



# UÇAK AĞIRLIK MERKEZİ KONTROLÜNÜN YAKIT SİSTEMİ İLE SAĞLANMASI

*AIRCRAFT CENTER OF GRAVITY MANAGEMENT BY FUEL SYSTEM*

**Yunus Suat**

## ÖZET

Uçaklarda yakıt sisteminin birincil görevi yakıtı güvenli bir şekilde depolayıp motorları her koşulda beslemektir. Birçok hava aracında yakıt sistemi birincil göreve ek olarak uçak ağırlık merkezi kontrolünün sağlanması fonksiyonunu da yerine getirmektedir. Uçaklarda birden fazla yakıt tankı mevcuttur. Uçağın görevi esnasında ağırlık merkezinin istenilen limitler içerisinde kalmasını sağlamak amacıyla tanklar arasında yakıt transferi gerçekleşir. Bu işlem sistemde bulunan pompalar, valfler ve sensörler vasıtasıyla olmaktadır. Bu çalışma kapsamında kanatlarda gövdede ve kuyrukta olmak üzere toplam yedi tane yakıt tankı bulunan uzun menzilli bir yolcu uçağının uçuş profili süresince ağırlık merkezi kontrolünün yakıt sistemiyle sağlanmasının Amesim benzetim programı kullanılarak modellenmesi ve benzetim sonuçlarının değerlendirilmesi sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hava aracı, ağırlık merkezi, yakıt sistemi, modelleme, benzetme.

## ABSTRACT

The main function of the fuel system in an aircraft is to store the fuel safely and to feed the engines at all operating conditions. The fuel system also provides center of gravity control in most air vehicles. There are many fuel tanks in the aircraft. Fuel transfer is done between the tanks to maintain the center of gravity limits during the mission of the aircraft. The transfer function is accomplished by the pumps, valves and sensors of the system. In this paper, the center of gravity management of a long range passenger aircraft which has seven fuel tanks located in the wings, the body and the tail of the aircraft is modelled by using Amesim and the simulation results are evaluated during the mission time of the aircraft.

**Key Words:** Air vehicles, center of gravity, fuel system, modelling, simulation.

## 1. GİRİŞ

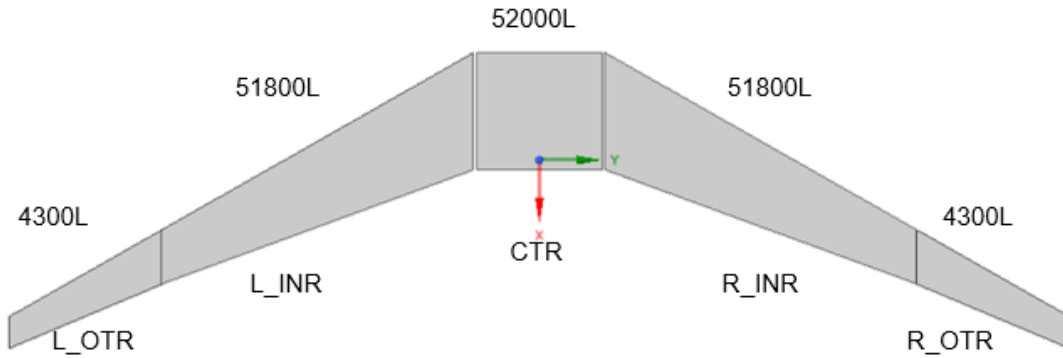
Uçaklarda yakıt sisteminin çalışmasını her şartlarda kontrol eden ve sistemde meydana gelen bir hatayı bertaraf edici önlemler almaya yarayan özel bir bilgisayarla kurulmuş yakıt yönetim sistemi bulunmaktadır. Motor besleme pompası arızası, tanklar arası yakıt transferinden sorumlu herhangi bir transfer pompasının arızası, bir valf veya sensör arızası gibi hata durumlarında devreye giren yakıt yönetim sisteminin bir diğer önemli görevi ise uçuş boyunca uçak ağırlık merkezi (CoG)'nin kontrol edilmesidir [1].

Bütün hava araçlarında çoğu zaman sert manevralar sonrasında tanklardaki yakıt miktarları arasında bir fark meydana gelir. Oluşan bu dengesizlik uçağın ağırlık merkezinin istenilen limitlerin dışına çıkmasına sebebiyet veriyorsa yakıt yönetim sistemi acil devreye girer ve pilotlara hiçbir iş yükü bırakılmadan bu sorunu ortadan kaldırır.

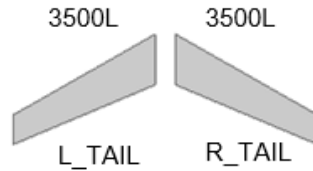
Bu doğrultuda hazırlanan bildiride uzun menzilli bir yolcu uçağının uçuş profili süresince ağırlık merkezi kontrolünün yakıt sistemiyle sağlanmasının Amesim benzetim programı kullanılarak model oluşturulması ve manevra sonrasında ortaya çıkan ağırlık merkezi kaymasının giderilmesi benzetimi yapılmıştır.

## 2. SİSTEM TANIMI VE MODELİN OLUŞTURULMASI

Bu çalışmada uzunlu menzilli ve yolcu taşımacılığında kullanılan Boeing 777-200ER tipi çift motorlu uçağın bazı teknik verileri kullanılmıştır. Bu doğrultuda oluşturulan yakıt tanklarının toplam kapasitesi yaklaşık 171200 litredir [2]. Bahsedilen uçaktan bağımsız olarak bu çalışmada toplam kullanılan yakıt miktarı 7 ayrı tanka paylaştırılmıştır.

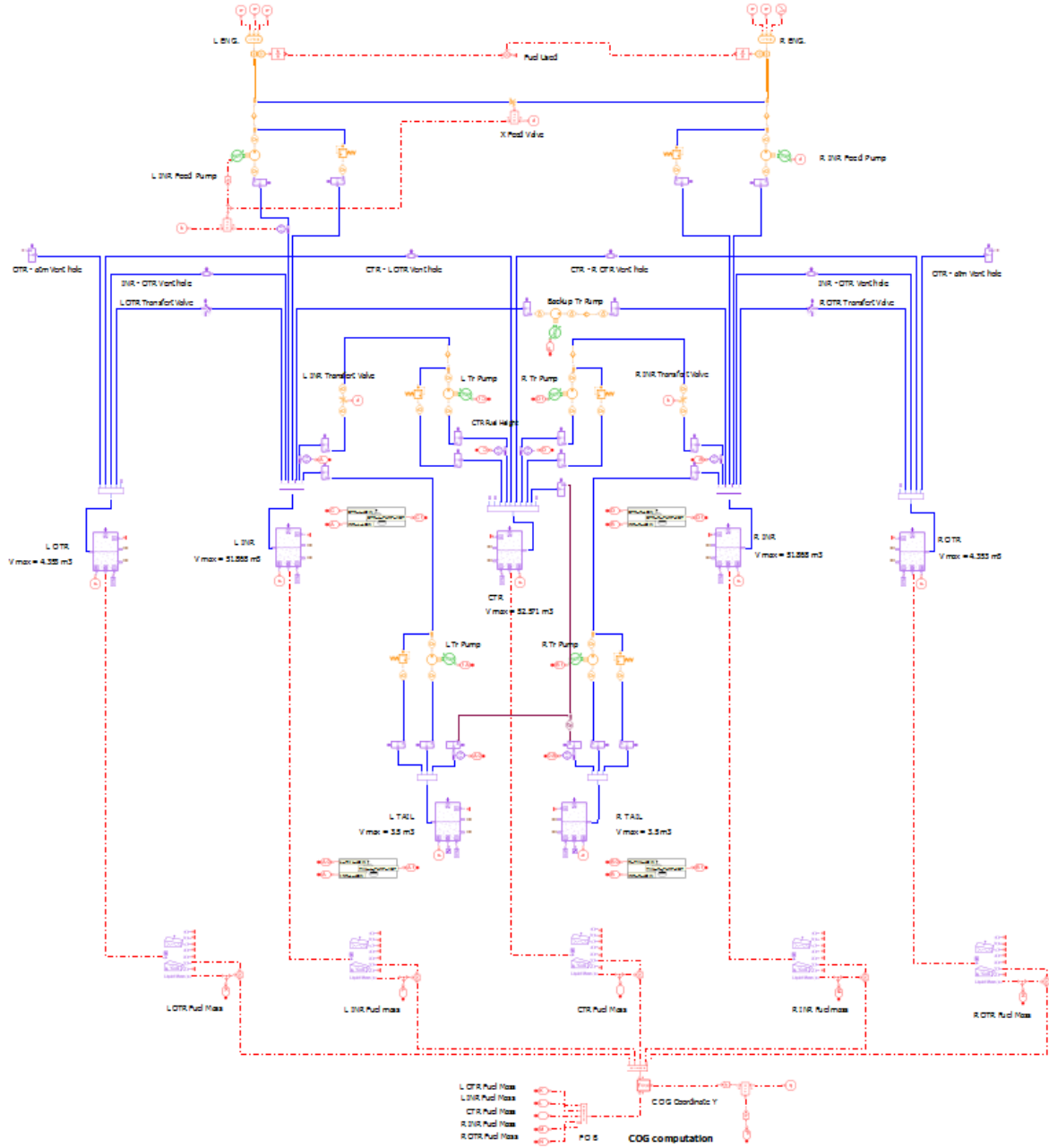


L\_:Sol  
R\_:Sağ  
OTR:dış  
INR:iç  
CTR:merkez  
TAIL:Kuyruk



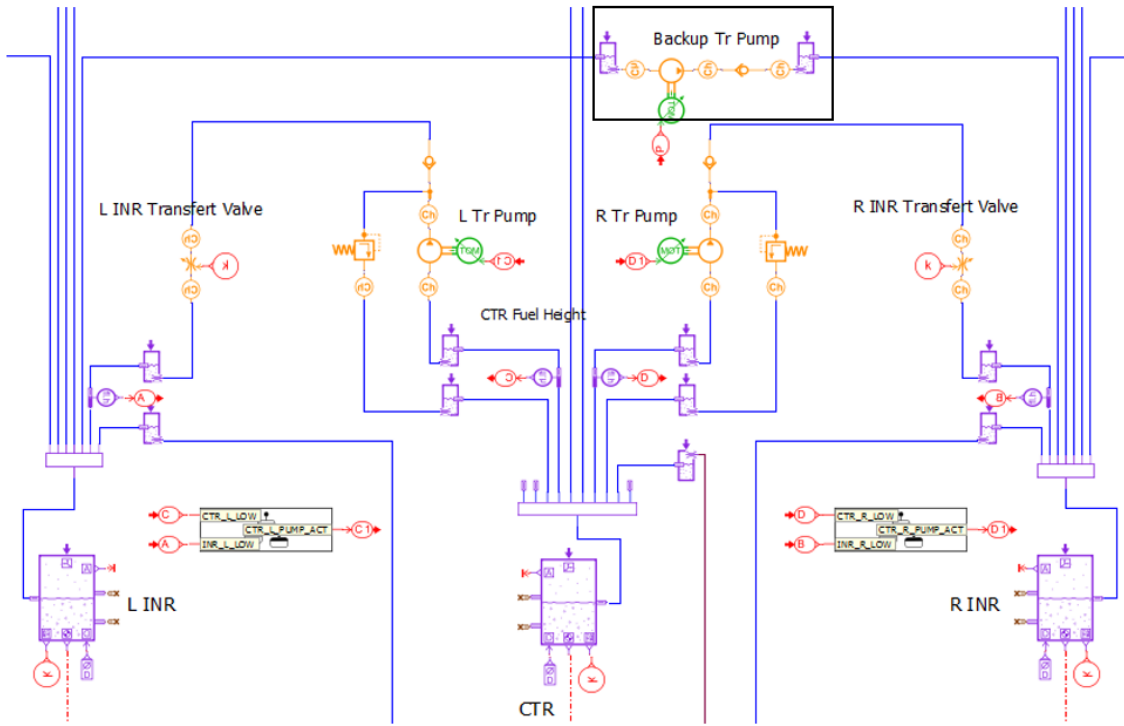
**Şekil 1.** Yakıt tankları kapasiteleri (üstten görünüm).

Uçaklar uçuş süresince çeşitli manevralar yapmak durumunda kalabilmektedirler. Bu manevraların birçoğu küçük açılı dönüşler olmasına karşılık özellikle de kalkıştan bir süre sonra veya inişe geçmeden hemen önce bazı sert dönüşlere ihtiyaç olmaktadır. Çalışma kapsamında referans alınan uçakla yapılan yaklaşık 13 saatlik bir yolculuk boyunca ihtiyaca göre farklı büyüklüklerde yalpalama hareketleri yapılmıştır. Bu hareketler sonucunda uçağın yanal eksenindeki ağırlık merkezi gözlemlenmiştir.



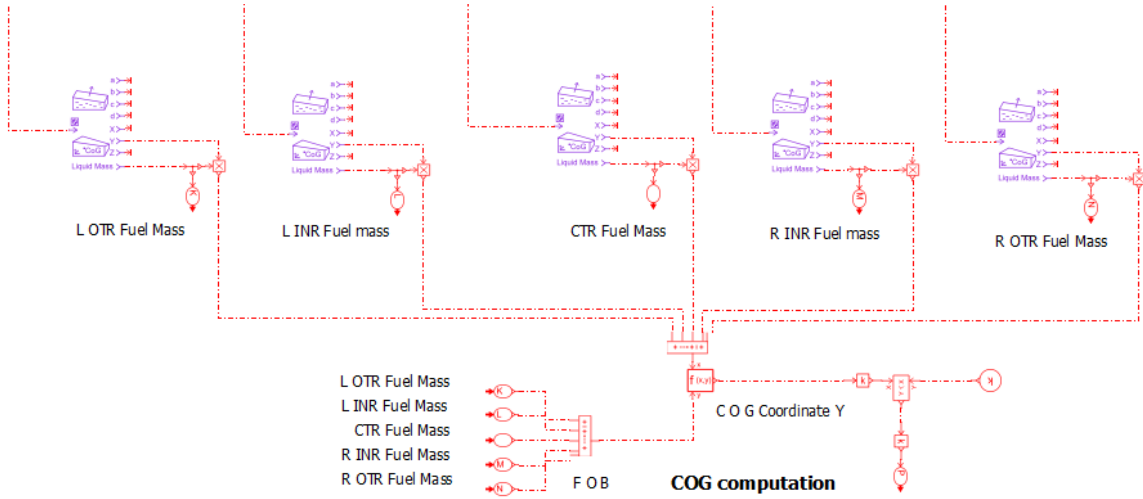
**Şekil 2.** Sistem modeli.

Modelde bulunan ve çalışmamıza önemli ölçüde etki eden kısımlara aşağıdaki şekillerde yer verilmiştir.



Şekil 3. Yedek transfer pompası (siyah kutu içinde).

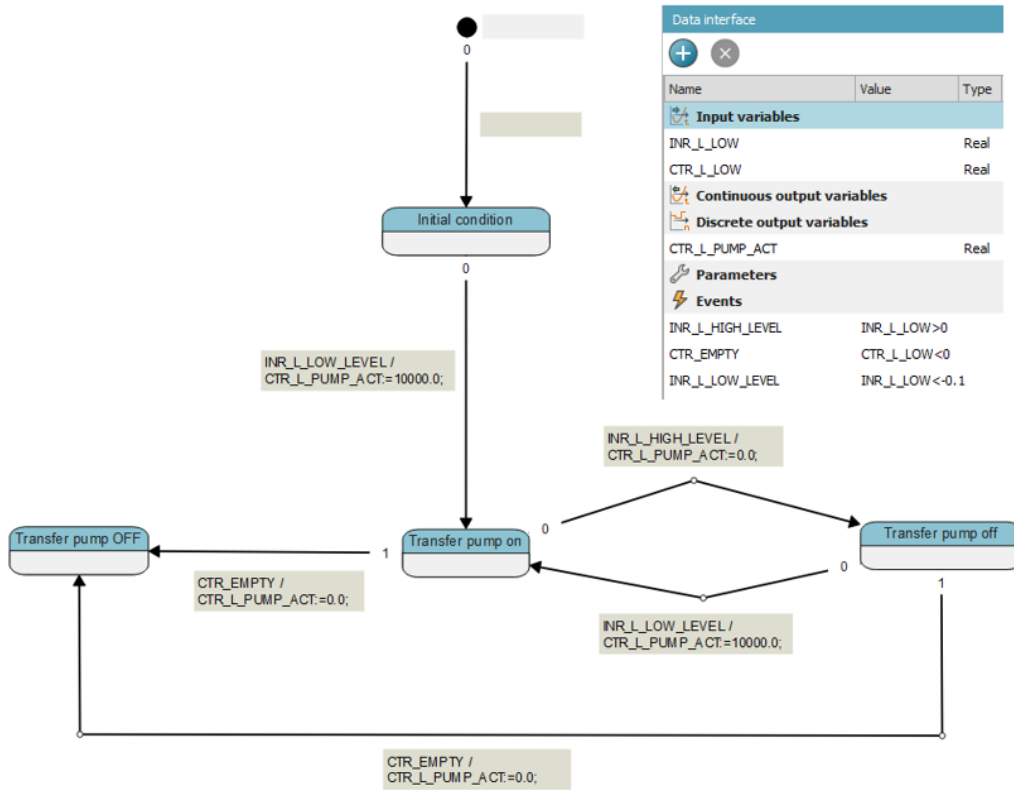
Yedek transfer pompası bazı kritik koşullarda devreye giren ve sol ve sağ kanatlarda bulunan iç bölge tankları arası yakıt transferinden sorumlu ekipmandır.



Şekil 4. Yakıt tankları ağırlık merkezi hesaplama.

Sistemde 7 tane yakıt tankı bulunmasına rağmen bu çalışma kapsamında 5 tanesinin ağırlık merkezi kombinasyonunu hesaplamak yeterli olacaktır. Çünkü kuyrukta bulunan tanklar ilk sırada tüketilenlerdir ve sert yalpalama hareketinin yapıldığı anda boş durumda olacaklardır.

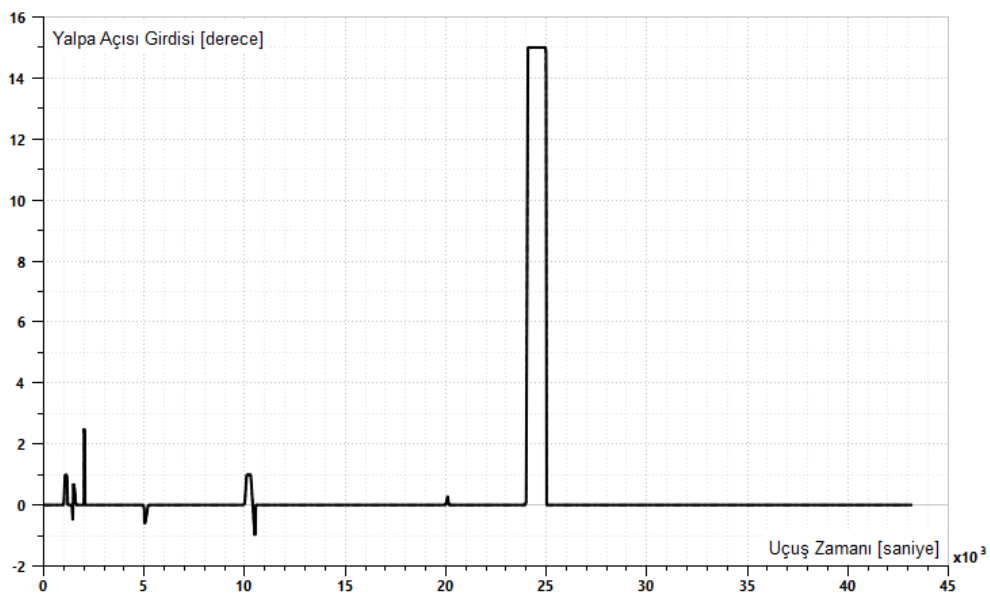
Kuyruk tanklarının tüketiminden sonra motorların doğrudan beslendiği kanat iç tanklarının seviyesine göre merkez tanktan yakıt transferi her iki kanada doğru gerçekleşmektedir. Bu işlemi gerçekleştiren transfer pompalarının debisi motor yakıt tüketim debisinden daha fazla olduğundan kanat iç tankları merkez tankta hiç yakıt kalmayınca kadar bir kaç defa dolmaktadır. Bu döngü aşağıdaki durum kartında özetlenmiştir.



Şekil 5. Normal koşullarda merkez tanktan yakıt transferi kurgusu.

### 3. YALPA HAREKETİ GİRDİSİ

Uçağın x ekseninde dönmesine ve bunun sonucunda tanklar arasında yakıt miktarı dengesizliğine yol açan yalpalama hareketi girdisi uçuş süresine bağlı olarak aşağıdaki şekilde verilmiştir.



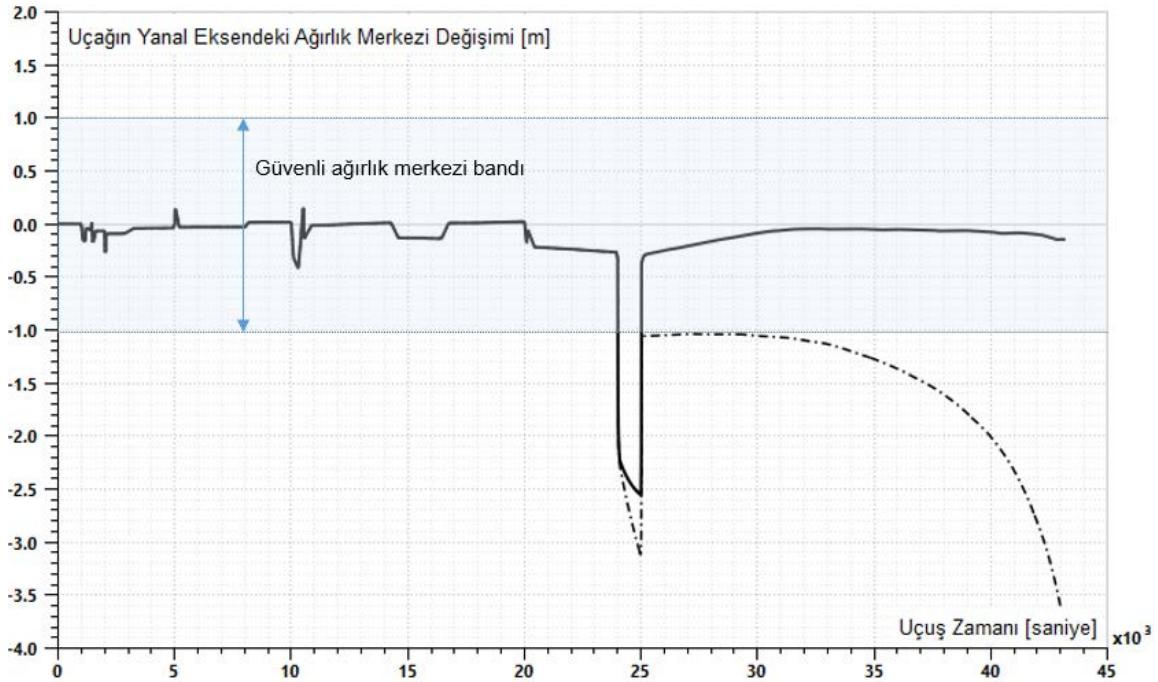
Şekil 6. Uçağa yapılan yalpa hareketi girdisi.

Hava araçları hızlanma, yavaşlama ve 3 eksende dönme hareketi gibi manevra kombinasyonları yapabilmektedirler. Bu çalışmada işin özünü anlatmak açısından konuyu biraz daha basitleştirerek sadece bir eksende dönme hareketinin sonucunda yakıt yönetim sisteminin uçak ağırlık merkezi kontrolünü nasıl gerçekleştireceği anlatılmak istenmiştir.

Şekilde görüldüğü gibi bahsi geçen uçak uçuş süresince farklı açılarda yalpa hareketi yapmıştır. Uçak 24000. saniyeye kadar küçük mertebelerde yalpa hareketi gerçekleştirmiş olmasına karşılık bu saniyeden sonra 15 derece ile sert bir manevra yapmıştır.

#### 4. BENZETİM SONUÇLARI

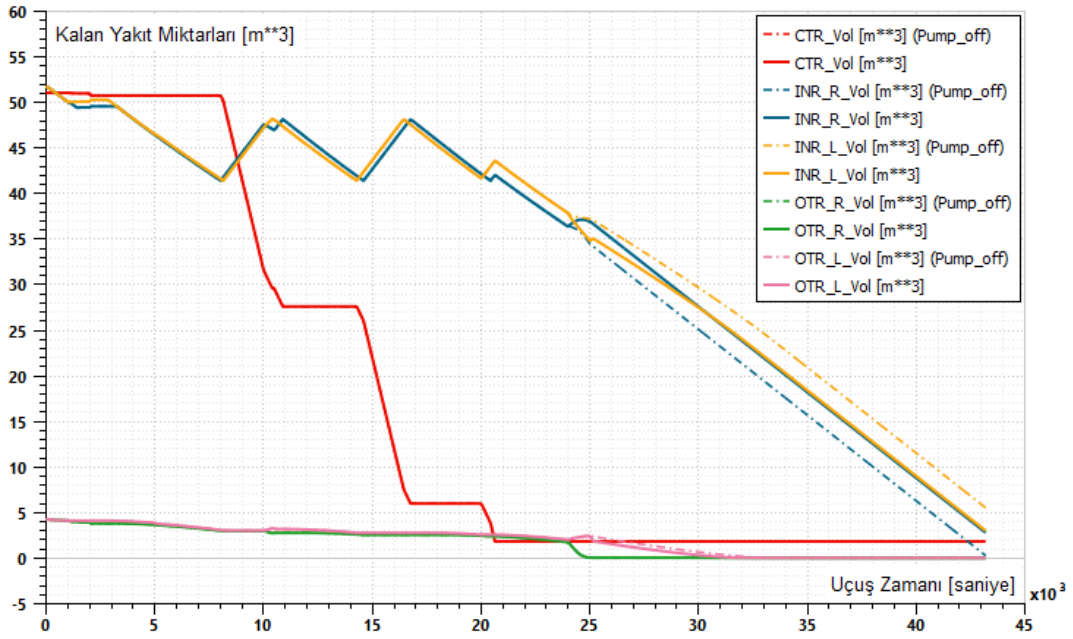
3. bölümde bahsedilen girdi sonucunda kanat tanklarındaki yakıt miktarları arasında meydana gelen farktan dolayı yakıt ağırlık merkezi bir miktar kaymıştır, bu durum uçağın ağırlık merkezini de değiştirecektir. Yakıt yönetim sistemi bu değişen ağırlık merkezinin belirlenen limitler dahilinde olup olmadığını kontrol etmektedir. Bu çalışmada eğer ağırlık merkezi yanıl ekseninde [-1:1] metre bandından çıkarsa sistem yedek transfer pompasını devreye alarak yakıtın fazla olduğu taraftan daha az olduğu tarafa doğru yakıt transferi gerçekleştirmektedir. Ağırlık merkezi hemen hemen başlangıç noktasına ulaştığında sistem normal faaliyetine dönmektedir.



Şekil 7. Yedek transfer pompasının uçak ağırlık merkezine olan düzeltici etkisi.

Şekilde de görüldüğü üzere uçağın ağırlık merkezi yanıl ekseninde 1 metreyi geçtiği anda yedek transfer pompası otomatik olarak devreye girmiştir ve ağırlık merkezini tekrar 0 metre civarına getirmiştir. Eğer böyle bir önlem alınmamış olsaydı ağırlık merkezi kesikli çizgi olacaktır.

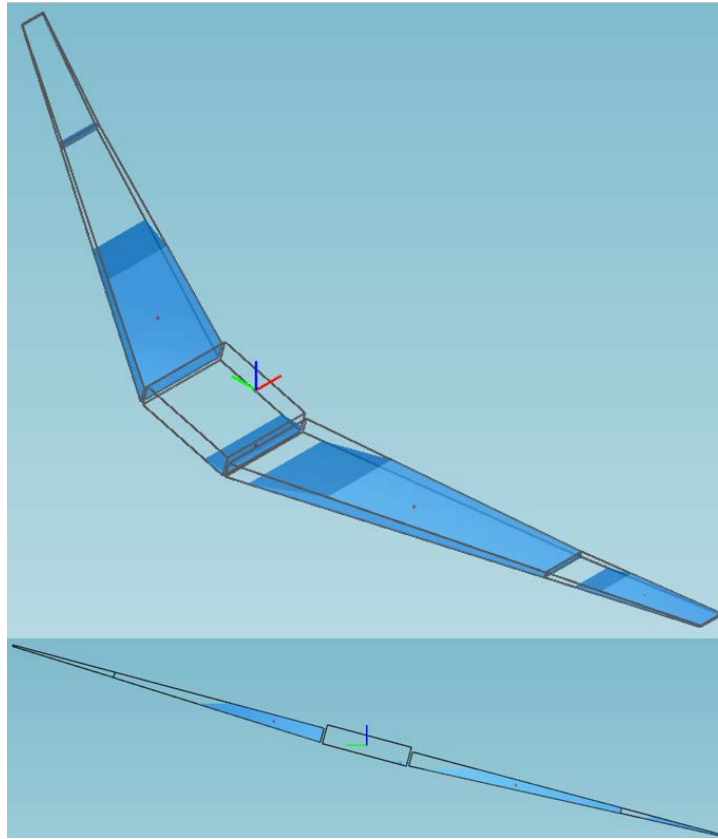
Tanklardaki yakıt miktarı değişimlerini benzer bir yaklaşımla değerlendirmek mümkündür.



Şekil 8. Tanklardaki yakıt miktarı değişimleri.

Şekildeki grafikten anlaşılacağı üzere yedek pompanın devreye girmesi kanat iç tanklardaki yakıt miktarlarını birbirine oldukça yakınlaştırmıştır.

Manevra esnasında tanklardan alınan bir görüntü aşağıda verilmiştir.



Şekil 9. 24500. saniyeden görüntüler (izometrik ve önden görünüşler).



Manevra esnasında uçak sol tarafa doğru eğimlendiğinden manevra süresince sol kanat dış tankından tüketim yapılamamaktadır. Bu durum ağırlık merkezi değişiminin en büyük sebebidir.

Özetle hava araçlarında yakıt sistemine entegre çalışan yakıt yönetim sistemi, sistemde bulunan herhangi bir arıza durumunda önlem alıcı eylemler gerçekleştirir. Sistem ayrıca uçak ağırlık merkezini kontrol eder ve ağırlık merkezinin limitler dışına kayması durumunda yakıt transfer fonksiyonu ile bu durumun düzeltilmesini sağlar.

## KAYNAKLAR

- [1] JUAN, F. "A simulation of aircraft fuel management system", Departamento ACYA, Fac. Fisicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain, 2007.
- [2] [https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Boeing\\_777](https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Boeing_777).

## ÖZGEÇMİŞ

### Yunus Suat

1993 yılında Çorum'un Osmancık ilçesinde doğmuştur. 2012 Eylül ayında İTÜ Uçak Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırıp 1 sene aynı okulda hazırlık okumuştur. Daha sonra bölüm dersleri arasından performansının en verimli oldukları Aerodinamik ve Akışkanlar Mekaniği gibi dış ve iç akış konularını ihtiva eden derslere yoğun ilgi göstermiştir. Bu doğrultuda 2017 yılında İTÜ'den lisans derecesini alıp TUSAŞ'ta tasarım mühendisi olarak görev yapmaya başlamıştır. Yaklaşık bir buçuk yıl Hürkuş ve Hürjet projelerinde yakıt sistemi sistem mühendisliği görevi üstlendikten sonra Akışkan Sistemler Analizleri birimine geçiş yapmıştır. Burada ağırlıklı olarak yakıt sistemi modelleme ve benzetim çalışmalarında bulunmuştur. Hemen hemen bir buçuk yıldır aynı görevi sürdürmektedir.