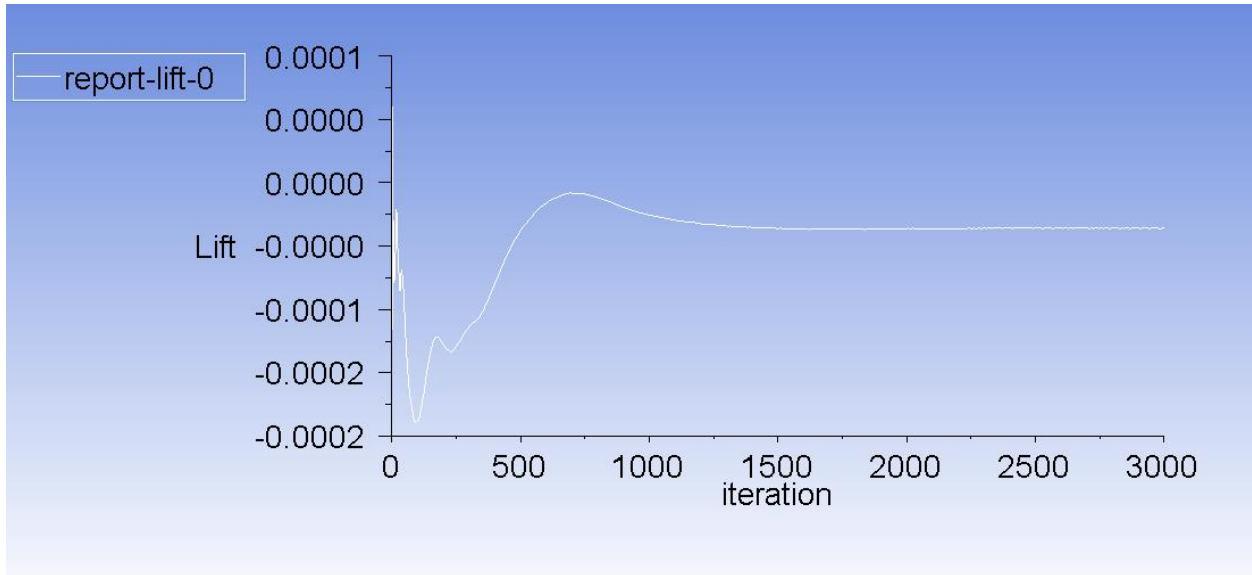
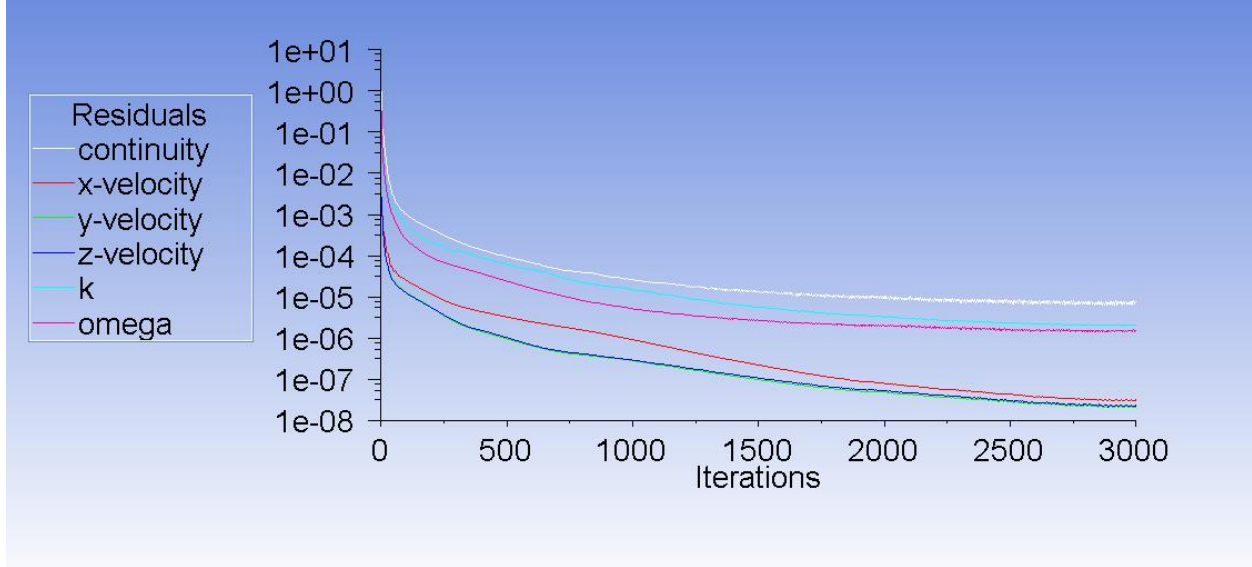
Warped-Face Gradient Correction

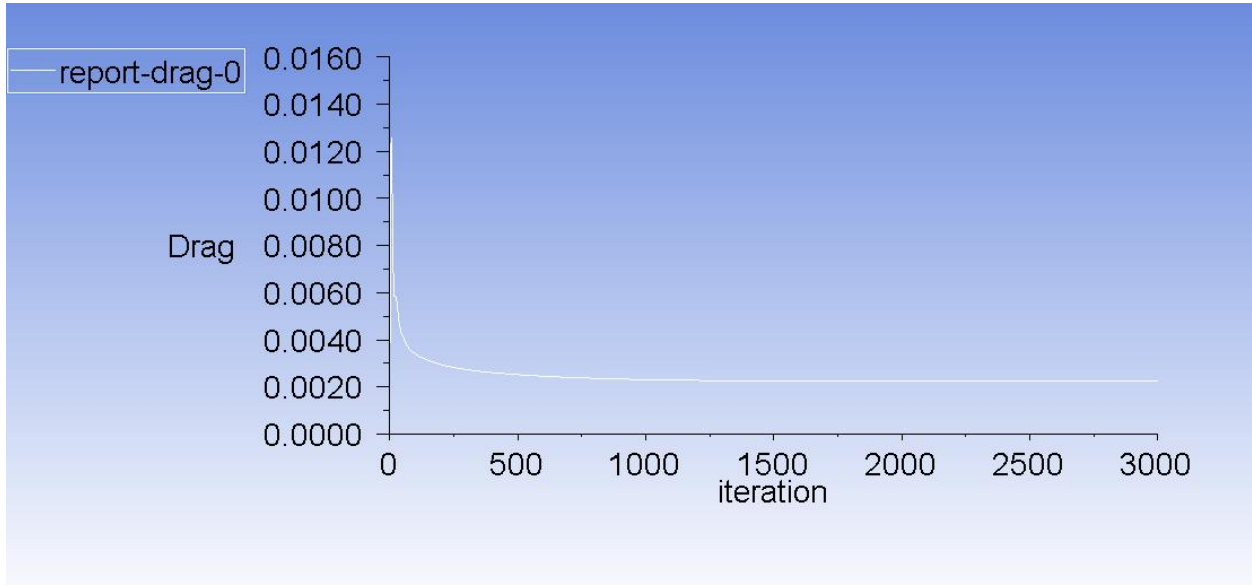
High Order Term Relaxation **Options...**

Default

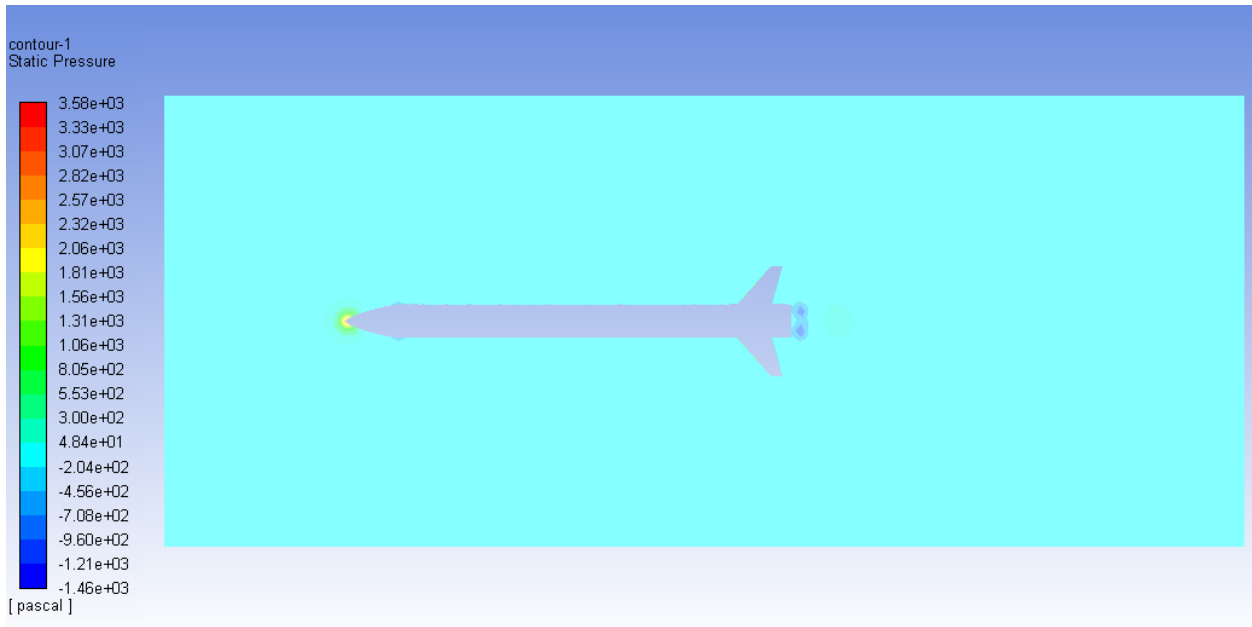
-Results

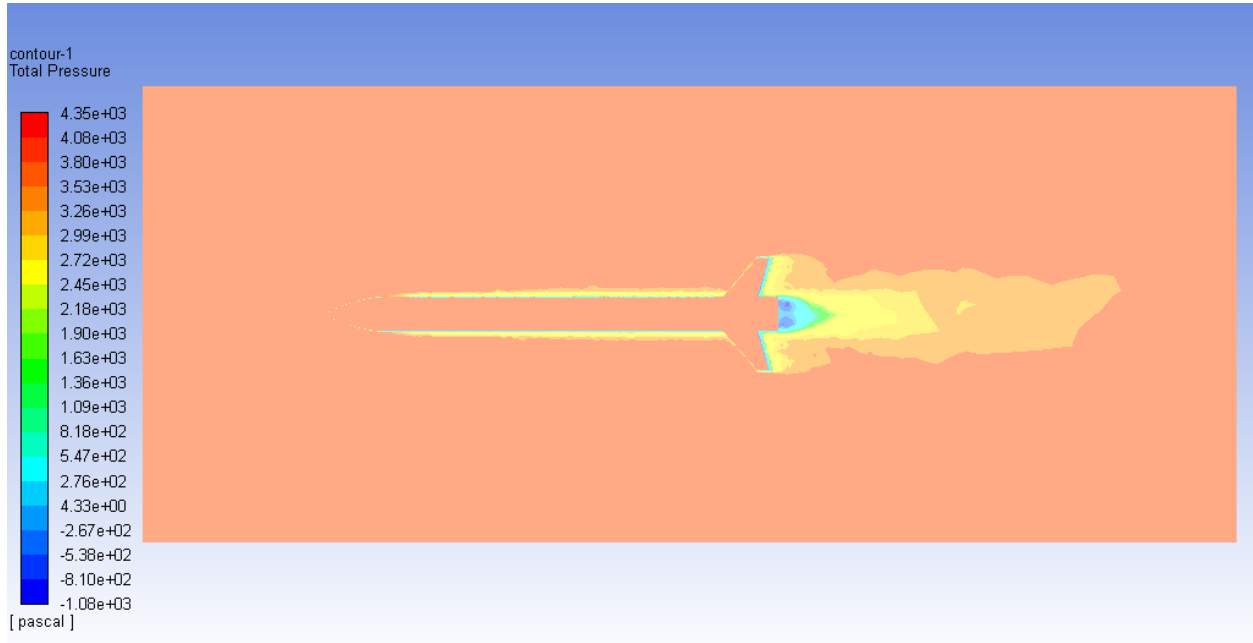
Ve nihayetinde hybrid initialization yapılarak çözüm aşamasına geçilmiştir. Yaklaşık 4100 iteration verilerek çözüm grafiklerimize ulaşılmıştır. Drag ve lift değerleri de eşzamanlı olarak plot ettirilmiştir.



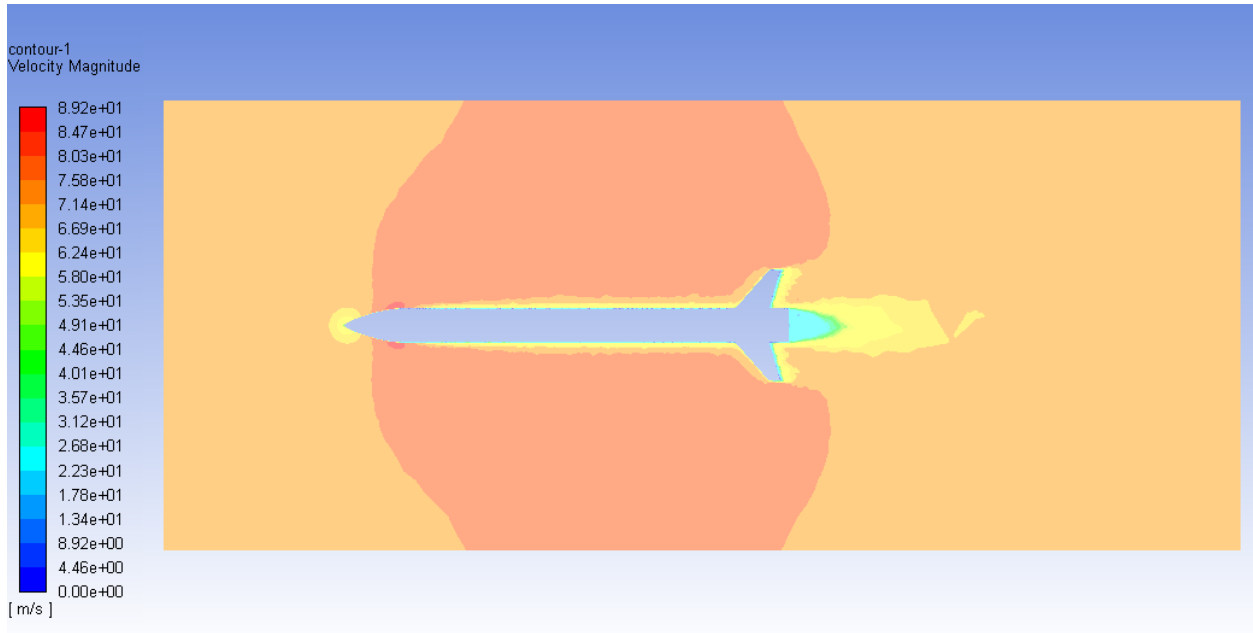


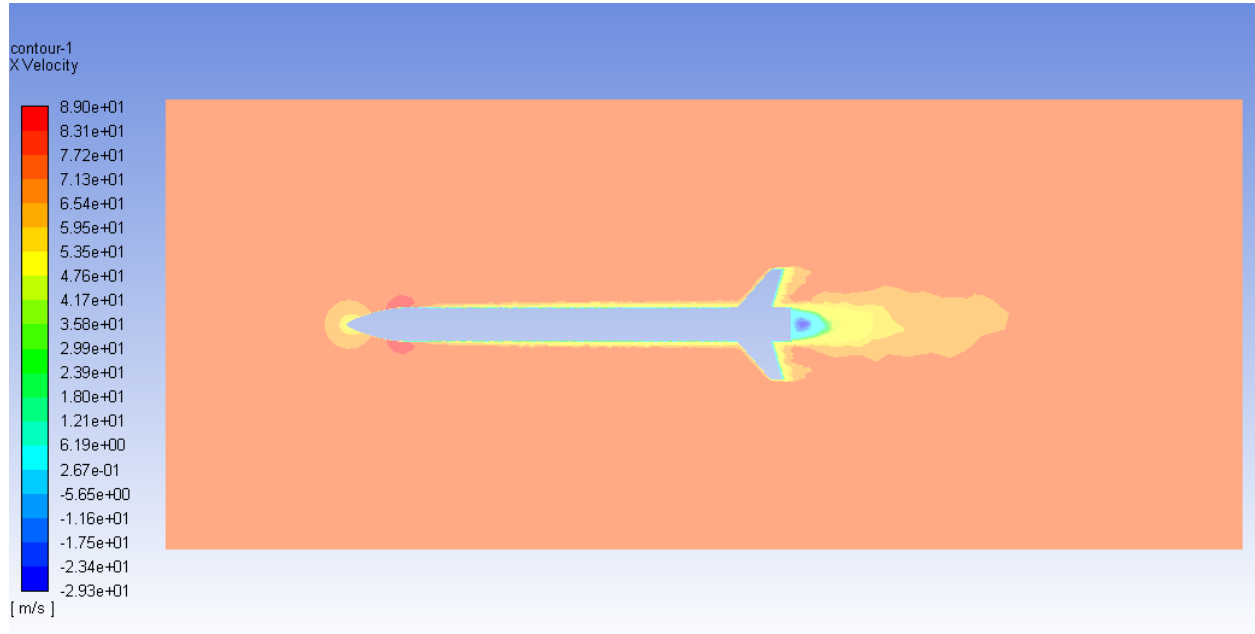
Basınç contourleri:





Hız contourleri:





Ve böylelikle referans roketimizin analizi bitmiş, asıl görmek istediğimiz roketlerin analizlerine geçilmiştir.

b) Multistage Roket 1-C Ansys Analizi

| Input | Output |
|--|--|
| <p>Reset to Sea Level Conditions</p> <p>U_{∞}:</p> <p>72.7324</p> <p>freestream velocity (m/s)</p> <p>ρ:</p> <p>1.225</p> <p>freestream density (kg/m³)</p> <p>μ:</p> <p>0.000018375</p> <p>dynamic viscosity (kg/m s)</p> <p>L:</p> <p>0.253</p> <p>reference length (m)</p> <p>y^+:</p> <p>5</p> <p>desired y^+</p> | <p>Compute Wall Spacing</p> <p>Δs:</p> <p>0.00002461914101469583</p> <p>wall spacing (m)</p> <p>Re_x:</p> <p>1226753.1466666667</p> <p>Reynolds number</p> <p>Note: -1 indicates an input error</p> |

-Mesh

| Details of "Inflation" - Inflation | |
|---|-----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 2 Bodies |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Boundary Scoping Method | Named Selections |
| Boundary | wall |
| Inflation Option | First Layer Thickness |
| <input type="checkbox"/> First Layer Height | 2.4626e-002 mm |
| <input type="checkbox"/> Maximum Layers | 10 |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | 1.2 |
| Inflation Algorithm | Pre |

Outline

Filter: Name

- Mesh
 - Inflation
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Edge Sizing
 - Face Sizing 3
 - Named Selections

Details of "Face Sizing" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 16 Faces

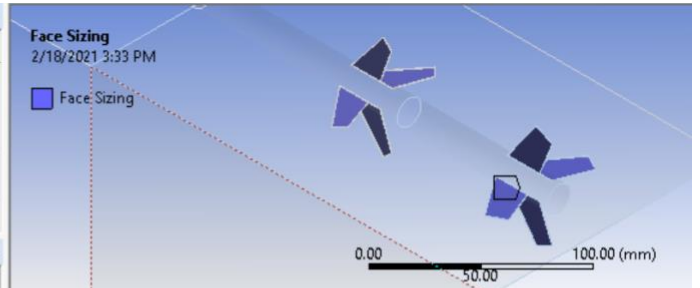
Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
Element Size: 0.4 mm

Advanced

Defeature Size: Default (0.2 mm)
Size Function: Uniform
Behavior: Soft
Growth Rate: Default (1.20)

Face Sizing
2/18/2021 3:33 PM



Face Sizing

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Association |
|---|--------------|
| Info: The mesh translation to Fluent was successful. | Project> Moc |
| Warning: Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Project> Moc |

Outline

Filter: Name

- Mesh
 - Inflation
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Edge Sizing
 - Face Sizing 3
 - Named Selections

Details of "Face Sizing 2" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 1 Face

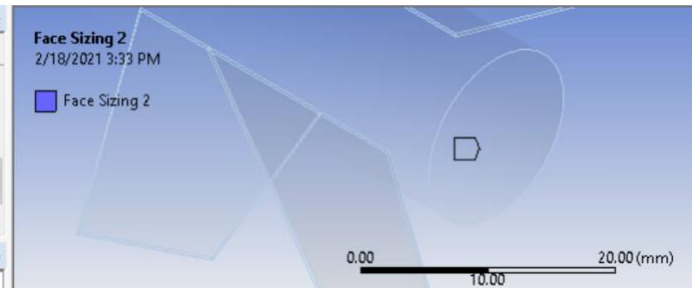
Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
Element Size: 0.4 mm

Advanced

Defeature Size: Default (0.2 mm)
Size Function: Uniform
Behavior: Soft
Growth Rate: Default (1.20)

Face Sizing 2
2/18/2021 3:33 PM



Face Sizing 2

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Association |
|---|--------------|
| Info: The mesh translation to Fluent was successful. | Project> Moc |
| Warning: Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Project> Moc |

Outline

Filter: Name

- Mesh
 - Inflation
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Edge Sizing
 - Face Sizing 3
 - Named Selections

Details of "Edge Sizing" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 64 Edges

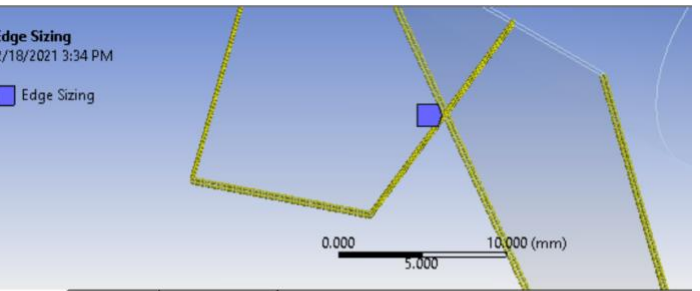
Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
Element Size: 0.2 mm

Advanced

Size Function: Uniform
Behavior: Soft
Growth Rate: Default (1.20)
Bias Type: No Bias

Edge Sizing
2/18/2021 3:34 PM

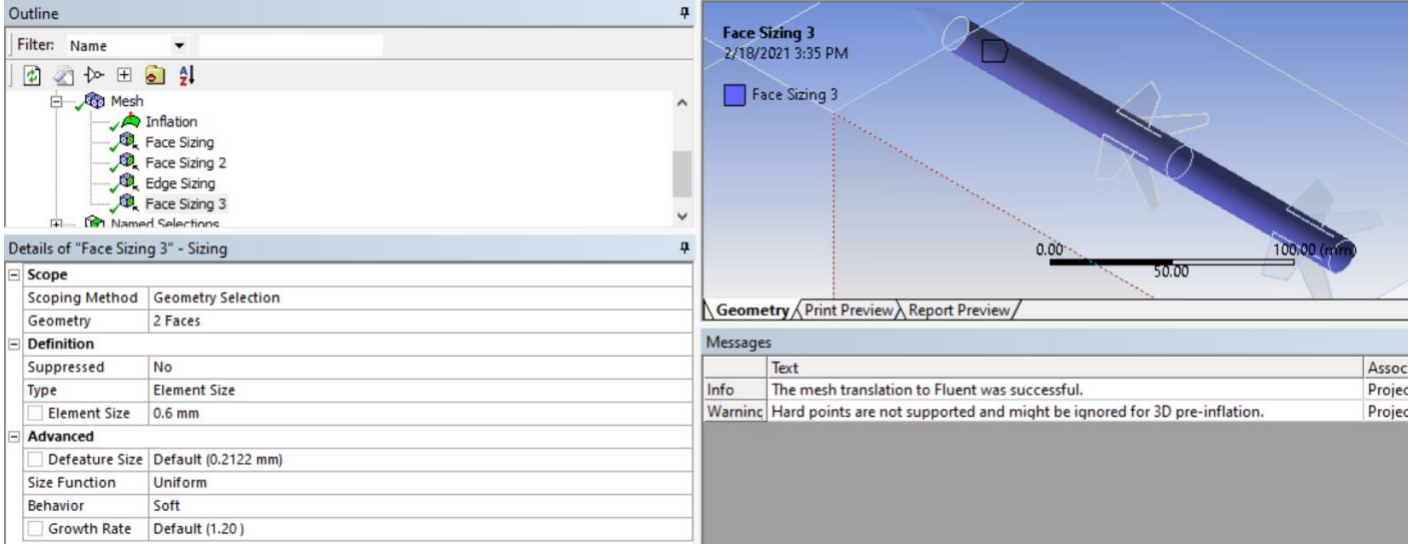


Edge Sizing

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Association |
|---|--------------|
| Info: The mesh translation to Fluent was successful. | Project> Moc |
| Warning: Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Project> Moc |



Face Sizing 3
2/18/2021 3:35 PM

Face Sizing 3

0.00 50.00 100.00 (mm)

Details of "Face Sizing 3" - Sizing

| Scope | |
|---|---------------------|
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 2 Faces |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 0.6 mm |
| Advanced | |
| <input type="checkbox"/> Defeature Size | Default (0.2122 mm) |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |

Messages

| Text | Assoc |
|---|--------|
| Info: The mesh translation to Fluent was successful. | Projec |
| Warning: Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Projec |

Bütün sizinglerden sonra elde ettiğimiz ve bizim için temel değerlendirme kriterleri olan; Aspect Ratio, Skewness ve OQ değerlerimiz aşağıda verilmiştir:

| Quality | |
|---|--------------|
| Check Mesh Qua... | Yes, Errors |
| <input type="checkbox"/> Target Skewn... | 0.6 |
| Smoothing | Medium |
| Mesh Metric | Aspect Ratio |
| <input type="checkbox"/> Min | 1.1677 |
| <input type="checkbox"/> Max | 735.67 |
| <input type="checkbox"/> Average | 6.1101 |
| <input type="checkbox"/> Standard Devi... | 7.9879 |

| Mesh Metric | Skewness |
|---|-------------|
| <input type="checkbox"/> Min | 1.9412e-004 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.74883 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.25318 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.15373 |

| Mesh Metric | Orthogonal Quality |
|---|--------------------|
| <input type="checkbox"/> Min | 4.8477e-002 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.99836 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.7434 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.15786 |

Eleman sayımız ise şu şekildedir:

| Statistics | |
|-----------------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> Nodes | 1334446 |
| <input type="checkbox"/> Elements | 4225210 |

-Setup

Models

Models

- Multiphase - Off
- Energy - Off
- Viscous - SST k-omega**
- Radiation - Off
- Heat Exchanger - Off
- Species - Off
- Discrete Phase - Off
- Solidification & Melting - Off
- Acoustics - Off
- Eulerian Wall Film - Off
- Electric Potential - Off

Edit...

Help

Viscous Model

Model

- Inviscid
- Laminar
- Spalart-Allmaras (1 eqn)
- k-epsilon (2 eqn)
- k-omega (2 eqn)
- Transition k-k-omega (3 eqn)
- Transition SST (4 eqn)
- Reynolds Stress (7 eqn)
- Scale-Adaptive Simulation (SAS)
- Detached Eddy Simulation (DES)
- Large Eddy Simulation (LES)

k-omega Model

- Standard
- BSL
- SST

k-omega Options

- Low-Re Corrections

Options

- Curvature Correction
- Production Kato-Launder
- Production Limiter
- Intermittency Transition Model

Model Constants

| | |
|-----------------------|--------|
| Alpha*_inf | 1 |
| Alpha_inf | 0.52 |
| Beta*_inf | 0.09 |
| a1 | 0.31 |
| Beta_i (Inner) | 0.075 |
| Beta_i (Outer) | 0.0828 |
| TKE (Inner) Prandtl # | 1.176 |
| TKE (Outer) Prandtl # | 1 |
| SDR (Inner) Prandtl # | 2 |
| SDR (Outer) Prandtl # | |

User-Defined Functions

Turbulent Viscosity

none

OK Cancel Help

Reference Values

Compute from

inlet

Reference Values

| | |
|-------------------------|------------|
| Area (m2) | 0.04 |
| Density (kg/m3) | 1.225 |
| Enthalpy (j/kg) | 0 |
| Length (m) | 0.201 |
| Pressure (pascal) | 0 |
| Temperature (k) | 288.16 |
| Velocity (m/s) | 80 |
| Viscosity (kg/m-s) | 1.7894e-05 |
| Ratio of Specific Heats | 1.4 |

Reference Zone

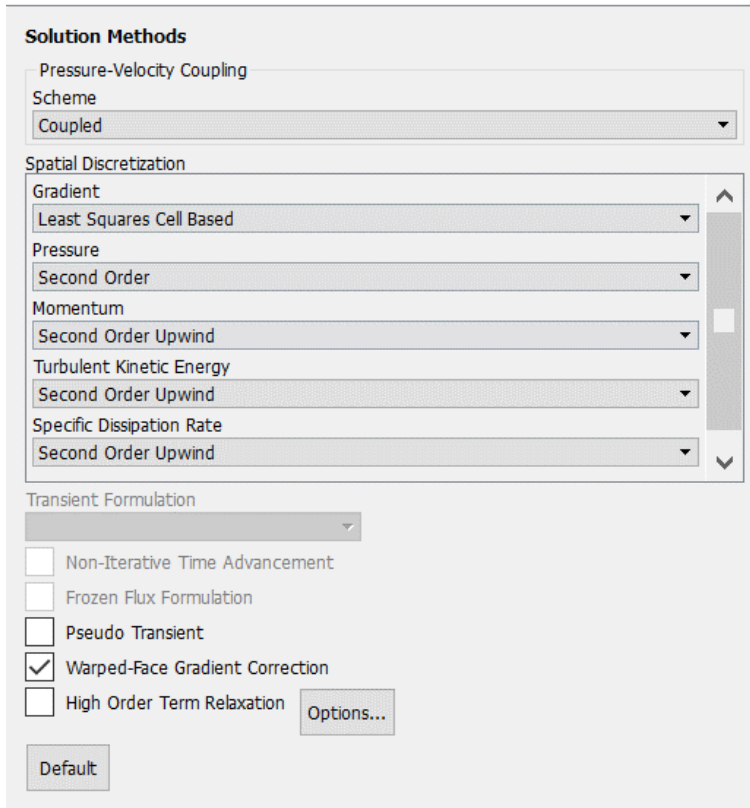
34

I.T.Ü. PARS Roket Grubu

Analizimizin sonunda Ansys Workbench hatası aldığımız için Setup bölümünü rapora ekran görüntüsü olarak ekleyemedik. Ancak analiz sonuçlarımızın görsellerini kurtarmayı başardık. Setup bölümünde referans roketi ile sadece ufak tefek farklılıklar mevcut:

- Reference Values kısmında;
Area: 0.1
Velocity: 72.7324
Length: 0.253
- Boundary Conditions kısmında;
Velocity Inlet, X-Velocity: 72.7324

Olacak şekilde düzenlemeler yapılmış, geri kalan değerler referans roketimiz ile aynı kalmıştır.



Solution Methods

Pressure-Velocity Coupling
Scheme
Coupled

Spatial Discretization

Gradient
Least Squares Cell Based

Pressure
Second Order

Momentum
Second Order Upwind

Turbulent Kinetic Energy
Second Order Upwind

Specific Dissipation Rate
Second Order Upwind

Transient Formulation

Non-Iterative Time Advancement

Frozen Flux Formulation

Pseudo Transient

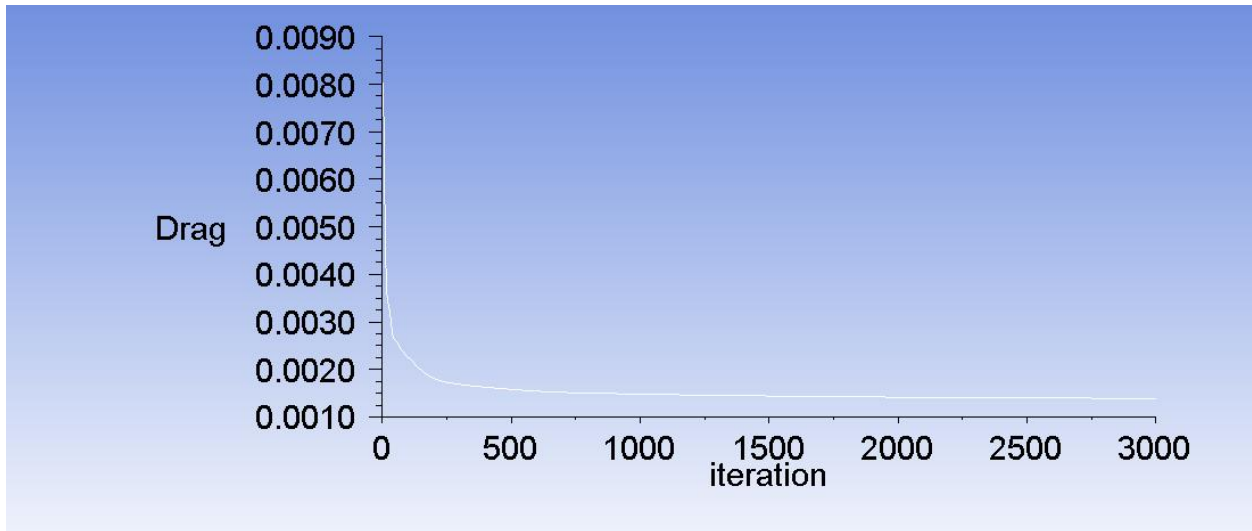
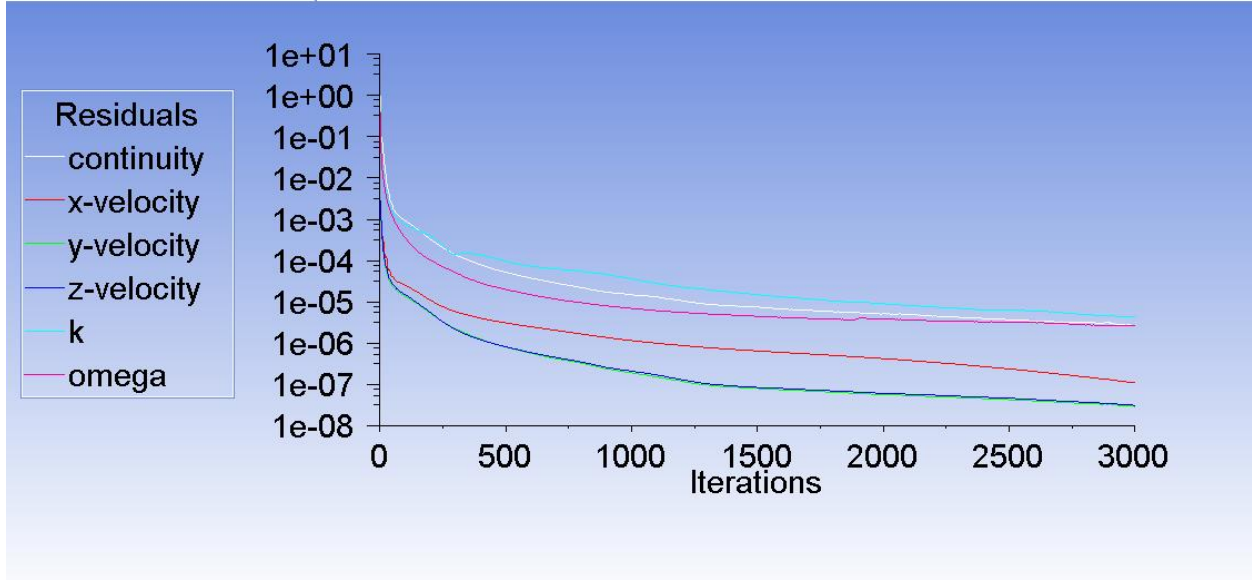
Warped-Face Gradient Correction

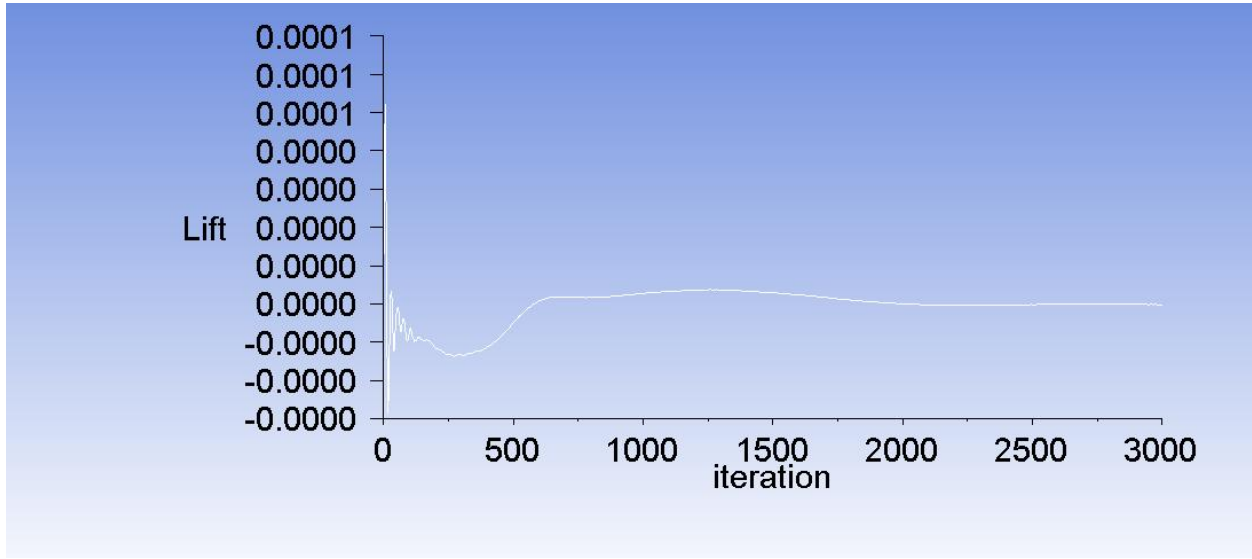
High Order Term Relaxation [Options...](#)

[Default](#)

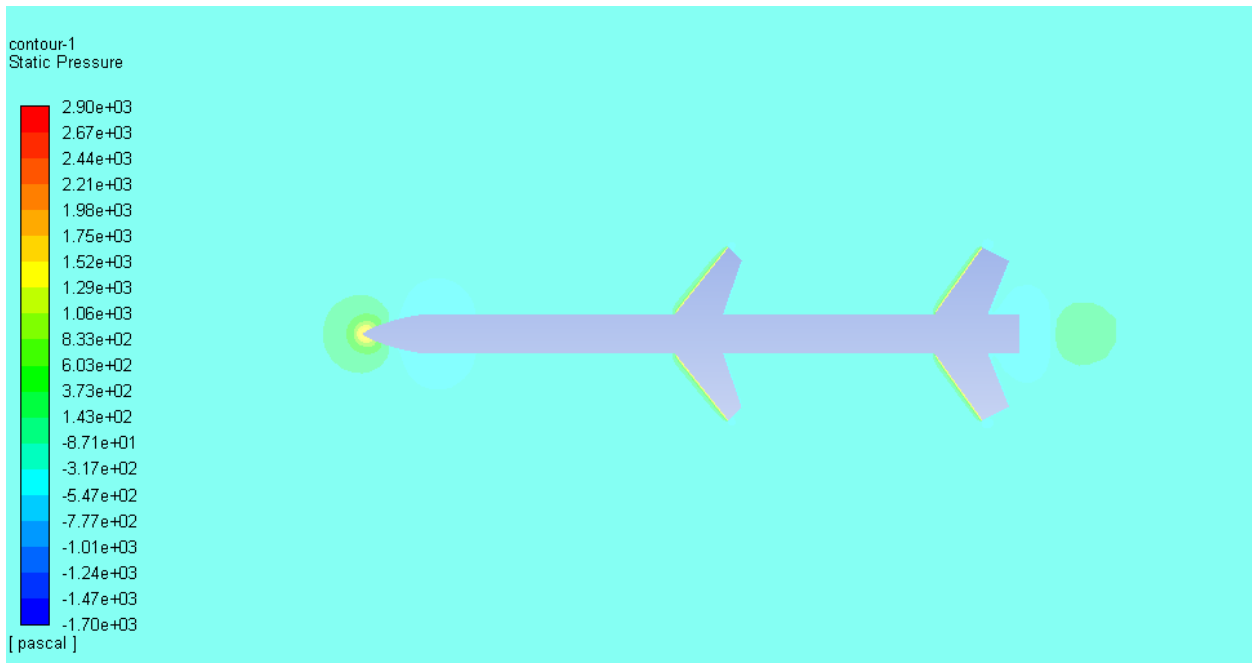
-Results

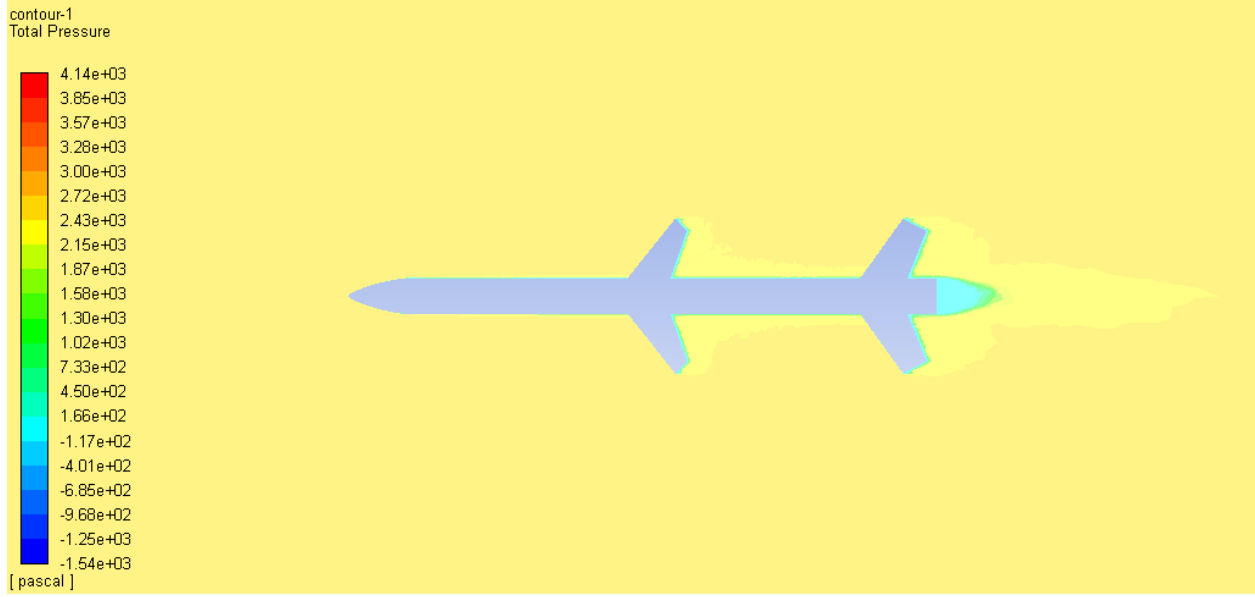
Results kısmına geçmeden önce hybrid initialization yapılarak çözüm aşamasına geçilmiştir. Yaklaşık 3000 iteration verilerek çözüm grafiklerimize ulaşılmıştır. Drag ve lift değerleri de eşzamanlı olarak plot ettirilmiştir.



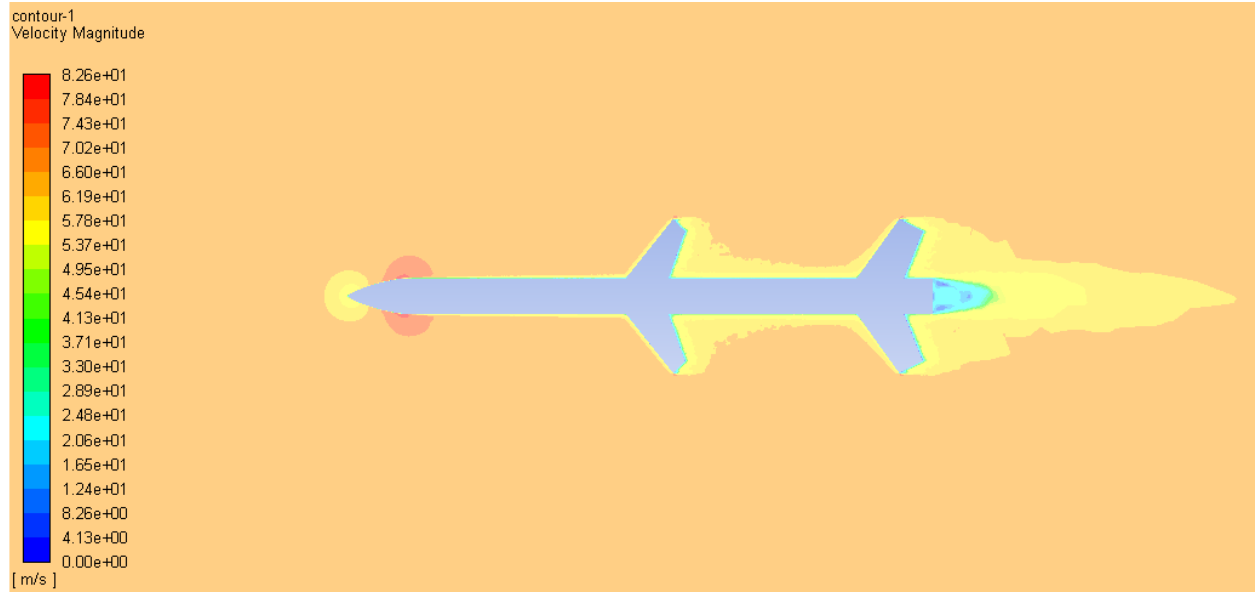


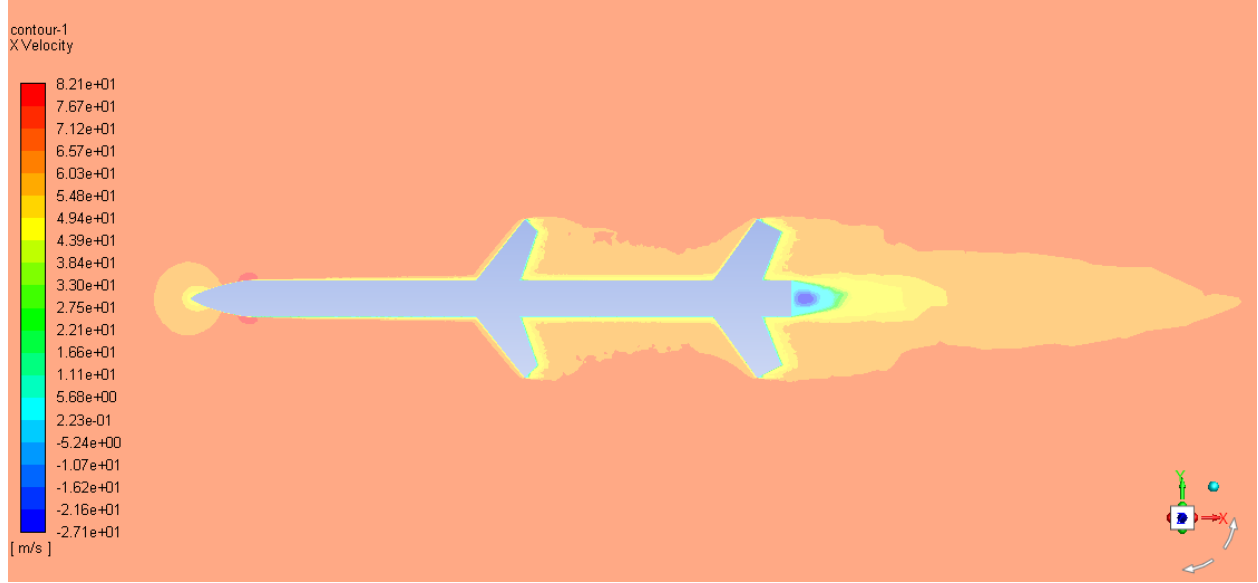
Basınç contourleri:





Hız contourleri:





Bu şekilde Roket 1-C analizimiz tamamlanmıştır.

c) Multistage Roket 1-C (45 Derece Döndürülmüş) Ansys Analizi

| Input | Output |
|---|-----------------------------------|
| Reset to Sea Level Conditions | Compute Wall Spacing |
| U_{∞} : | Δs : |
| 72.7324 | 0.00002461914101469583 |
| freestream velocity (m/s) | wall spacing (m) |
| ρ : | Re_x : |
| 1.225 | 1226753.1466666667 |
| freestream density (kg/m ³) | Reynolds number |
| μ : | Note: -1 indicates an input error |
| 0.000018375 | |
| dynamic viscosity (kg/m s) | |
| L: | |
| 0.253 | |
| reference length (m) | |
| y^+ : | |
| 5 | |
| desired y^+ | |

-Mesh

| Details of "Inflation" - Inflation | |
|---|-----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 2 Bodies |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Boundary Scoping Method | Named Selections |
| Boundary | wall |
| Inflation Option | First Layer Thickness |
| <input type="checkbox"/> First Layer Height | 2.4626e-002 mm |
| <input type="checkbox"/> Maximum Layers | 10 |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | 1.2 |
| Inflation Algorithm | Pre |

Outline

Filter: Name

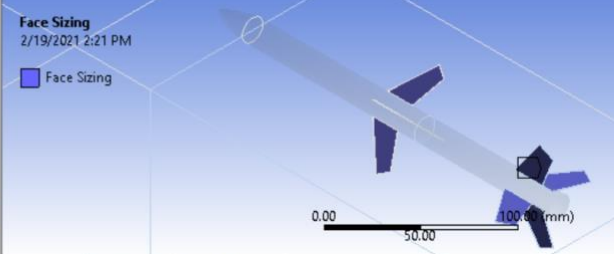
- Inflation
- Face Sizing
- Edge Sizing
- Face Sizing 2
- Face Sizing 3
- Named Selections

Details of "Face Sizing" - Sizing

| | |
|---|----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 16 Faces |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 0.4 mm |
| Advanced | |
| <input type="checkbox"/> Defeature Size | Default (0.19119 mm) |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |

Face Sizing
2/19/2021 2:21 PM

Face Sizing



0.00 50.00 100.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Assoc |
|--|-------|
| Info The mesh translation to Fluent was successful. | Proje |
| Warning Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Proje |

Outline

Filter: Name

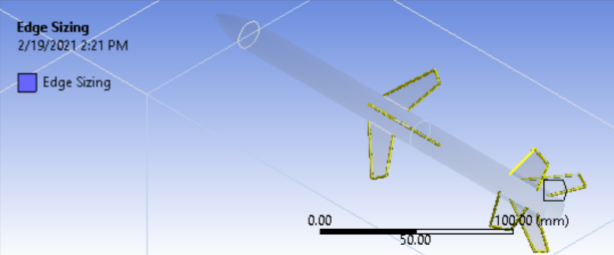
- Inflation
- Face Sizing
- Edge Sizing
- Face Sizing 2
- Face Sizing 3
- Named Selections

Details of "Edge Sizing" - Sizing

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 64 Edges |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 0.3 mm |
| Advanced | |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |
| Bias Type | No Bias |

Edge Sizing
2/19/2021 2:21 PM

Edge Sizing



0.00 50.00 100.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Assoc |
|--|-------|
| Info The mesh translation to Fluent was successful. | Proje |
| Warning Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Proje |

Outline

Filter: Name

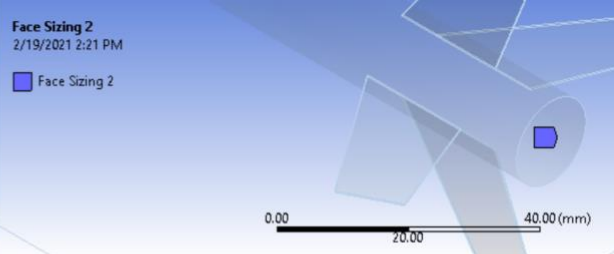
- Inflation
- Face Sizing
- Edge Sizing
- Face Sizing 2
- Face Sizing 3
- Named Selections

Details of "Face Sizing 2" - Sizing

| | |
|---|----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 1 Face |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Type | Element Size |
| <input type="checkbox"/> Element Size | 0.4 mm |
| Advanced | |
| <input type="checkbox"/> Defeature Size | Default (0.19119 mm) |
| Size Function | Uniform |
| Behavior | Soft |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | Default (1.20) |

Face Sizing 2
2/19/2021 2:21 PM

Face Sizing 2

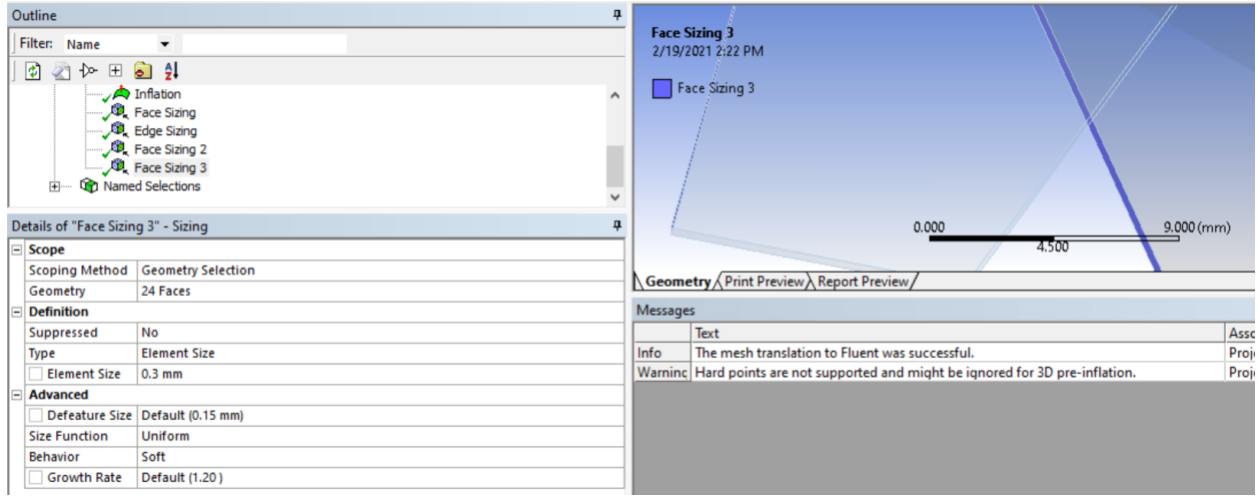


0.00 20.00 40.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Assoc |
|--|---------|
| Info The mesh translation to Fluent was successful. | Project |
| Warning Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Project |



Face Sizing 3
2/19/2021 2:22 PM

Face Sizing 3

0.000 4.500 9.000 (mm)

Details of "Face Sizing 3" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 24 Faces

Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
 Element Size: 0.3 mm

Advanced

Defeature Size: Default (0.15 mm)
Size Function: Uniform
Behavior: Soft
 Growth Rate: Default (1.20)

Messages

| Text | Assc |
|---|------|
| Info: The mesh translation to Fluent was successful. | Proj |
| Warning: Hard points are not supported and might be ignored for 3D pre-inflation. | Proj |

Bütün sizinglerden sonra elde ettiğimiz ve bizim için temel değerlendirme kriterleri olan; Aspect Ratio, Skewness ve OQ değerlerimiz aşağıda verilmiştir:

| Quality | |
|---|--------------|
| Check Mesh Qua... | Yes, Errors |
| <input type="checkbox"/> Target Skewn... | 0.6 |
| Smoothing | Medium |
| Mesh Metric | Aspect Ratio |
| <input type="checkbox"/> Min | 1.1683 |
| <input type="checkbox"/> Max | 665.2 |
| <input type="checkbox"/> Average | 7.5994 |
| <input type="checkbox"/> Standard Devi... | 14.36 |

| Mesh Metric | Skewness |
|---|-------------|
| <input type="checkbox"/> Min | 5.6867e-004 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.79455 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.27122 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.14701 |

| Mesh Metric | Orthogonal Quality |
|---|--------------------|
| <input type="checkbox"/> Min | 2.1451e-002 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.9989 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.72152 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.16166 |

Eleman sayımız ise şu şekildedir:

| Statistics | |
|-----------------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> Nodes | 821610 |
| <input type="checkbox"/> Elements | 2621531 |

Models

Models

- Multiphase - Off
- Energy - Off
- Viscous - SST k-omega**
- Radiation - Off
- Heat Exchanger - Off
- Species - Off
- Discrete Phase - Off
- Solidification & Melting - Off
- Acoustics - Off
- Eulerian Wall Film - Off
- Electric Potential - Off

Edit...

Help

Viscous Model

Model

- Inviscid
- Laminar
- Spalart-Allmaras (1 eqn)
- k-epsilon (2 eqn)
- k-omega (2 eqn)
- Transition k-k-omega (3 eqn)
- Transition SST (4 eqn)
- Reynolds Stress (7 eqn)
- Scale-Adaptive Simulation (SAS)
- Detached Eddy Simulation (DES)
- Large Eddy Simulation (LES)

k-omega Model

- Standard
- BSL
- SST

k-omega Options

- Low-Re Corrections

Options

- Curvature Correction
- Production Kato-Launder
- Production Limiter
- Intermittency Transition Model

Model Constants

- Alpha*_inf: 1
- Alpha_inf: 0.52
- Beta*_inf: 0.09
- a1: 0.31
- Beta_i (Inner): 0.075
- Beta_i (Outer): 0.0828
- TKE (Inner) Prandtl #: 1.176
- TKE (Outer) Prandtl #: 1
- SDR (Inner) Prandtl #: 2
- SDR (Outer) Prandtl #: 2

User-Defined Functions

Turbulent Viscosity: none

OK Cancel Help

Reference Values

Compute from: inlet

Reference Values

- Area (m2): 0.1
- Density (kg/m3): 1.225
- Enthalpy (j/kg): 0
- Length (m): 0.253
- Pressure (pascal): 0
- Temperature (k): 288.16
- Velocity (m/s): 72.7324
- Viscosity (kg/m-s): 1.7894e-05
- Ratio of Specific Heats: 1.4

Reference Zone

Boundary Conditions

Zone

- inlet
- interior-part_2-solid
- outlet
- symmetry
- wall

Velocity Inlet ✕

Zone Name

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Velocity Specification Method

Reference Frame

Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal)

Coordinate System

X-Velocity (m/s)

Y-Velocity (m/s)

Z-Velocity (m/s)

Turbulence

Specification Method

Turbulent Intensity (%)

Turbulent Viscosity Ratio

Solution Methods

Pressure-Velocity Coupling

Scheme

Spatial Discretization

Gradient

Pressure

Momentum

Turbulent Kinetic Energy

Specific Dissipation Rate

Transient Formulation

Non-Iterative Time Advancement

Frozen Flux Formulation

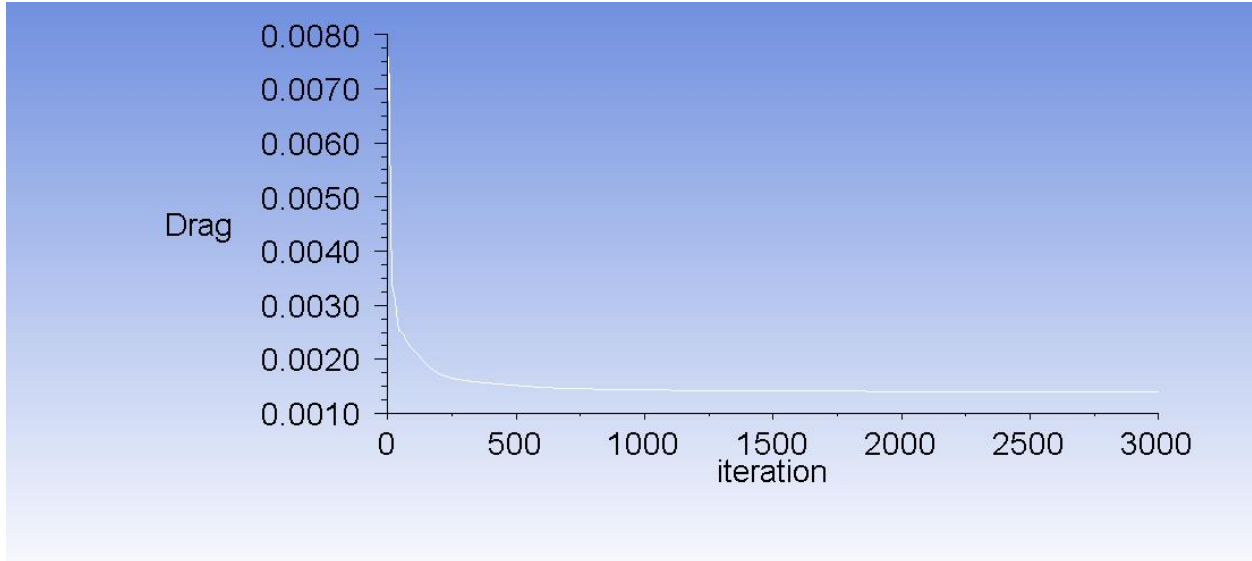
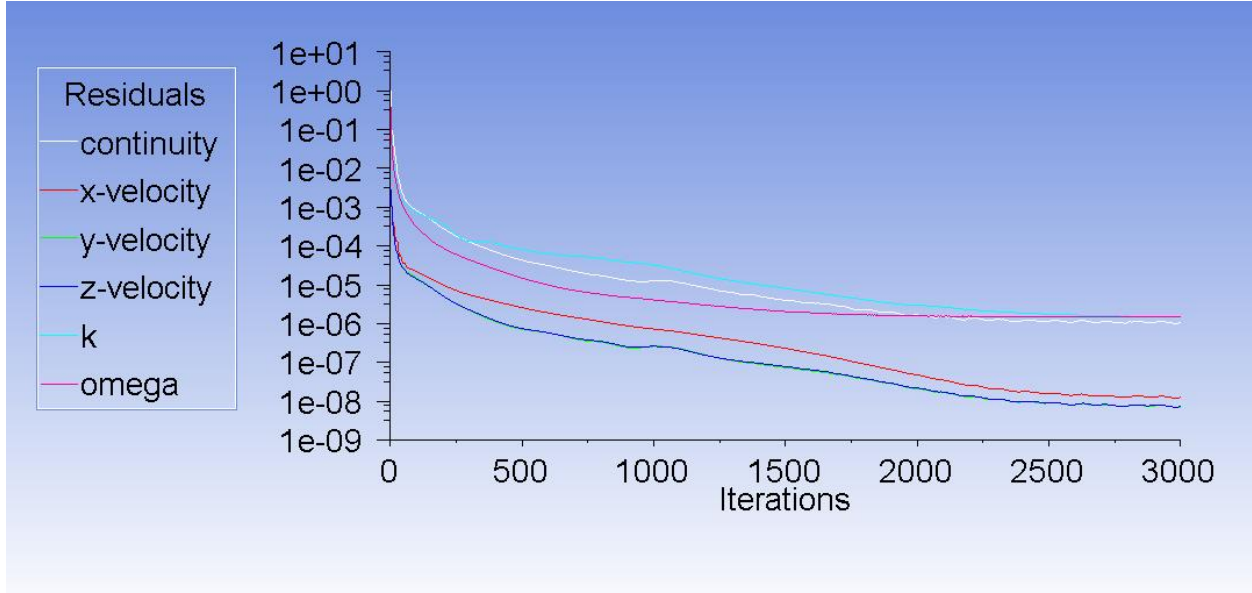
Pseudo Transient

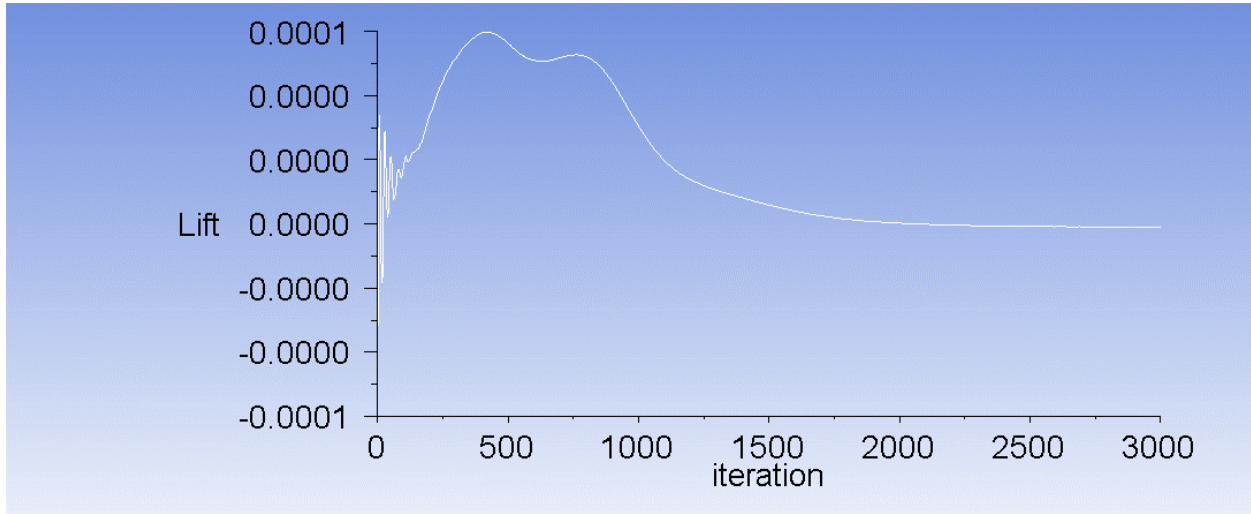
Warped-Face Gradient Correction

High Order Term Relaxation

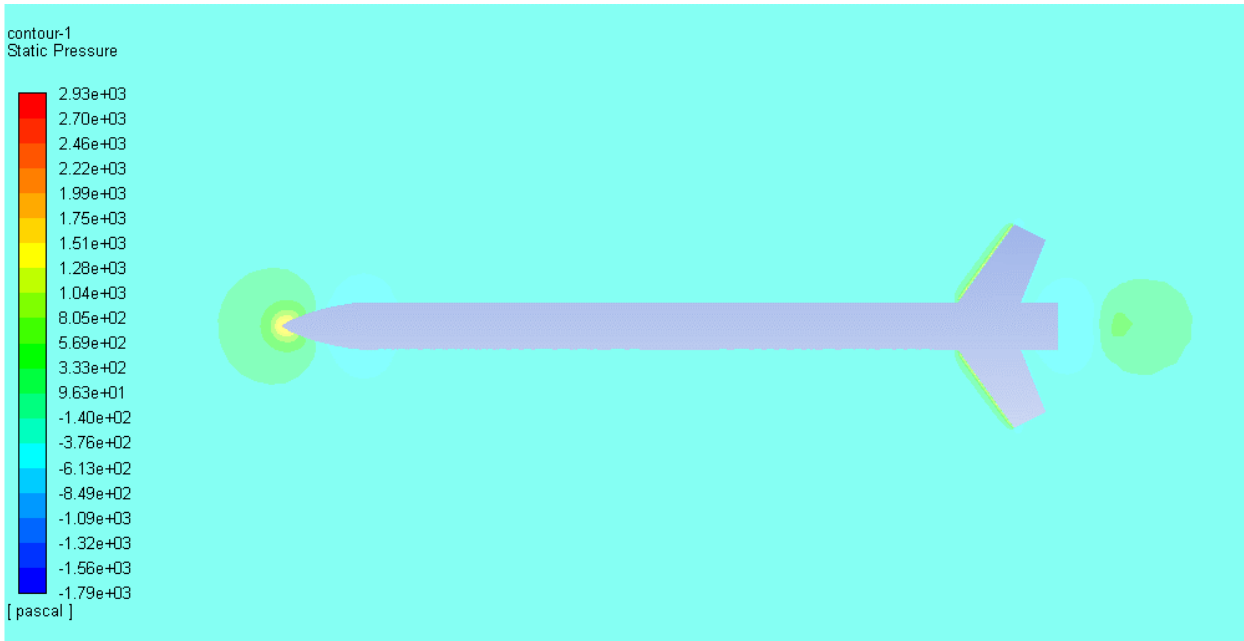
-Results

Results kısmına geçmeden önce hybrid initialization yapılarak çözüm aşamasına geçilmiştir. Yaklaşık 3000 iteration verilerek çözüm grafiklerimize ulaşılmıştır. Drag ve lift değerleri de eşzamanlı olarak plot ettirilmiştir.

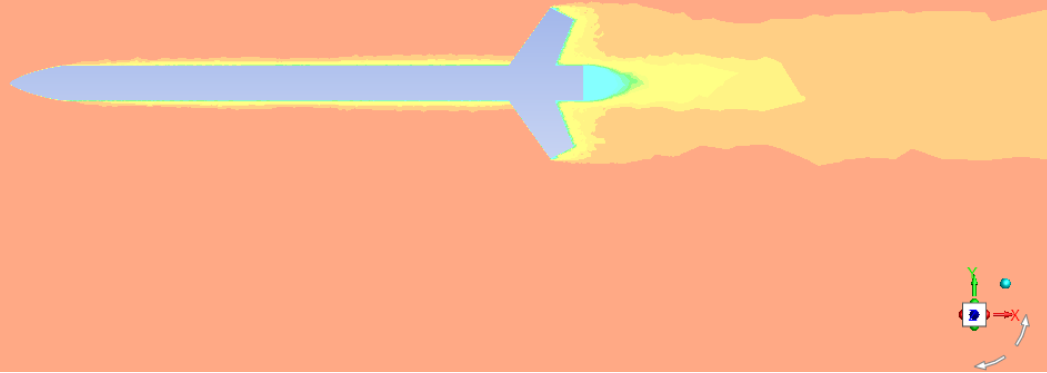
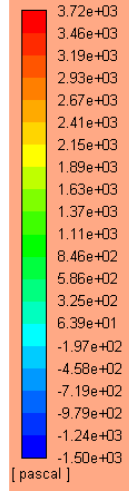




Basınç contourleri:

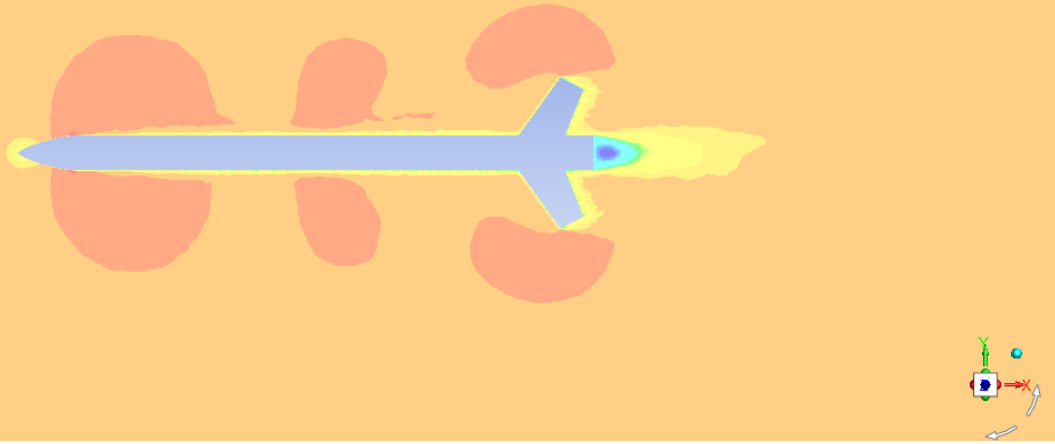
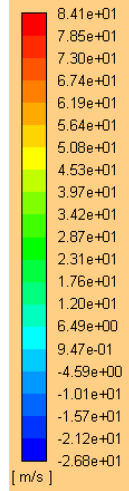


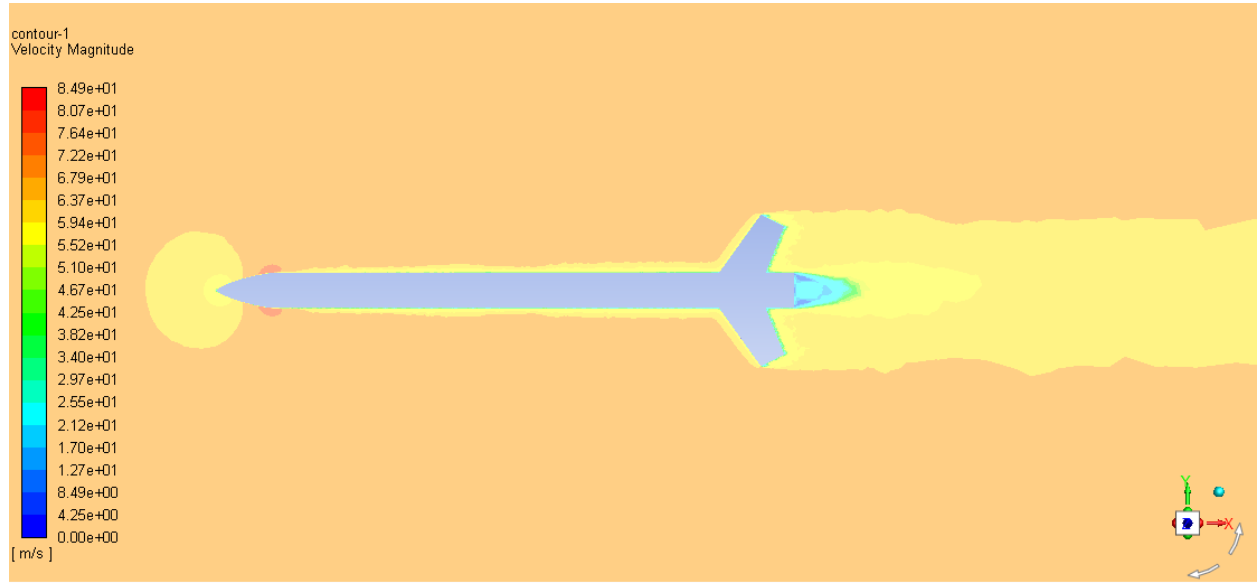
contour-1
Total Pressure



Hız contourleri:

contour-1
X Velocity





Roket 1-C (45 Derece Döndürülmüş) analizimiz tamamlanmıştır.

d) Referans Roketi (Ters Kanatçıklı) Ansys Analizi

| Input | Output |
|--|---|
| <p>Reset to Sea Level Conditions</p> <p>U_{∞}:</p> <p>80 freestream velocity (m/s)</p> <p>ρ:</p> <p>1.225 freestream density (kg/m³)</p> <p>μ:</p> <p>0.000018375 dynamic viscosity (kg/m s)</p> <p>L:</p> <p>0.201 reference length (m)</p> <p>y^+:</p> <p>5 desired y^+</p> | <p>Compute Wall Spacing</p> <p>Δs:</p> <p>0.00002216806566405927 wall spacing (m)</p> <p>Re_x:</p> <p>1072000 Reynolds number</p> <p>Note: -1 indicates an input error</p> |

- Mesh

| Details of "Inflation" - Inflation | |
|---|-----------------------|
| Scope | |
| Scoping Method | Geometry Selection |
| Geometry | 2 Bodies |
| Definition | |
| Suppressed | No |
| Boundary Scoping Method | Named Selections |
| Boundary | wall |
| Inflation Option | First Layer Thickness |
| <input type="checkbox"/> First Layer Height | 2.216e-002 mm |
| <input type="checkbox"/> Maximum Layers | 10 |
| <input type="checkbox"/> Growth Rate | 1.2 |
| Inflation Algorithm | Pre |

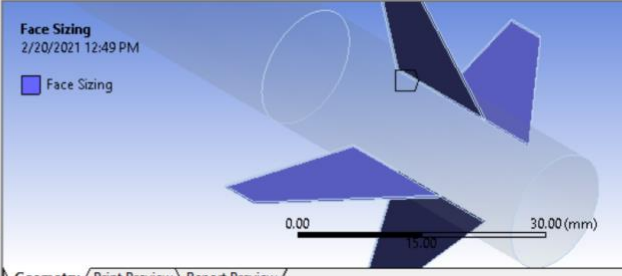
Outline

Filter: Name

- Mesh
 - Inflation
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Face Sizing 3
 - Named Selections

Face Sizing
2/20/2021 12:49 PM

Face Sizing



0.00 15.00 30.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Asso |
|---|-------|
| The mesh translation to Fluent was successful. | Proje |
| The selective body meshing is not being recorded, so the meshing may not be persister | Proje |

Details of "Face Sizing" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 8 Faces

Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
Element Size: 0.1 mm

Advanced

Defeature Size: Default (5.e-002 mm)
Size Function: Uniform
Behavior: Soft
Growth Rate: Default (1.20)

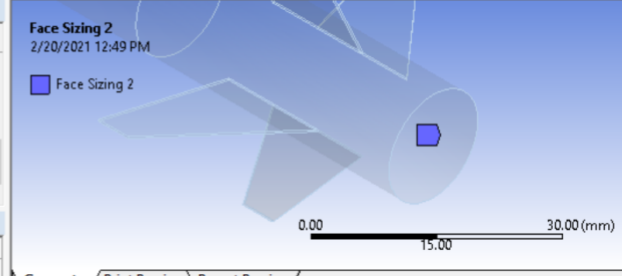
Outline

Filter: Name

- Mesh
 - Inflation
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Face Sizing 3
 - Named Selections

Face Sizing 2
2/20/2021 12:49 PM

Face Sizing 2



0.00 15.00 30.00 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | As |
|---|----|
| The mesh translation to Fluent was successful. | Pi |
| The selective body meshing is not being recorded, so the meshing may not be persister | Pi |

Details of "Face Sizing 2" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 1 Face

Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
Element Size: 0.2 mm

Advanced

Defeature Size: Default (0.1 mm)
Size Function: Uniform
Behavior: Soft
Growth Rate: Default (1.20)

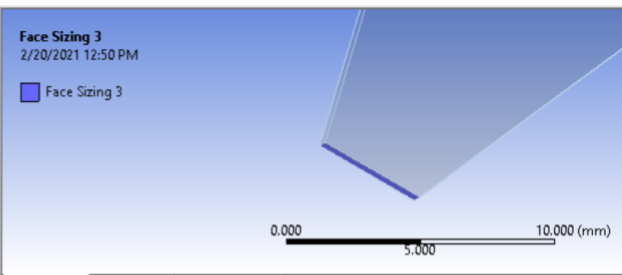
Outline

Filter: Name

- Mesh
 - Inflation
 - Face Sizing
 - Face Sizing 2
 - Face Sizing 3
 - Named Selections

Face Sizing 3
2/20/2021 12:50 PM

Face Sizing 3



0.000 5.000 10.000 (mm)

Geometry | Print Preview | Report Preview

Messages

| Text | Asso |
|---|-------|
| The mesh translation to Fluent was successful. | Proje |
| The selective body meshing is not being recorded, so the meshing may not be persister | Proje |

Details of "Face Sizing 3" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection
Geometry: 4 Faces

Definition

Suppressed: No
Type: Element Size
Element Size: 0.2 mm

Advanced

Defeature Size: Default (0.1 mm)
Size Function: Uniform
Behavior: Soft
Growth Rate: Default (1.20)

Bütün sizinglerden sonra elde ettiğimiz ve bizim için temel değerlendirme kriterleri olan; Aspect Ratio, Skewness ve OQ değerlerimiz aşağıda verilmiştir:

| Quality | |
|---|--------------|
| Check Mesh Qua... | Yes, Errors |
| <input type="checkbox"/> Target Skewn... | 0.6 |
| Smoothing | Medium |
| Mesh Metric | Aspect Ratio |
| <input type="checkbox"/> Min | 1.1608 |
| <input type="checkbox"/> Max | 955.84 |
| <input type="checkbox"/> Average | 3.5682 |
| <input type="checkbox"/> Standard Devi... | 7.315 |

| Mesh Metric | Skewness |
|---|-------------|
| <input type="checkbox"/> Min | 1.6528e-005 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.94277 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.25003 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.14373 |

| Mesh Metric | Orthogonal Quality |
|---|--------------------|
| <input type="checkbox"/> Min | 1.2538e-002 |
| <input type="checkbox"/> Max | 0.9994 |
| <input type="checkbox"/> Average | 0.74938 |
| <input type="checkbox"/> Standard Deviation | 0.14379 |

Eleman sayımız ise şu şekildedir:

| Statistics | |
|-----------------------------------|---------|
| <input type="checkbox"/> Nodes | 1685019 |
| <input type="checkbox"/> Elements | 4343587 |

Models

Models

- Multiphase - Off
- Energy - Off
- Viscous - SST k-omega**
- Radiation - Off
- Heat Exchanger - Off
- Species - Off
- Discrete Phase - Off
- Solidification & Melting - Off
- Acoustics - Off
- Eulerian Wall Film - Off
- Electric Potential - Off

Edit...

Help

Viscous Model

Model

- Inviscid
- Laminar
- Spalart-Allmaras (1 eqn)
- k-epsilon (2 eqn)
- k-omega (2 eqn)
- Transition k-k-omega (3 eqn)
- Transition SST (4 eqn)
- Reynolds Stress (7 eqn)
- Scale-Adaptive Simulation (SAS)
- Detached Eddy Simulation (DES)
- Large Eddy Simulation (LES)

k-omega Model

- Standard
- BSL
- SST

k-omega Options

- Low-Re Corrections

Options

- Curvature Correction
- Production Kato-Launder
- Production Limiter
- Intermittency Transition Model

Model Constants

- Alpha*_inf: 1
- Alpha_inf: 0.52
- Beta*_inf: 0.09
- a1: 0.31
- Beta_j (Inner): 0.075
- Beta_j (Outer): 0.0828
- TKE (Inner) Prandtl #: 1.176
- TKE (Outer) Prandtl #: 1
- SDR (Inner) Prandtl #: 2
- SDR (Outer) Prandtl #: 2

User-Defined Functions

Turbulent Viscosity: none

OK Cancel Help

Reference Values

Compute from: inlet

| Reference Values | |
|-------------------------|------------|
| Area (m2) | 0.04 |
| Density (kg/m3) | 1.225 |
| Enthalpy (j/kg) | 0 |
| Length (m) | 0.201 |
| Pressure (pascal) | 0 |
| Temperature (k) | 288.16 |
| Velocity (m/s) | 80 |
| Viscosity (kg/m-s) | 1.7894e-05 |
| Ratio of Specific Heats | 1.4 |

Reference Zone

Boundary Conditions

Zone

- inlet
- interior-part-solid
- outlet
- symmetry
- wall

Velocity Inlet

Zone Name

Momentum Thermal Radiation Species DPM Multiphase Potential UDS

Velocity Specification Method **Components**

Reference Frame **Absolute**

Supersonic/Initial Gauge Pressure (pascal) **constant**

Coordinate System **Cartesian (X, Y, Z)**

X-Velocity (m/s) **constant**

Y-Velocity (m/s) **constant**

Z-Velocity (m/s) **constant**

Turbulence

Specification Method **Intensity and Viscosity Ratio**

Turbulent Intensity (%) **P**

Turbulent Viscosity Ratio **P**

OK **Cancel** **Help**

Solution Methods

Pressure-Velocity Coupling

Scheme **Coupled**

Spatial Discretization

Gradient **Least Squares Cell Based**

Pressure **Second Order**

Momentum **Second Order Upwind**

Turbulent Kinetic Energy **Second Order Upwind**

Specific Dissipation Rate **Second Order Upwind**

Transient Formulation

Non-Iterative Time Advancement

Frozen Flux Formulation

Pseudo Transient

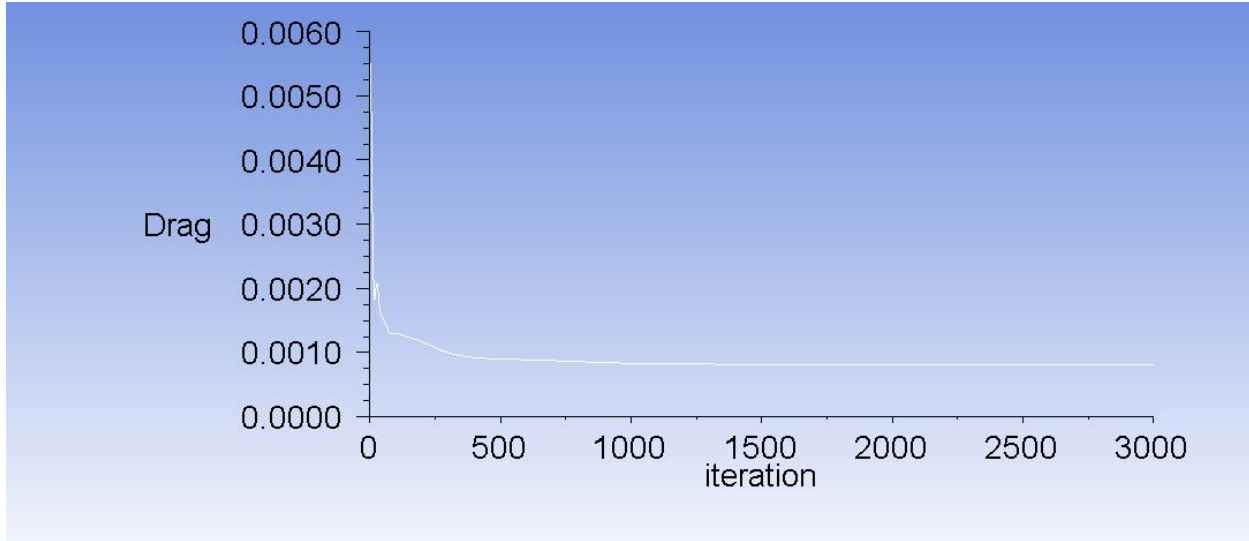
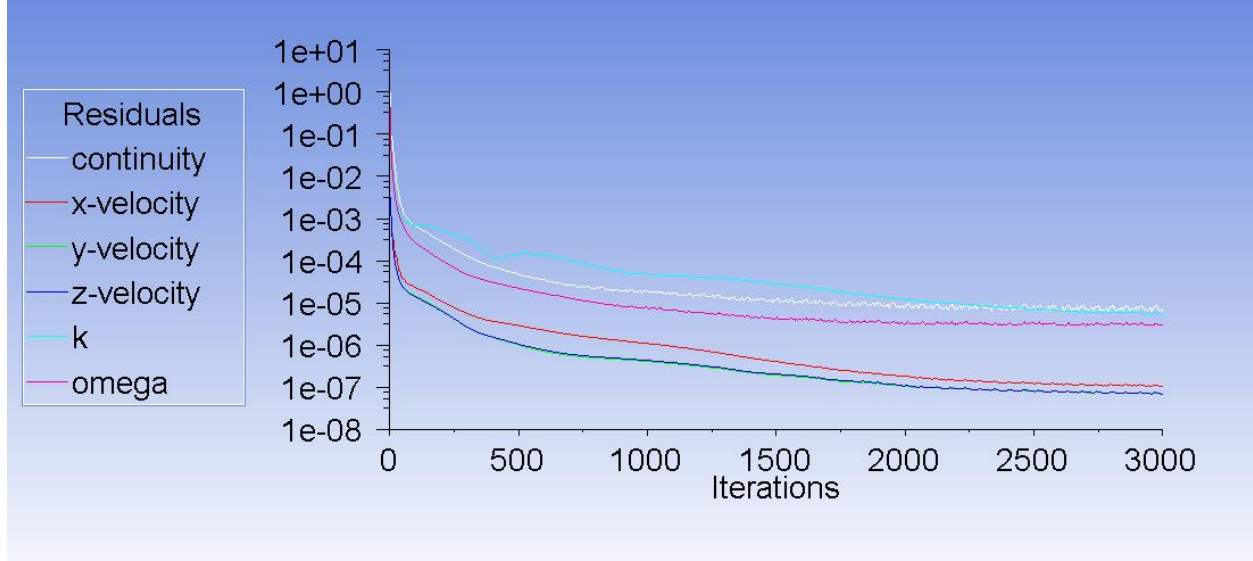
Warped-Face Gradient Correction

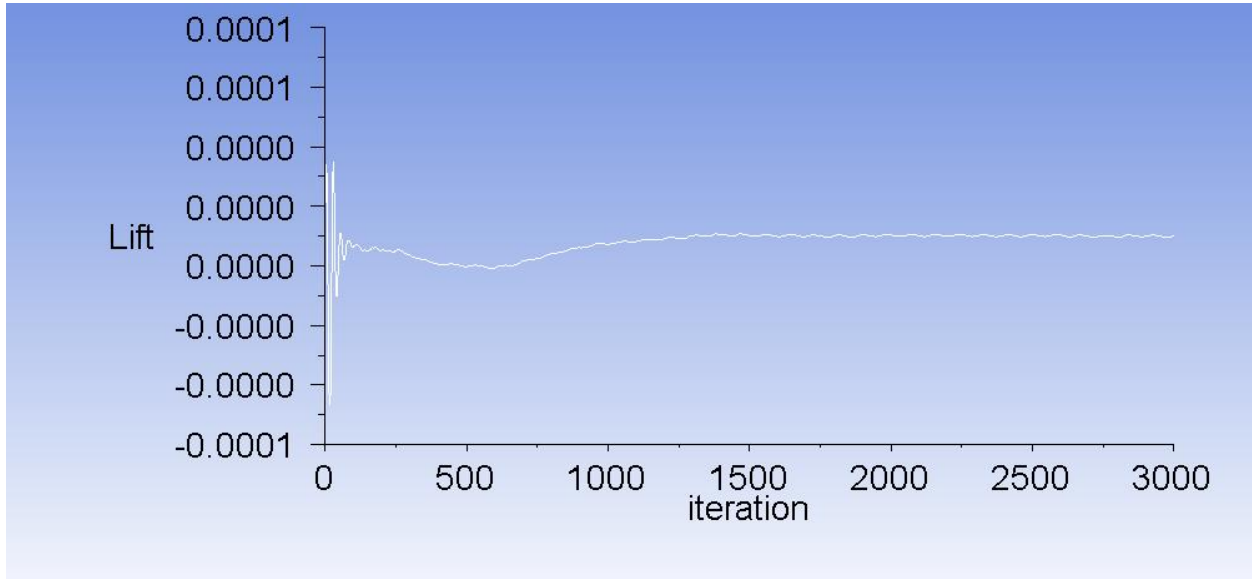
High Order Term Relaxation **Options...**

Default

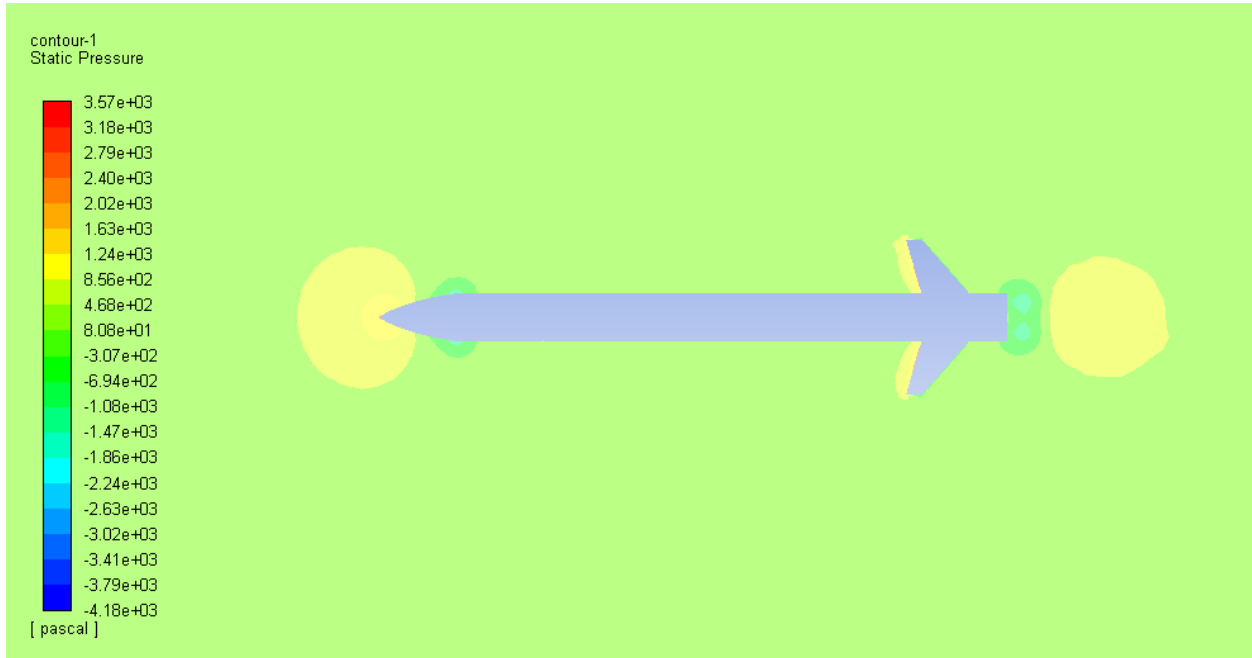
-Results

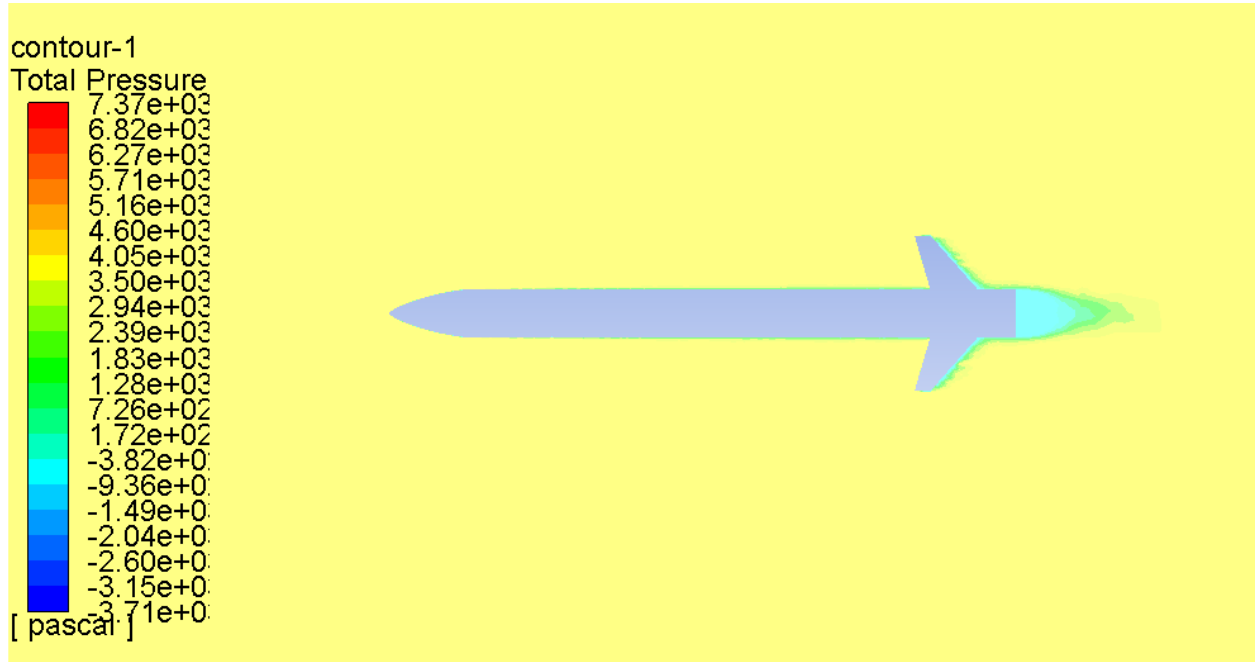
Results kısmına geçmeden önce hybrid initialization yapılarak çözüm aşamasına geçilmiştir. Yaklaşık 3000 iteration verilerek çözüm grafiklerimize ulaşılmıştır. Drag ve lift değerleri de eşzamanlı olarak plot ettirilmiştir.



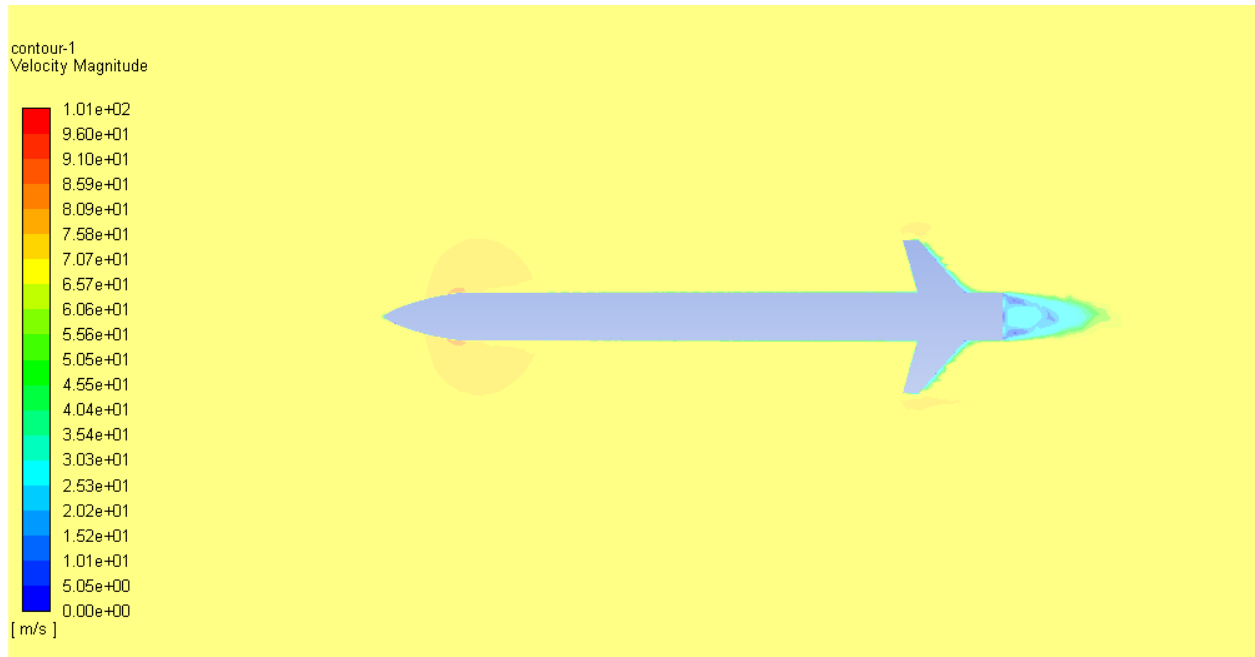


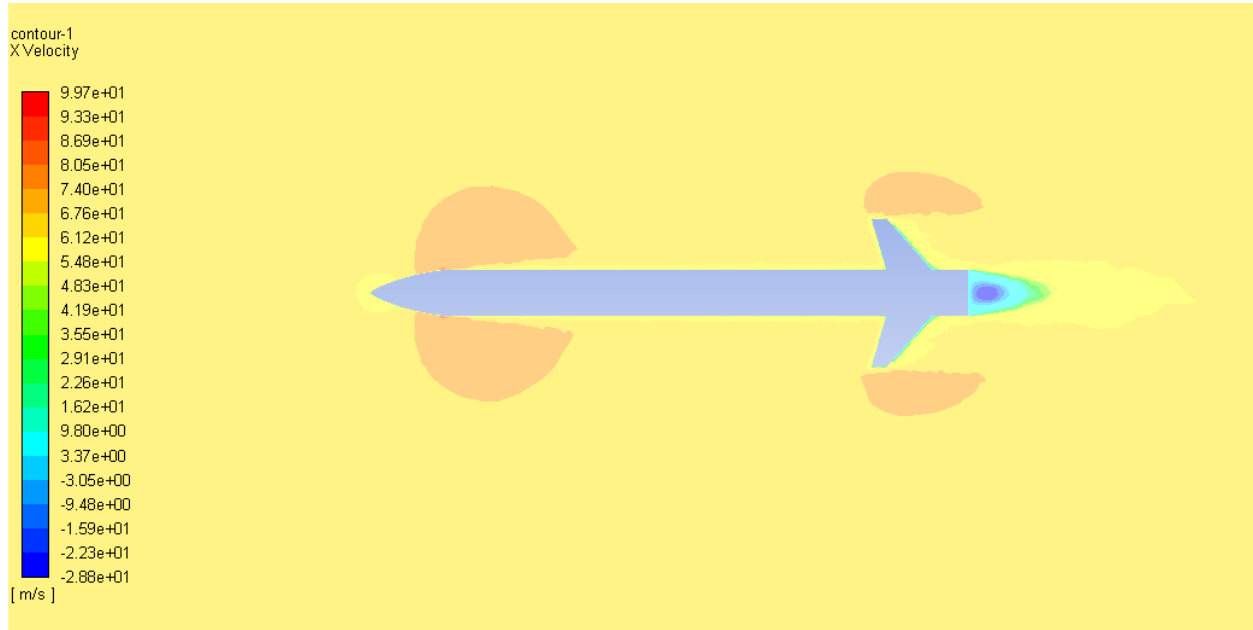
Basınç contourleri:





Hız contourleri:





Ve bu analizin de bitişiyle bütün ANSYS analizlerimiz tamamlanmıştır.

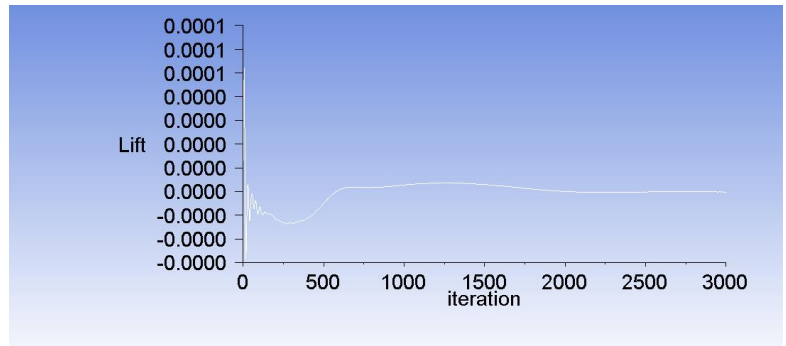
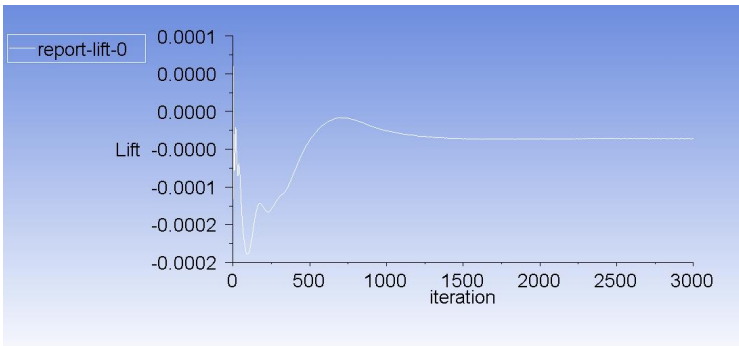
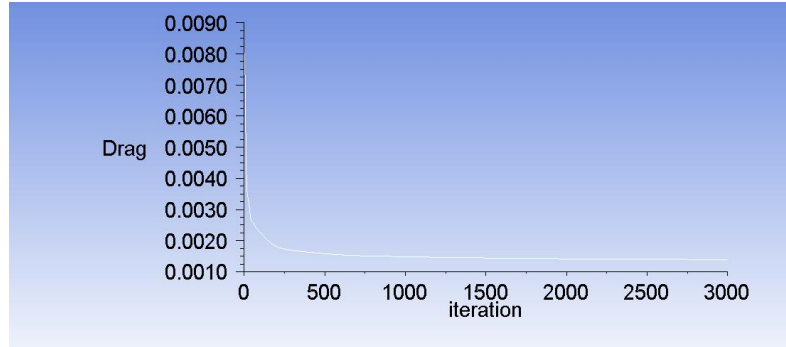
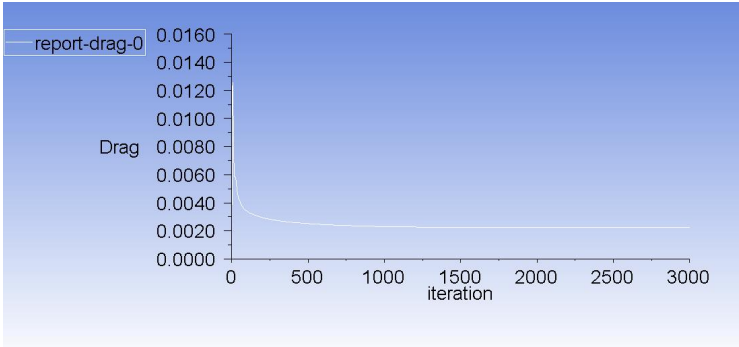
5) Sonuçlar Ve Analizlerin Yorumlanması

Öncelikle yorumlamanın nasıl yapıldığına biraz değinmek tarafımızca uygun görülmüştür.

-Drag Ve Lift

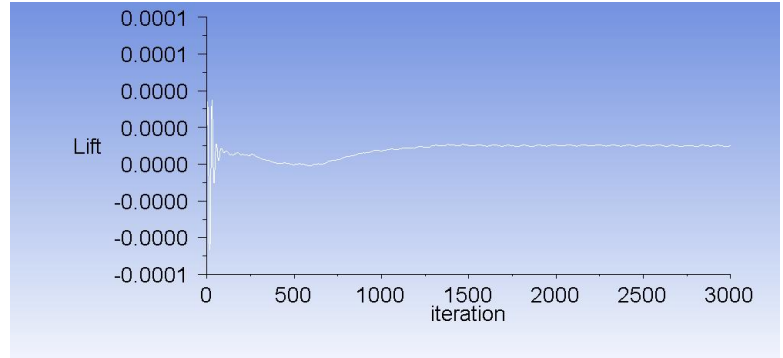
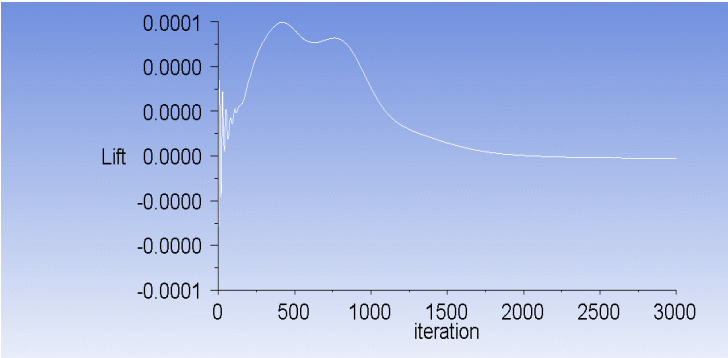
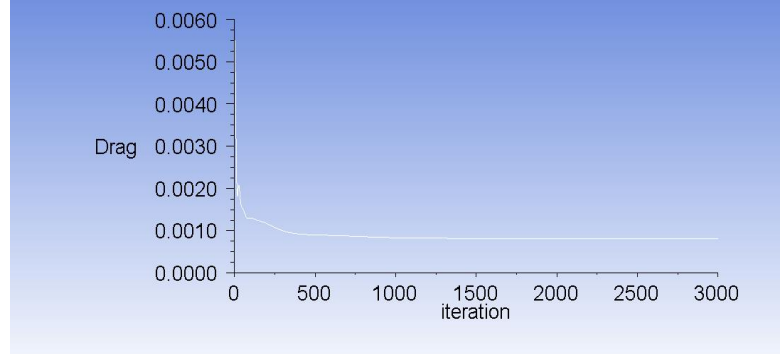
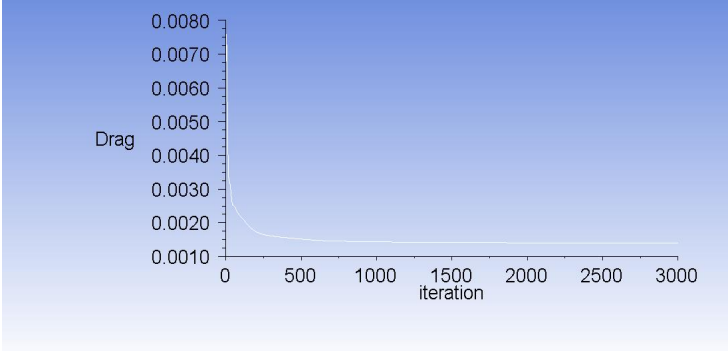
Lift ve Drag grafiklerinin dalgalanmaları mesh ile alakalı olduğu için bu grafiklerde drag ve lift değerlerinin stabil hale geçtiği değerler bizim için önemli olan temel değerdir. ANSYS analizlerimizde; roket kanatçıklarımızın dikdörtgen kesitli olacak biçimde tasarlanması ve analizlerde akışa dik bir şekilde sokulmasından dolayı bütün roketlerimizin drag ve lift değerlerinin 0 gelmesini bekledik ve analiz sonuçları da bu beklentilerimize uygun değerlerde geldi.

Bütün drag ve lift değerlerimizi daha rahat kıyaslayıp görebilmeniz amacıyla aşağıda hepsi sırasıyla verilmiştir:



(Referans Roketi)

(Roket 1-C)



(Roket 1-C (45 Derece Döndürülmüş))

(Referans Roketi (Ters Kanatçıklı))

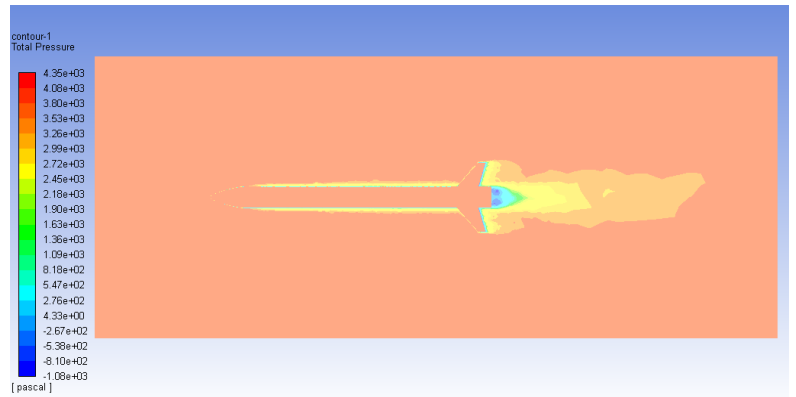
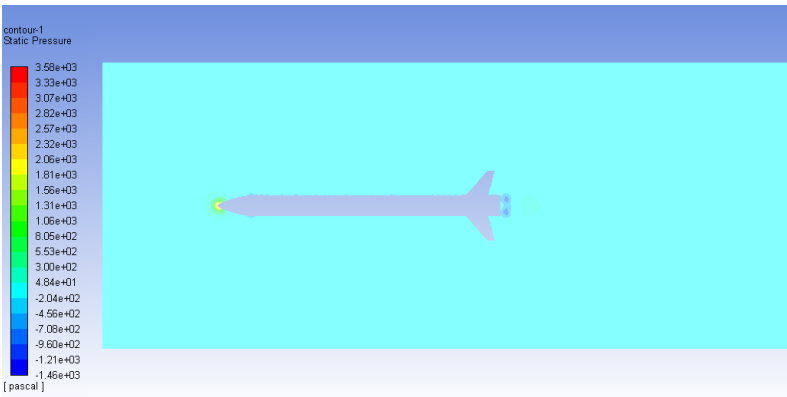
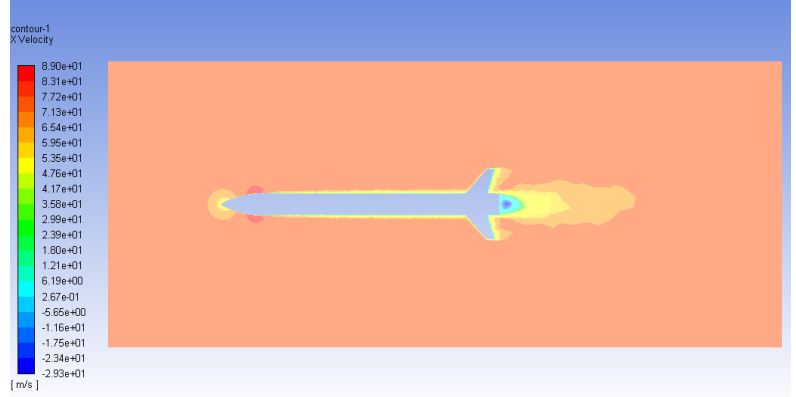
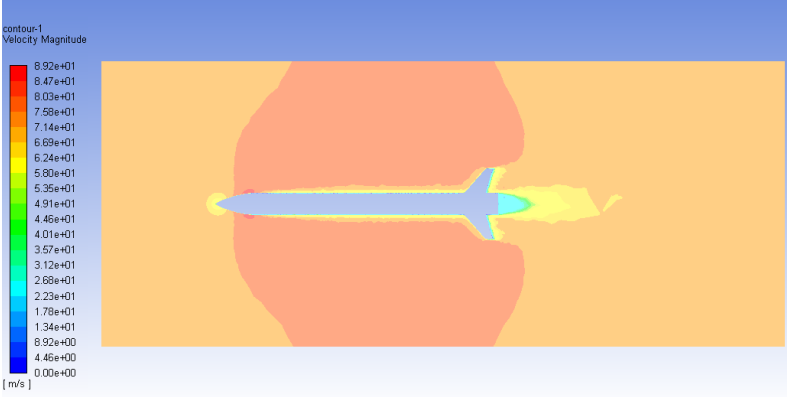
-Pressure Ve Velocity Contours (Basınç Ve Hız Kontürleri)

Pressure ve velocity contourlerini incelerken aerodinamik bölümü olarak temelde iki kritik noktaya bakmamız gerekir ve ilk kritik nokta burun konisidir. Analiz sonuçlarına bakıldığında görebilirsiniz ki bütün roketlerin burun konilerinde belli şok patlamaları vardır. Ancak bu şokların büyüklükleri her analizde farklı boyutlarda sonuçlar vermiştir. Bu şokların büyük olması demek, burun konisinin malzemesinin oluşacak basınca ve sıcaklığa karşı daha dayanıklı malzemelerden yapılması anlamına gelecektir ki bu durum da roketimize ilave maddi zarar olarak yansır ve bu yüzden de büyük şoka maruz kalan tasarımlardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.

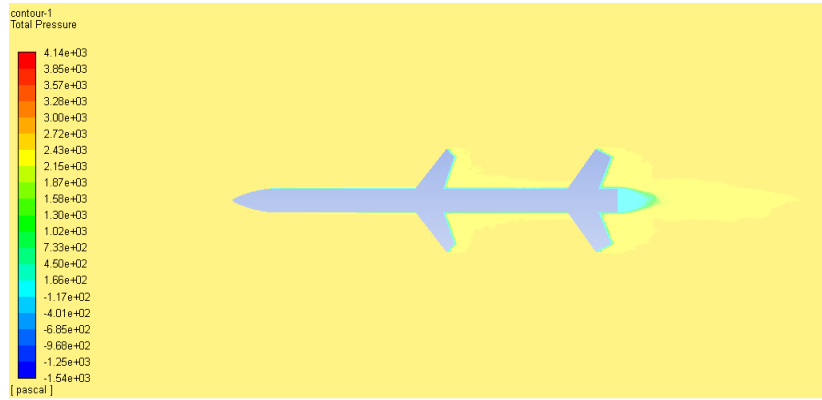
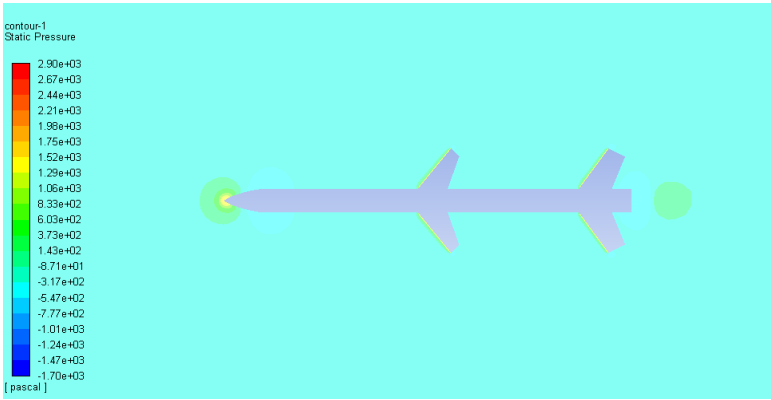
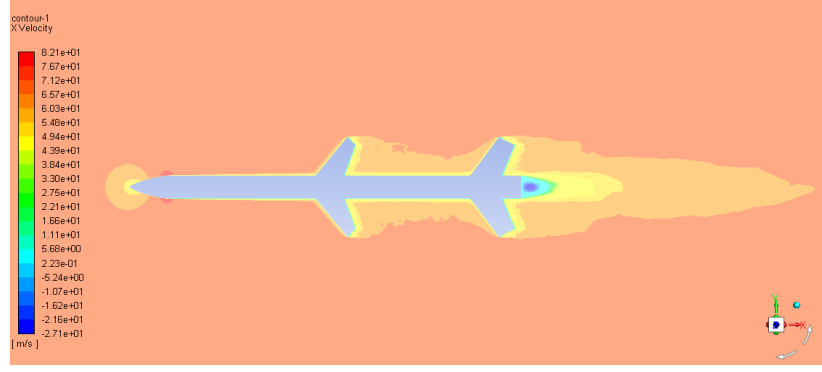
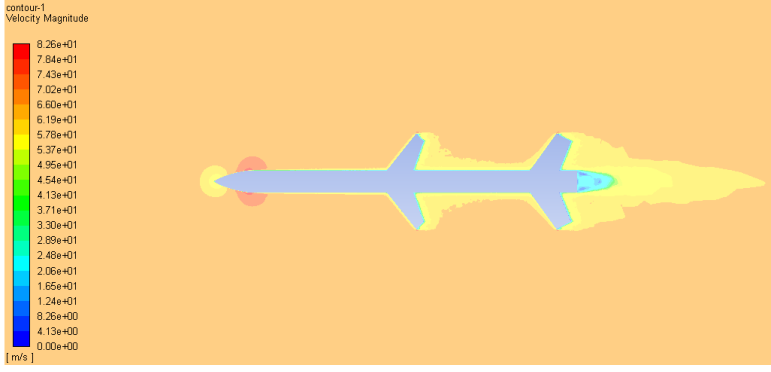
Dikkatli bakıldığında referans roketimizin diğer roketlerden daha az şoka maruz kaldığını rahatlıkla söylememiz mümkündür ve 1-C roketleri de yine fena olmayan bir şoka maruz kalmıştır. Ancak ters kanatçıklı referans roketi analiz sonucu burun konilerinde oluşan şok miktarı diğer roketlere kıyasla daha büyük boyutlardadır. Dolayısıyla bu tasarımın tercih edilmemesi gerekmektedir.

İkinci kritik noktamız ise kanatçıklardır. Karşılaştıracağımız kısım ise static pressure contour kısmıdır. Biz bir roket takımı olarak static pressure değerinin kanatçık üstünde minimum düzeyde olmasını isteriz. Çünkü bu basınç değerinin büyüklüğü, kanatçığa uygulanan basınçtan dolayı roketin stabil bir uçuş sergileyip sergileyemeyeceğini göstermektedir. Bu bilgiyi göz önünde bulundurarak roket analizlerimizi incelediğimizde ise yine referans roketimizin en güzel sonucu verdiğini söylemek çok da zor değildir. Benzer şekilde 1-C roketleri kabul edilebilir sonuçlar verirken ters kanatçıklı referans roketimiz ise oldukça kötü bir sonuç sergilemiştir.

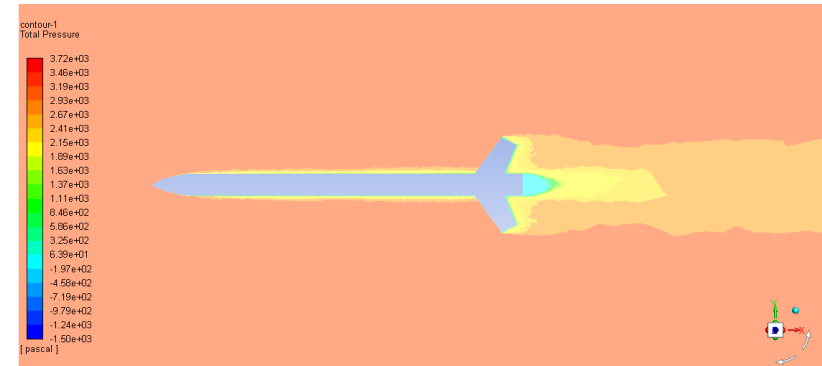
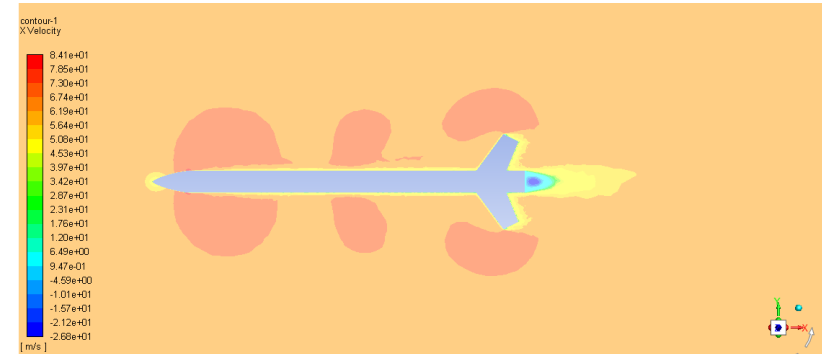
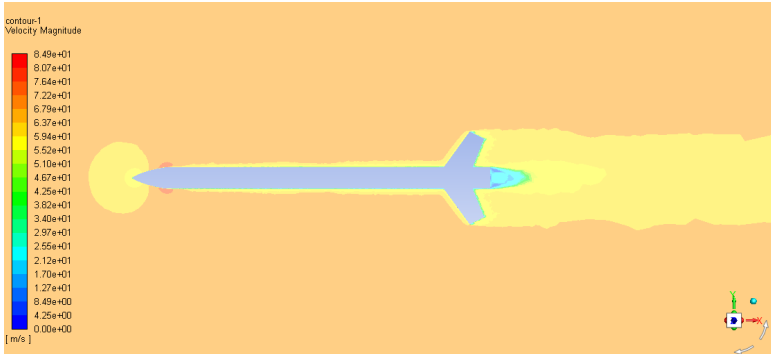
Aşağıda da bu contourleri daha rahat kıyaslayabilmek amacıyla sırası ile verdik:



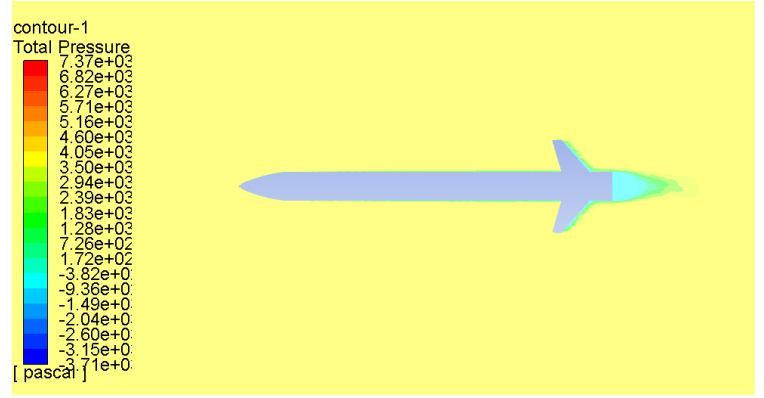
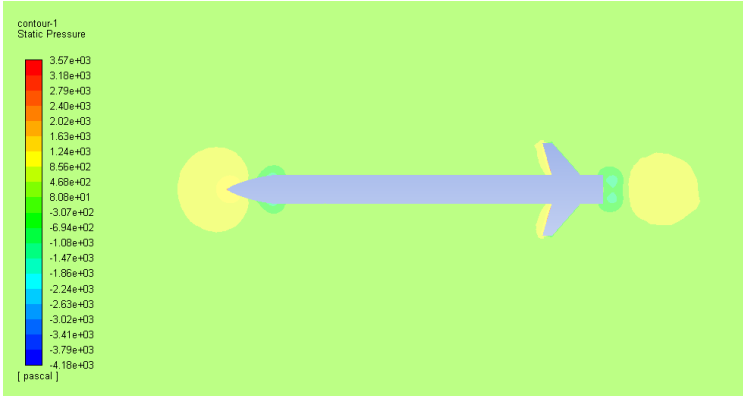
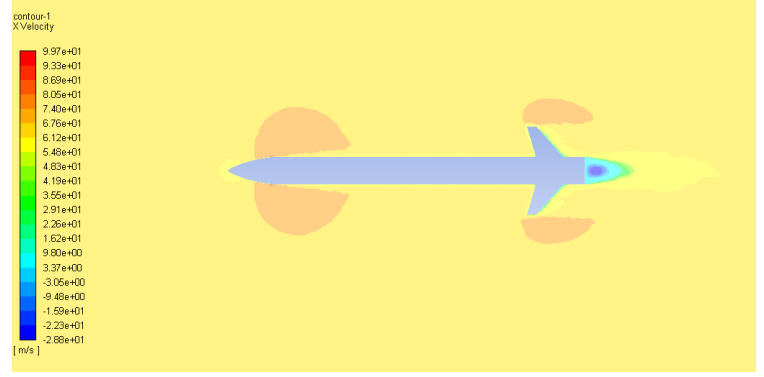
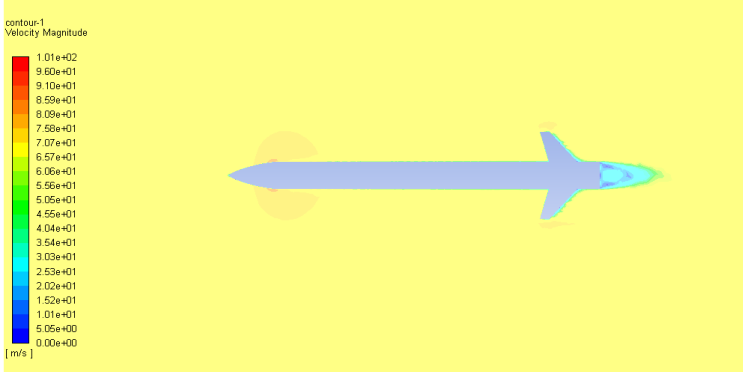
(Referans Roketi)



(Roket 1-C)



(Roket 1-C (45 Derece Döndürülmüş))



(Referans Roketi (Ters Kanatçıklı))

Sonuç olarak baktığımızda; Referans roketimiz başarılı bir roketir. Ters kanatçıklı referans roketimiz ise tasarlanabilecek en kötü roket tiplerine bariz bir örnek olmuştur ki bizim de bu roketi tasarlayıp analize koymamızdaki temel niyetimiz de bu roketin neden tercih edilmemesi gerektiğini somut kanıtlar eşliğinde ispatlamaktır. Multistage 1-C roketlerimize baktığımızda ise Openrocket analizlerimizden de beklediğimiz gibi yapılması ve uçuşu mümkün roketler görüyoruz. Lakin bu roketlerin üzerindeki şok değerleri referans roketimize kıyasla daha fazla olduğundan ötürü bu şoklara daha dayanıklı, ısıya direnci göreceli yüksek malzemelerden yapılması gerekmektedir. Bu durum da bize ek maliyet olarak yansıyacaktır. Ayrıca bu analizlerde sizlere sunamamış olsak da açılı bir uçuş gerçekleştiren multistage bir roketin ön kanatçıklar arka kanatçıklardaki lift yani kaldırma kuvvetini ister istemez düşürecektir ki bu da arka kanatçıkların boyutuyla oynamamız gibi çeşitli opsiyonel değişimlere sebep olacaktır. Yani roketimiz daha büyük ve daha maliyetli bir roket haline gelecektir.

Şimdilik PARS Roket Grubu olarak bir multistage roket çalışması planlamıyoruz ancak gerektiğinde bu multistage roket analizi sonuçlarımız grup tarafından tekrar kullanılabilir ve daha da detaylandırılabilir.

Ve bütün bu tasarım, analiz ve incelemelerin sonucunda şu özeti yapmamız yeterlidir:

Bir rokete ek kanatçık takılması; multistage bir roket uçuşu veya rokete yön verme gibi ek görevler olmadığı müddetçe gereksiz bir eylemdir. Çünkü takılacak ek kanatçıklar, roketi büyütmemizi ve oluşabilecek yeni şoklara karşı da daha dayanıklı malzemelerden yapmamızı gerektirir. Ve daha büyük, daha dayanıklı bir roket de daha çok masraf yapmamız anlamına gelir. Bu yüksek masraflar haricinde ise artacak olan roket ağırlığı bizlere ilave irtifa kaybı da yaşatır ki bu kaybı dengelemek de zaten çoklu motorlu multistage bir roketin tasarımını zorunlu kılar. Bu koşullar göz önünde bulundurulduğunda PARS Roket Grubu olarak planlayacağımız roketlerimize ek bir kanatçık takmamız şimdilik gereksiz bir eylem olacaktır.

Bölüm: Aerodinamik

Araştırma, Analiz, Rapor: Halit Yusuf Genç

Yönlendirme: Umut Engin, Zeynep Gökçe