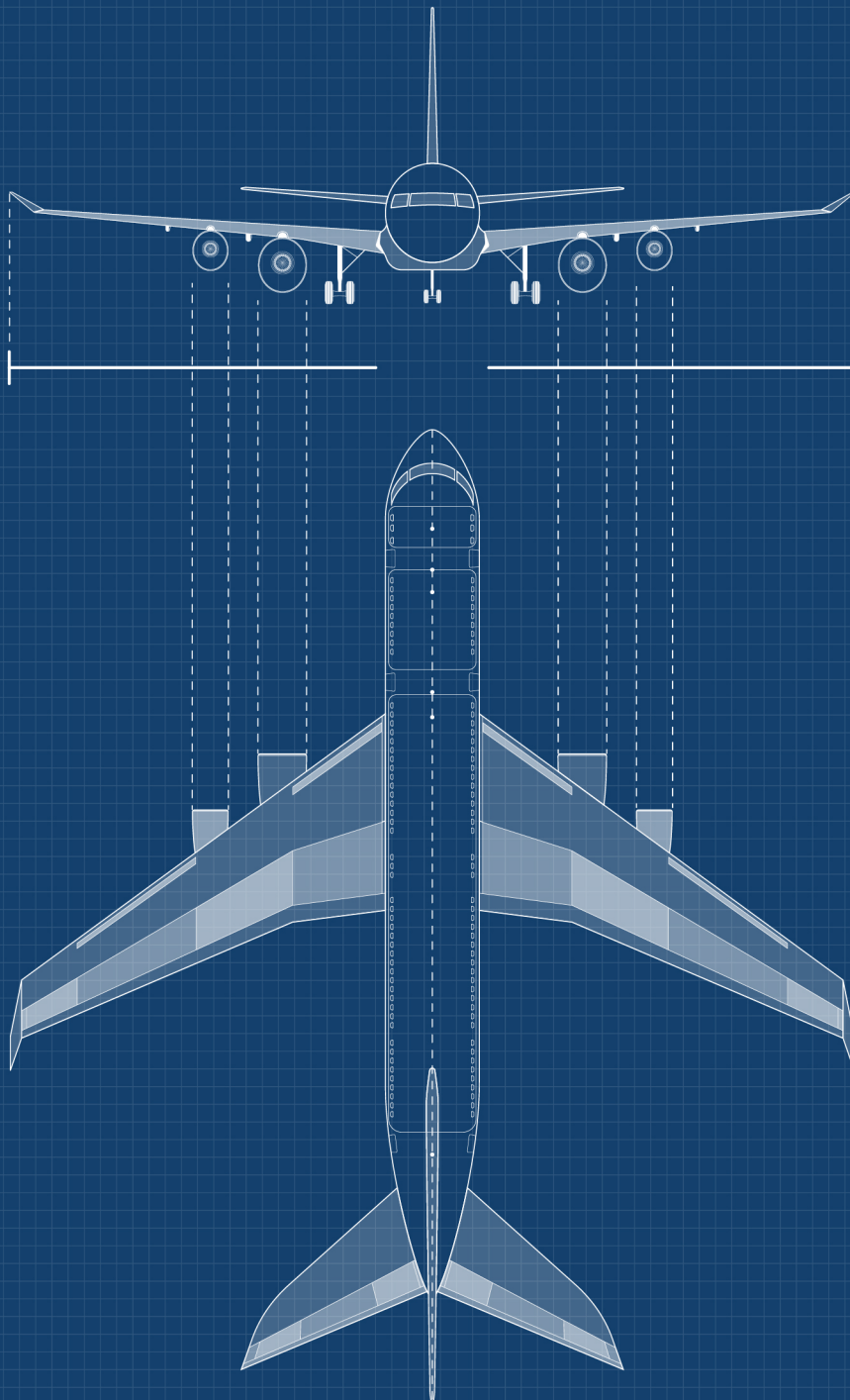


VOLUME: 1 ISSUE: 1

ASREL

Aerospace Research Letters



e-ISSN: 2980-0064

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
AEROSPACE RESEARCH LETTERS (ASREL)
Cilt/Volume: 1, Sayı / Issue: 1 (Haziran / June 2022)
Ulusal Hakemli Dergi / National Peer Reviewed Journal

Sahibi / Owner

Necmettin Erbakan Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Dekanlığı Adına /
On Behalf of Necmettin Erbakan University The Faculty of Aviation and Space Sciences
Prof. Dr. Turan Paksoy

Baş Editör / Editor-in-Chief

Dr. Öğr. Üyesi Engin Hasan ÇOPUR

Editör Yardımcısı / Associate Editor

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin BİLGİÇ

Yayın Türü / Publication Type

Ulusal Süreli Yayın / National Periodical

Yayın Periyodu / Publication Period

Yılda 2 kez (Haziran ve Aralık) yayınlanır / Published twice-annual (June and December)

Baskı Tarihi / Print Date

Haziran/ June 2022

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Necmettin Erbakan Üniversitesi Köyceğiz Yerleşkesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Dekanlığı
Köyceğiz Mah. Demeç Sok. No:42/C PK: 42140 Meram/ KONYA

Tel / Phone: 0332 325 20 34

Web: <https://www.asreljournal.com>

E-posta / E-mail: info@asreljournal.com

Necmettin Erbakan Üniversitesi Aerospace Research Letters yılda 2 kez yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir /
Aerospace Research Letters - ASREL is an national peer reviewed twice-annual journal

E- ISSN: 2980-0064

İÇİNDEKİLER		CONTENTS
<u>ARAŞTIRMA MAKALESİ</u>		<u>RESEARCH ARTICLE</u>
E/Cam Epoksi Laminelerin Üzerine Uygulanan Düşük Hızlı Darbe Davranışının Sayısal Simülasyonu Baş Etme Davranışları <i>Tolunay DAĞ, Nur YILDIRIM, Yusuf KEPİR, Mesut UYANER</i>	1	Numerical Simulation of Low Velocity Impact Behavior Applied on E/Glass Epoxy Laminates <i>Tolunay DAĞ, Nur YILDIRIM, Yusuf KEPİR, Mesut UYANER</i>
Hoshin Kanri Planlamanın Havacılık İşletmelerinde Uygulaması <i>Afranur GÜRCÜOĞLU, Fatih BEKMEZCİ Halil İbrahim KOÇOĞLU, Abdurrahim ÖZTÜRK Esen ÖZDEMİR, Samet SEVİM</i>	11	Application Of Hoshin Kanri Planning On Aviation Business <i>Afranur GÜRCÜOĞLU, Fatih BEKMEZCİ Halil İbrahim KOÇOĞLU, Abdurrahim ÖZTÜRK Esen ÖZDEMİR, Samet SEVİM</i>
Tahliye Havaasının Turbojet Performansına Etkisi <i>Yasemin ZENGİN, Sedat TOKGÖZ</i>	37	Effect of Bleed Air on Turbojet Performance <i>Yasemin ZENGİN, Sedat TOKGÖZ</i>
Uçuş Mekanîği Hesaplamalarında MATLAB/Simulink Kullanımı: İstanbul'dan Kahire'ye Uçuş Planlaması Örneği <i>Abdurrahim Bilal ÖZCAN, Berkay KAVAL</i>	48	Using MATLAB/Simulink in Flight Mechanics Calculations: An Example of Flight Planning from Istanbul to Cairo <i>Abdurrahim Bilal ÖZCAN, Berkay KAVAL</i>
Yeni Nesil Havalimanı Tasarımı <i>Furkan POLAT, Kübra AYDIN, Tufan Can AKTAŞ</i>	61	New Generation of Airport Design <i>Dilek AKTAŞ, Furkan POLAT, Kübra AYDIN, Tufan Can AKTAŞ</i>

E/Cam Epoksi Laminelerin Üzerine Uygulanan Düşük Hızlı Darbe Davranışının Sayısal Simülasyonu

Tolunay DAĞ^{1,*}  Nur YILDIRIM¹  Yusuf KEPİR²  Mesut UYANER¹ 

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği, Konya, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mersin, Türkiye

*tolunaydag@gmail.com (Corresponding Author/Sorumlu Yazar)

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 31/05/2022

Kabul: 24/06/2022

Yayın: 30/06/2022

Anahtar Kelimeler:

E-Cam/Epoksi,
Düşük Hızlı Darbe,
Nümerik Analiz,
Sonlu Eleman Yöntemi,
Darbe Davranışı.

Hava uzay araçlarında ağırlıktan kazanç elde edebilmek için özgül mukavemeti yüksek malzemelere yönelim artmıştır. Bunun sonucunda kompozit malzemeler havacılık sektöründe hızla yer edinen çok sayıda noktada metallerin yerini almışlardır. Bu kompozitlerin üzerinde gerçekleştirilen darbe deneyleriyle ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Gerçekleştirilecek deneylerin için gerekli zaman ve ortaya çıkacak maliyet, deneyler için seçilen parametre sayısına bağlı olarak üstel olarak artmaktadır. Nümerik analizler yapılmak suretiyle para ve zamandan kazanç elde edilir. Bu çalışmada LS-DYNA yazılımıyla [0, 90, 0, 90, 0, 90] yönelim ile yerleştirilmiş, 6 mm kalınlığındaki ve 50x100 mm boyutundaki E-Cam/Epoksi laminelere düşük hızlı darbe deneyi simüle edilmiştir. Laminelerin üzerine 2,0, 2,5 ve 3,0 m/s hızlarında 12 mm çapında ve 30 kg ağırlığında vurucu ile darbe uygulanmıştır. Gerçekleştirilen düşük hızlı darbe simülasyonunun sonucunda kuvvet-zaman, ivme-zaman, hız-zaman ve enerji-zaman değişimleri elde edilmiştir. Bu değişimler kendi içlerinde karşılaştırılarak kompozit plakanın darbe davranışı ortaya koyulmuştur. Böylelikle, hava uzay araçlarında sıklıkla kullanılan fiber takviyeli kompozit olan E-Cam/Epoksi'nin bakım veya kullanım esnasında araçlarda oluşan düşük boyutta gerilmeye denk gelen düşük hızlı darbe sonucunda deformasyon incelenmiştir.

Numerical Simulation of Low Velocity Impact Behavior Applied on E/Glass Epoxy Laminates

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 31/05/2022

Accepted: 24/06/2022

Published: 30/06/2022

Keywords:

E-Glass/Epoxy,
Low Velocity
Impact,
Numerical
Analysis,
Finite Element Method,
Impact Behavior.

In order to gain weight in aerospace vehicles, the tendency to materials with high specific strength has increased. As a result, composite materials quickly took its place in aviation industry and have replaced metals at most points. Studies on impact tests on these composites have gained importance. The time required and the cost to be incurred for the experiments to be performed increase exponentially depending on the number of parameters selected for the experiments. Money and time are saved by performing numerical analysis. In this study, a low velocity impact test was simulated on E-Glass/Epoxy laminates with 6 mm thickness and 50x100 mm dimensions placed in [0, 90, 0, 90, 0, 90] orientation with LS-DYNA software. Impact was applied on the laminates at 2.0, 2.5 and 3.0 m/s velocities with a 12 mm diameter and 30 kg impactor. As a result of the low-speed impact simulation, force-time, acceleration-time, velocity-time, and energy-time changes were obtained. These changes were compared among themselves, and the impact behavior of the composite plate was revealed. Thus, the deformation of the E-Glass/Epoxy, a fiber-reinforced composite that is frequently used in aerospace vehicles, as a result of low-velocity impact, which corresponds to the low-magnitude stress that occurs in the vehicles during maintenance or use, has been investigated.

Atıf/Citation:



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Havacılık tarihinin ilk başarılı uçuşundan bu yana araçların yapısal ağırlığını azaltabilmek adına yeni malzeme çeşitleri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır (*Composite Materials in Aerospace*, y.y.). Kompozit malzemelerin ortaya çıkış nedeni de bu ihtiyacı karşılayan metallere kıyasla düşük ağırlıklı yüksek performans özelliklerine sahip olduklarıdır. Kompozit malzemeler, birden fazla maddenin istenen özelliklerinin tek bir malzemede birleştirilmesiyle oluşan yeni malzeme türüdür. Havacılıkta kullanılan araçların gövdelerinde, kontrol yüzeylerinde ve yapısal elemanlarında aktif olarak kompozitler kullanılmaktadır. Bu kullanımda, metallere kıyasla korozyon direnci ve yorulma dayanımlarının yüksek değerlerde olması büyük rol oynamaktadır (*Composites in Aerospace Applications / Aviation Pros*, y.y.). Söz konusu havacılıkta kullanılan araçlar olduğunda, tasarım aşamasında en önemli faktörlerden biri güvenlik olmaktadır. Bu araçlara bakım veya kullanım esnasında kontrollü olarak veya beklenmedik şekilde darbeler etki etmektedir. Bu çalışmada gerçekleştirilen düşük hızlı darbe simülasyonu, düşük ila orta oranda gerilim yüklemesine karşılık havacılıkta kullanılan bir numunenin tepkisini incelemek adına gerçekleştirilmiştir (Chordiya & Goel, 2020). Fiber Takviyeli Polimer Kompozitler (FRP) hava, kara ve deniz taşımacılığı gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Berk vd., 2016). Bu kompozitleri temel olarak cam elyaf, karbon elyaf, polietilen elyaf, Kevlar elyaf ve doğal elyaf olarak ayırmak mümkündür. Cam elyaf takviyeli kompozitlerin içinde en yaygın kullanılanı E-camdır. E-cam epoksi, elektriksel olarak yalıtkan ve üstün boyutsal kararlılığa sahip olup baskı plakalarının yapımında kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda neme karşı dirençli olduklarından değişik hava durumlarında performans kaybetmeden kullanılabilirler. Bu sebeplerden ötürü bu çalışmada lamine kompozit malzemesi olarak e-cam epoksi tercih edilmiştir.

Cam Fiber Takviyeli Polimer (GFRP) kompozitlerde, elyaf yönelimleri için temel olarak iki kombinasyon bulunmaktadır. Kompozitler, sürekli ve süreksiz fiber takviyeleri ile güçlendirilerek mekanik özellikleri artırılabilir. Sürekli fiber takviyesi numune üzerinde diğer takviye çeşitlerine nazaran dayanımı yüksek ve düzenli bir yapı oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca bu tür takviyelerin simülasyon ortamına aktarımı daha verimli gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada matris $[(0,90,0,90,0,90)]$ yönelim açılarıyla sürekli fiber takviyeli e-cam epoksi lamineler yerleştirilmiştir. Darbe davranışını modellemek için kullanılacak birçok sonlu eleman methodu yazılımı bulunmaktadır. Ls-Dyna yazılımında kompozitlerde darbe esnasında gelişen hasarları tahmin etmek için Tsai-Wu, Chang-Chang ve Hashin kriterleri kullanılmaktadır (Nguyen vd., 2016).

Kompozitlerin düşük hızlı darbe davranışlarının birçok farklı yönden incelendiği çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Lamine plakasının malzeme seçimi için E-cam epoksi ile karbon epoksi kıyaslandığında, karbon epoksi plakada temas süresi ve emilen enerji miktarı artarken kuvvet-zaman eğrilerinde gözle görülür bir fark oluşmamaktadır (Kaviti vd., 2019). Termoplastik fiber metal lamine (TFML) kompozit tasarımı plaka konfigürasyonu ise metal alaşımlara ve ticari fiber metal laminelere göre daha yüksek performans özellikleri göstermektedir (Rizzo vd., 2021). Cam/epoksi kompozit ile Al 6061-T6 katmanlarını içeren FML'lere doğal kauçuk katmanının eklenmesiyle enerji emilimi artırılabilir (Zarezadeh-mehrizi vd., 2022). GFRP kompozit plakalara tek duvarlı karbon nanotüpler (SWCNT) eklenmesiyle fiber, uygulanan darbe kuvvetini elimine etmek için daha fazla yük taşımaktadır (Maghsoudlou vd., 2021). S2 cam-epoksi kompozitler ise perforasyon eşiğine kadar aramid epoksi kompozit numunelere göre daha fazla enerji sönümlemektedir (Berk vd., 2016). Flax/epoksi lamineler, malzeme özelliklerinden kaynaklı sadece penetrasyona uğramasına kadar geçen sürede doğru analiz sonuçları sunmaktadır (Sy vd., 2019).

Plaka boyutu ve vurucu hızının ayrı ayrı değişkenlik gösterdiği durumlarda, en büyük hasar alanı en küçük hacim değerine sahip plakada oluşmuştur. Ayrıca hızın artması sonucunda tepe kuvvetlerinde ve darbe etki alanında artış görülmektedir (Uyaner & Kara, 2016), (Mahesh vd., 2021), (Dhakal vd.,

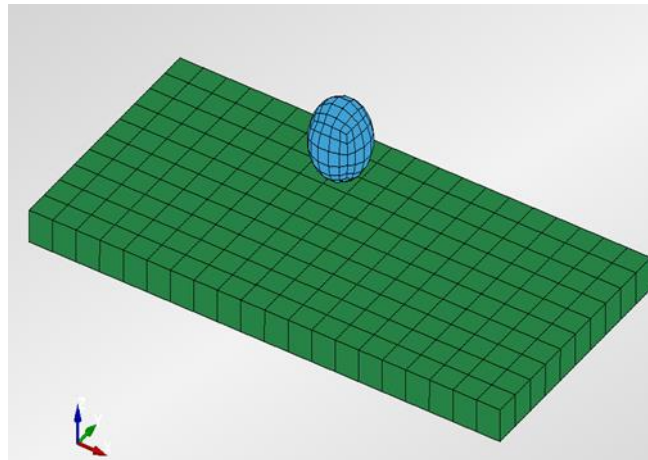
2018). Darbe hızındaki artış aynı zamanda enerji sönümlemesinde azalmaya sebep olmaktadır. (Chordiy & Goel, 2019). 6082-T6 Alüminyum alaşımına yapılan düşük hızlı darbe analizinde, plakanın delinmesine kadar geçen süre boyunca darbe kuvveti eğrisi yüklenme ve boşaltma fazlarında simetrik olmuştur. Bozucu kuvvetlerin etkisi (sürtünme kuvveti), boşaltma fazında gözlenmiştir (Mocian vd., 2018).

Fiber yönelimlerine bağlı olarak gerçekleştirilen düşük hızlı darbe analizi ile tek yönlü fiber yönelimli plakaların kayma gerilmeleri nedeniyle iş görmez oldukları incelenmiştir. Farklı yönelime sahip fiber laminelerin kullanımının maksimum yer değiştirme noktasında dahi penetrasyon oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Giasin vd., 2021). Ancak tek yönlü lamine tabakalar aynı enerji seviyesinde çapraz katlı lamine plakalarla karşılaştırıldığında daha düşük tepe kuvveti, daha uzun temas süresi ve daha büyük yük düşüşleri göstermektedir (Sy vd., 2019).

LS-Dyna simülasyonunda lamine plakalar kabuk eleman modellemesiyle gerçekleştirilmiştir. Kabuk eleman modellemesi, kuvvet- zaman ve enerji-zaman eğrileri açısından daha doğru veriler sunsa da kompozitlerin delaminasyon incelemesi için katı eleman modeli daha doğru bir tercih olmaktadır (Ahmad vd., 2018). LS-Dyna yazılımı kompozitler için geniş bir materyal modeli aralığına sahiptir. Delaminasyon incelemesi açısından 3 boyutlu elemanları içeren MAT22 hariç diğer materyal modellemeleri prognostik arıza modlarına sahip olmadıklarından doğru sonuçlar verememektedir. Fiber takviyelerinin kopmasının incelendiği yüksek enerjili darbe durumlarında MAT58 ile MAT59 tatmin edici sonuçlar vermektedir. MAT54 ise düşük hızlı darbeler için emilen enerjiyi en aza indirme eğiliminde olan aktif erozyonu tam olarak göz önüne alamayan ancak daha fazla veri çıktısına ulaştıran materyal modellemesidir (Rossi vd., 2020). Bu çalışmada Chang-Chang ve Tsai-Wu kriterlerini karşılayan MAT54 materyal modellemesi ile kompozit plaka tanımlanmıştır. Tanımlanan plakanın üzerine vurucu kütle ile farklı hızlarda darbe uygulayarak kuvvet-zaman, hız-zaman, ivme-zaman, kuvvet- yer değiştirme ve enerji-zaman verileri incelenmiştir.

YÖNTEM (METHOD)

Bu bölümde, sonlu eleman yazılımı LS-Dyna'da yapılan analiz ve simülasyonlara dair ayrıntılar yer almaktadır. Altı katmanlı 100x50x6 mm boyutlarında dikdörtgen lamine e-cam epoksi kompozite vurucu kütle ile düşük hızlı darbe analizi ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Vurucu, küresel katı olarak 6 mm yarıçapında modellenmiştir. E-cam epoksi lamineler [0,90,0,90,0,90] yönelim ile her bir plakada 1 mm kalınlığında yerleştirilmiştir. Modellenen kompozitin ve vurucunun LS-Dyna görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Vurucu ve Lamine Kompozitlerin 3D Modellenmiş Halinin Perspektif Görünümü

Analiz ve modellemede kullanılan 6 tabakalı E-cam epoksi kabuk element fonksiyonu ile

modellenmiştir. Materyal modellemesi olarak MAT-54 ENHANCED COMPOSITE DAMAGE kullanılmıştır. E-cam epoksinin materyal özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. E-Cam Epoksi Materyal Özellikleri

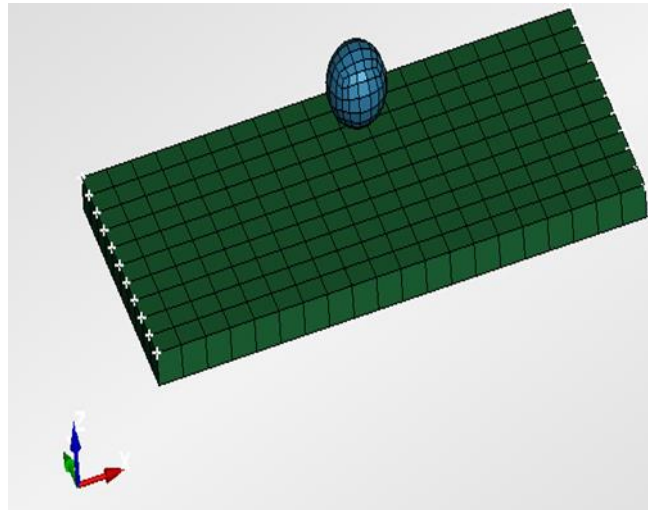
MATERYAL ÖZELLİĞİ	Değerler	Birimler
Yoğunluk	1,84E+03	Kg/m ³
Young Modulus (Uzunlamasına Yön)	42	GPa
Young Modulus (Transverse Yön)	9,5	GPa
Poisson Oranı	0,34	-
Shear Modulus	3,5	GPa

Vurucu olarak yoğunluğu arttırılmış küresel katı kullanılmıştır. MAT-20 RIGID materyal fonksiyonu ile tanımlanan vurucunun materyal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Vurucu Kütlenin Materyal Özellikleri

MATERYAL ÖZELLİĞİ	Değerler	Birimler
Yoğunluk	3,3151E-05	Kg/m ³
Young Modulus	2,0710E+05	GPa
Poisson Oranı	0,3	-

Düşük hızlı darbe simülasyon ve analizlerini gerçekleştirmek için modellenen dikdörtgen geometrik şekle sahip E-Cam epoksi kompozitlerin kısa kenarları sınır koşulu olarak kabul edilerek tüm yönlerden hareketleri sınırlandırılmıştır. Sınır koşullarının model üzerinde gösterimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. E-Cam Epoksi Laminelere Tanımlanan Sınır Koşulları

Vurucu kütlesi ile kompozitler arasındaki çarpışma 2, 2,5 ve 3 m/s hızlarda AUTOMATIC NODES TO SURFACE fonksiyonu ile sağlanmıştır. Modellenen kabuk eleman ile kompozit eleman arasındaki bağ AUTOMATIC SURFACE TO SURFACE COMPOSITE fonksiyonu ile oluşturulmuş olup, analizler LS-Dyna çözücüsünde çalıştırılarak çıktılar kaydedilmiştir.

İkili veri tabanı seçimi için D3PLOT ile üç boyutlu modelin verileri grafik çıktısı halinde alınmıştır. Bu çıktı LS-PREPOST ile görüntülenerek veriler incelenmiştir. ASCII dosyalarından GLSTAT, MATSUM ve RCFORC veri tabanları kullanılarak daha spesifik çıktılar elde edilmiştir. GLSTAT veri tabanı ile global verilere ulaşılmıştır. Bu sayede iç enerji, enerji oranları, kinetik enerji, sönmülenen enerji, toplam enerji gibi enerji temelli çıktılar ve X, Y, Z olmak üzere üç ekseninde hızlar elde edilmiştir. MATSUM veri tabanı ile bireysel parça enerjilerine ulaşılmıştır. Bu sayede GLSTAT çıktısındaki enerji

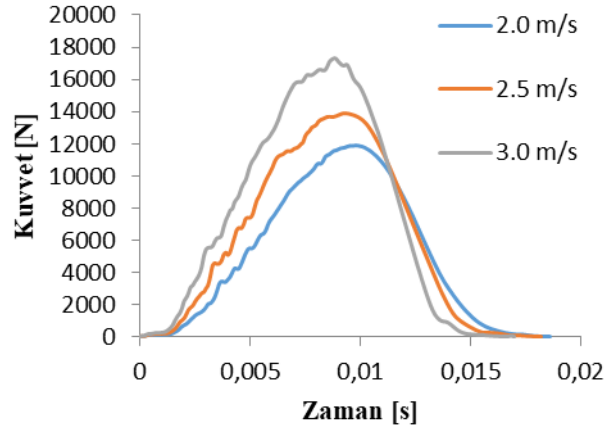
verilerinin parçalara göre dağılımları, üç ekseninde rijit parça hızları ve momentumları elde edilmiştir. RCFORC veri tabanı ile ara yüz kuvvetlerine ulaşılmıştır. Böylece temas kuvvetinin zamana bağlı çıktısı elde edilmiştir. RCFORC veri tabanı bu özelliğinden dolayı darbe problemlerinde kullanılmaktadır.

BULGULAR (RESULTS)

[0,90,0,90,0,90] yönelim ile yerleştirilmiş, 6 mm kalınlığındaki ve 100x50 mm boyutundaki E-Cam/Epoksi laminelere düşük hızlı darbe deneyi simüle edilerek darbe sönümle enerjilerini belirlemek için sonlu elemanlar metodu ile sanal deney gerçekleştirilmiştir. LS-DYNA yazılımı ile tamamlanan bu deneylerde kuvvet, yer değiştirme, ivme, hız ve enerji değişim sonuçlarına ulaşılmıştır.

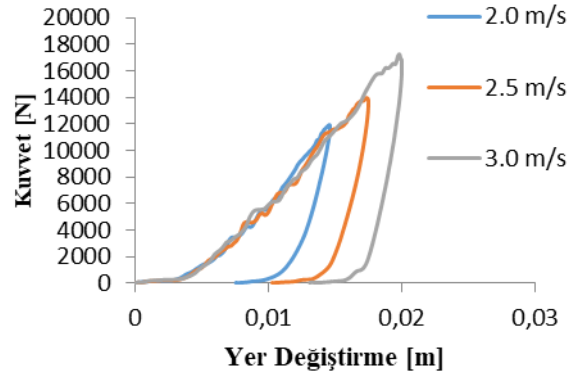
Kuvvet ve Yer Değiştirme Tepkisi

Vurucu kütlenin plakaya temas ettiği ilk andan itibaren numunenin ara yüzlerinde oluşan gerilimler sonucunda kuvvet değerinde dalgalanmalar meydana geldiği görülmektedir. Şekil 3'te bu dalgalanmalar açıkça görülmektedir. Bu durum Hertz temas teorisi olarak bilinmektedir. Elde edilen verilerde maksimum kuvvet değeri, numunenin çarpışma sonucunda hasara karşı direnç kapasitesini gösterir. Kompozit numune üzerinde farklı darbe hızlarında gerçekleştirilen testler sonucunda kuvvet zaman eğrisi Şekil 3'te görülmektedir. Farklı hızlarda elde edilen maksimum kuvvet değerlerindeki artış malzemenin daha yüksek darbe enerjilerine dayanabileceğinin kanıtıdır.



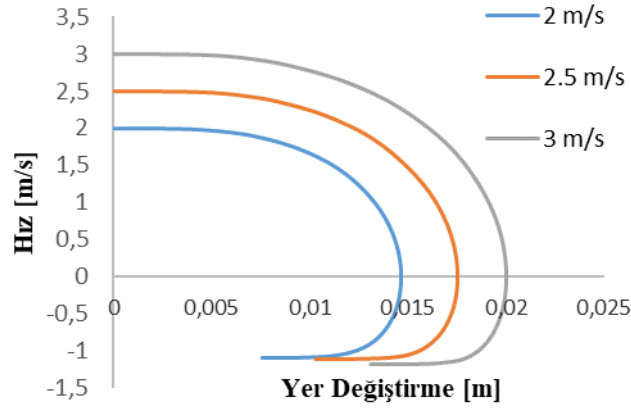
Şekil 3. Farklı Hızlar için Kuvvet Zaman Eğrisi

E-Cam/Epoksi elyaflardan oluşturulan tabakalı kompozitin düşük hızlı darbeler sonucunda gösterdiği mekanik tepki kuvvet-yer değiştirme grafiğinde görülmektedir. Şekil 4'te görüldüğü gibi eğri kapalı bir forma sahip olduğundan malzemeye uygulanan darbe sonucunda numunede delinme meydana gelmediği anlaşılmıştır. Kuvvetin tepe değerinde yer değiştirme eğrisinde oluşan artış kompozitin elastiklik modülünü analiz edebilme imkânı sunmaktadır.



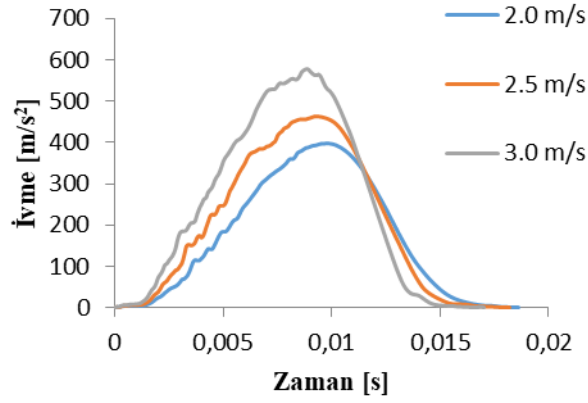
Şekil 4. Farklı Hızlar için Kuvvet Yer Değiştirme Eğrisi

Vurucunun hızının artırılması ile kompozit yapısında meydana gelen yer değiştirme miktarında artış olmaktadır. Üç farklı hız değerinde gerçekleştirilen darbede vurucunun hız değerinin sıfır olduğu an numunenin maksimum yer değiştirme değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 5'te farklı hızlar ile uygulanan darbe sonucunda elde edilen hız-yer değiştirme eğrileri görülmektedir.

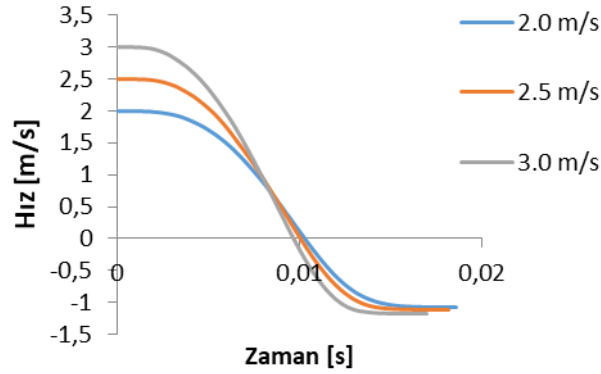


Şekil 5. Farklı Hızlar için Hız Yer Değiştirme Eğrisi

Vurucu kütleinin numune üzerine uyguladığı darbe sonucunda ivme ve hız değerlerindeki değişimleri Şekil 6 ve Şekil 7'de görülmektedir. Şekil 6'da grafiklerin altında kalan alanlar tanımlanan analiz süresi içerisinde hız değişimini vermektedir. Şekil 7'de her bir hız için eğrilerin eğimi ivmeyi vermektedir. Hız-zaman eğrisinin türevi ivme-zaman eğrisini verdiğinden bu iki şekil birbiriyle bağlantılıdır.



Şekil 6. Farklı Hızlar için İvme Zaman Eğrisi



Şekil 7. Farklı Hızlar için Hız Zaman Eğrisi

Enerji Sönümlenme

Darbenin maksimum kuvvet değerine ulaştığı anda sönümlenen enerji miktarı tepe noktasına ulaşır. Elde edilen bu enerjinin maksimum değeri elastik şekil değiştirme ve artık enerji (E_a) değerlerinin toplamından oluşmaktadır. Şekil 8'de görüldüğü üzere enerji sönümlenme miktarı tepe noktasına ulaştığı andan itibaren belirli bir seviyeye kadar düşerek sabit bir davranış sergilemektedir. Sabit olarak devam eden bu enerji değeri kompozitin sönümlendiği enerji miktarını vermektedir. 2,0, 2,5 ve 3,0 m/s hız değerleriyle uygulanan düşük hızlı darbelerin enerji miktarları sırasıyla 60, 94 ve 135 J değerlerindedir. Numunenin bu uygulama sonucunda sönümlendiği enerji miktarı kuvvet-yer değiştirme eğrisinin integrasyonu ile belirlenir. 2,0, 2,5 ve 3,0 m/s hız değerleriyle gerçekleştirilen analizler sonucunda sönümlenen enerji miktarlarının sırasıyla 42, 75 ve 114 J değerlerinde olduğu tespit edilmiştir.

Darbe Kinetik Enerjisi:

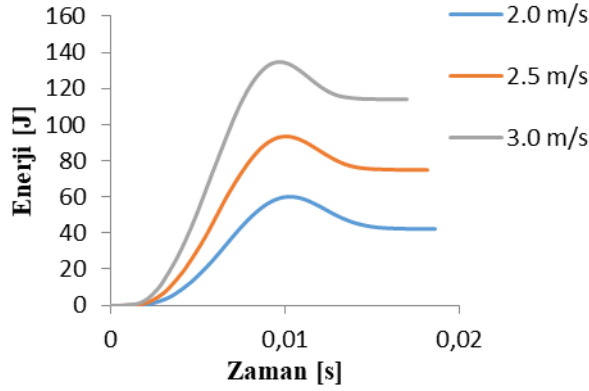
$$E_{KE} = \frac{1}{2}mv_d^2$$

Geri Verilen Enerji:

$$E_g = \frac{1}{2}mv_g^2$$

Sönümlenen Enerji:

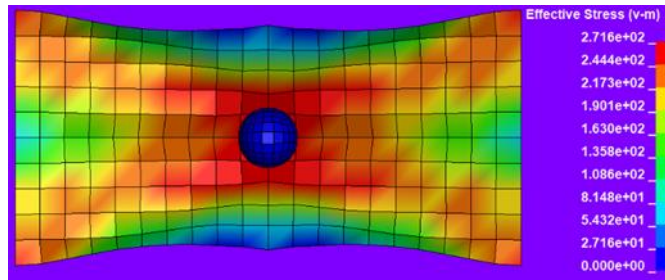
$$E_{abs} = E_{KE} - E_g$$



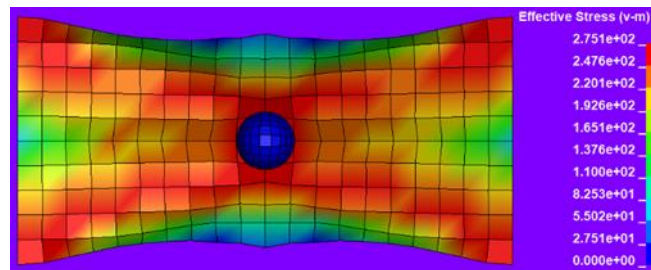
Şekil 8. Lamine Kompozitin Farklı Hız Değerlerinde Uygulanan Darbeler Sonucunda Sönümlendiği Enerji Eğrileri

Lamine Üzerinde Oluşan Efektif Gerilme Dağılımı

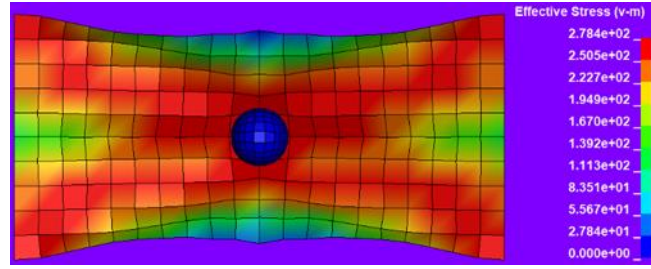
Nümerik simülasyonu gerçekleştirilen düşük hızlı darbeye dair gerilim değerleri incelendiğinde hız değerinin artışıyla meydana gelen gerilim değerlerinde de artış gözlenmiştir. Gerilimin en yüksek değeri vurucunun lamine plaklara temas ettiği noktada gerçekleştirilmiştir. Gerilim dağılımı, eşit olarak gerçekleşmemiştir. Bunun sebebi lamine plakanın düzgün bir geometriye sahip olmamasıdır. Ayrıca gerilim dağılımı vurucunun laminelere temas ettiği merkez noktasından sınır koşullarının tanımlanarak 3 ekseninde normal ve açılma hareketinin engellendiği kısa kenarlara doğru gerçekleşmiştir.



Şekil 9. Lamineler Üzerinde 2,0 m/s Hız Değeri ile Uygulanan Darbe Sonucunda Oluşan Efektif Gerilme Dağılımı



Şekil 10. Lamineler Üzerinde 2,5 m/s Hız Değeri ile Uygulanan Darbe Sonucunda Oluşan Efektif Gerilme Dağılımı



Şekil 11. Lamineler Üzerine 3,0 m/s Hız Değeri ile Uygulanan Darbe Sonucunda Oluşan Efektif Gerilme Dağılımı

SONUÇ (CONCLUSION)

E-cam epoksi plakalara düşük hızlı darbe nümerik olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kompozit plakaların enerji sönmemesi ve hasar toleransı üzerine incelemeler yapılabilmesini sağlamaktadır. Numunenin üzerine uygulanan farklı enerji ve hız değerlerindeki darbeler sonucunda numunenin üzerinde oluşan tepe kuvvetinin arttığı görülmektedir. Kuvvet-zaman eğrisinde hem doldurma hem boşaltma fazı gözlenmiştir ve bu durum vurucunun kompozit levhaya penetre olmadığını yani vurucunun sektiğini göstermektedir. Bu sebeplerden numune sönmüleyebileceği enerji doygunluk seviyesine ulaşmadığı da belirlenerek uygulanabilecek darbe enerjisinin daha yüksek seviyelerde olması durumunda da numunenin başarılı bir şekilde sönmüleyebileceği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- Ahmad, F., Abbassi, F., Park, M. K., Jung, J. W., & Hong, J. W. (2018). *Finite element analysis for the evaluation of the low-velocity impact response of a composite plate*. 28(3), 271–285. <https://doi.org/10.1080/09243046.2018.1510589>
- Berk, B., Karakuzu, R., Murat Icten, B., Arikan, V., Arman, Y., Atas, C., & Goren, A. (2016). An experimental and numerical investigation on low velocity impact behavior of composite plates. *Journal of Composite Materials*, 50(25), 3551–3559. <https://doi.org/10.1177/0021998315622805>
- Chordiy, Y. M., & Goel, M. D. (2019). Low Velocity Impact Behavior of Aluminum Cenosphere Syntactic Foam. *Materials Today: Proceedings*, 18, 3741–3748. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2019.07.309>
- Chordiya, Y. M., & Goel, M. D. (2020). Low Velocity Impact Behavior of Closed-Cell Aluminum Foam Considering Effect of Foam Skin. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 143–149. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1307-7_16
- Composite Materials in Aerospace*. (y.y.). Tarihinde 02 Nisan 2022, adresinden erişildi <https://www.thoughtco.com/composites-in-aerospace-820418>
- Composites in Aerospace Applications / Aviation Pros*. (y.y.). Tarihinde 02 Nisan 2022, adresinden erişildi <https://www.aviationpros.com/engines-components/aircraft-airframe-accessories/article/10386441/composites-in-aerospace-applications>
- Dhakar, H. N., Ghasemnejad, H., Zhang, Z. Y., Ismail, S. O., & Arumugam, V. (2018). *The post-impact response of flax/UP composite laminates under low velocity impact loading*: 28(2), 183–199. <https://doi.org/10.1177/1056789517751239>
- Giasin, K., Dhakar, H. N., Featheroson, C. A., Pimenov, D. Y., Lupton, C., Jiang, C., Barouni, A., & Koklu, U. (2021). Effect of Fibre Orientation on Impact Damage Resistance of S2/FM94 Glass Fibre Composites for Aerospace Applications: An Experimental Evaluation and Numerical Validation. *Polymers 2022, Vol. 14, Page 95*, 14(1), 95. <https://doi.org/10.3390/POLYM14010095>
- Kaviti, A. K., Namala, K. K., Gupta, G. S., & Reddy, C. N. (2019). Modeling And Simulation On Composite

- Laminates Subjected To Low Velocity Impact. *Materials Today: Proceedings*, 18, 5364–5372. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2019.07.563>
- Maghsoudlou, M. A., Isfahani, R. B., Saber-Samandari, S., & Sadighi, M. (2021). The Response of GFRP Nanocomposites Reinforced with Functionalized SWCNT Under Low Velocity Impact: Experimental and LS-DYNA Simulation Investigations. *Iranian Journal of Materials Science and Engineering*, 18(2), 0–0. <https://doi.org/10.22068/IJMSE.1985>
- Mahesh, V., Nilabh, A., Joladarashi, S., & Kulkarni, S. M. (2021). Analysis of impact behaviour of sisal-epoxy composites under low velocity regime. *Revue des Composites et des Materiaux Avances*, 31(1), 57–63. <https://doi.org/10.18280/RCMA.310108>
- Mocian, O. A., Constantinescu, D. M., Sandu, M., & Sorohan, Ş. (2018). Low velocity impact of 6082-T6 aluminum plates. *AIP Conference Proceedings*, 1932(1), 030025. <https://doi.org/10.1063/1.5024175>
- Nguyen, M. Q., Elder, D. J., Bayandor, J., Thomson, R. S., & Scott, M. L. (2016). A Review of Explicit Finite Element Software for Composite Impact Analysis: 39(4), 375–386. <https://doi.org/10.1177/0021998305046739>
- Rizzo, F., D'Agostino, T., Cuomo, S., Pinto, F., & Meo, M. (2021). High-velocity impact investigation on thermoplastic polyurethane/CFRP T-stiffened panel. *Materials Today: Proceedings*, 34, 164–170. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.02.163>
- Rossi, T. A., Fayazbakhsh, K., & Fawaz, Z. (2020). Application of LS-DYNA Constitutive Material Model Laws to Simulate Low Velocity Impact Damage to Composite Plates. *Journal of Aerospace Engineering*, 33(6), 04020065. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AS.1943-5525.0001171](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AS.1943-5525.0001171)
- Sy, B. L., Fawaz, Z., & Bougherara, H. (2019). Numerical simulation correlating the low velocity impact behaviour of flax/epoxy laminates. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 126, 105582. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESA.2019.105582>
- Uyaner, M., & Kara, M. (2016). *Dynamic Response of Laminated Composites Subjected to Low-velocity Impact*: 41(24), 2877–2896. <https://doi.org/10.1177/0021998307079971>
- Zarezadeh-mehrizi, M. A., Liaghat, G., Ahmadi, H., Taherzadeh-Fard, A., & Khodadadi, A. (2022). Numerical and experimental investigation of fiber metal laminates with elastomeric layers under low-velocity impact. *Polymer Composites*. <https://doi.org/10.1002/PC.26509>

Application Of Hoshin Kanri Planning On Aviation Business

Afranur GÜRCÜOĞLU^{1,*}  Fatih BEKMEZCI¹ 
Halil İbrahim KOÇOĞLU¹  Abdurrahim ÖZTÜRK¹ 
Esen ÖZDEMİR¹  Samet SEVİM¹ 

¹Necmettin Erbakan University, Faculty of Aviation and Space Sciences, Aviation Management Department, Konya, Turkey

* afranur.pilotik@gmail.com (Corresponding Author/Sorumlu Yazar)

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 31/05/2022

Accepted: 24/06/2022

Published: 30/06/2022

Keywords:

Aviation
Aviation Industry
Catch-ball
Hoshin Kanri
Self Diagnosis

In this study, detailed researches were made about Hoshin Kanri, Hoshin Kanri's history, model and various branches were given, and the relationship between the PDCA Cycle was mentioned. The Hoshin Kanri practice covers the practices of the PDCA cycle, and they benefit from each other in a relationship and exchange. In addition to PDCA, two other simple but effective and valuable applications used in the Hoshin Kanri Method, Catchball and Self-diagnosis, were also included in the study. Hoshin Kanri is associated with many applications and models. The Fair Model is an example of this. The prepared study is an application made on behalf of the aviation industry. With this application, it is thought that Hoshin Kanri will be used more efficiently in the aforementioned sector.

This study is based on a fictional method. The aforementioned company has no affiliation with this research.

HOSHIN KANRI PLANLAMANNIN HAVACILIK İŞLETMELERİNDE UYGULAMASI

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 31/05/2022

Kabul: 24/06/2022

Yayın: 30/06/2022

Anahtar Kelimeler:

Havacılık
Havacılık Sektörü
Top Atma-Tutma
Hoshin Kanri
Kendi Kendine Teşhis

Bu çalışmada Hoshin Kanri hakkında detaylı araştırmalar yapılmış, Hoshin Kanri'nin tarihçesi, modeli ve çeşitli dalları verilmiş ve PDCA Döngüsü arasındaki ilişkiden bahsedilmiştir. Hoshin Kanri uygulaması, PDCA döngüsünün uygulamalarını kapsar ve bir ilişki ve değiş tokuşta birbirlerinden faydalanırlar. PDCA'ya ek olarak, Hoshin Kanri Metodu'nda kullanılan diğer iki basit ama etkili ve değerli uygulama olan Catchball ve Self tanı da çalışmaya dahil edildi. Hoshin Kanri birçok uygulama ve modelle ilişkilendirilmiştir. Adil Model bunun bir örneğidir. Hazırlanan çalışma havacılık sektörü adına yapılmış bir uygulamadır. Bu uygulama ile Hoshin Kanri'nin bahsi geçen sektörde daha verimli kullanılacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kurgusal bir yöntemeye dayanmaktadır. Bahsi geçen işletmenin bu araştırma ile herhangi bir bağı yoktur.

Atıf/Citation:



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

INTRODUCTION

Changes, developments and innovations in today's world have various effects on businesses and their activities. These global differences bring about the innovations and systems that will arise. Businesses resort to various methods in order to get rid of these differences with the least damage and to leave their competitors behind in the market. Among these applied methods, total quality methods, strategic methods are some of the many factors that include businesses in the race. The company aims to be a partner in this eternal competition by drawing its own roadmap and by taking one or more of the methods used around the world as a guide.

The Hoshin Kanri Method, the foundation of which was laid in Japan, is an extremely important and systematic practice. Hoshin Kanri;

- Achieving and concretizing strategic goals,
- To ensure that the daily plans of the whole organization and their long-term goals are in the same direction.
- Aiming to apply the decisions at the top of the company to the lower levels
- It is a process-oriented approach developed by Yoji Akao in order to improve the performance of the company by increasing and bringing together all the capabilities of the company.

Hoshin Kanri is a step-by-step step in the process of planning, implementing and controlling from the lowest layer to the upper layer. It is preferred by many businesses that are at the top both in this aspect and in terms of improvement.

In the study, detailed researches were made about Hoshin Kanri, Hoshin Kanri's history, model and various branches were given, and the relationship between the PDCA Cycle was mentioned. The Hoshin Kanri practice covers the practices of the PDCA cycle, and they benefit from each other in a relationship and exchange. In addition to PDCA, two other simple but effective and valuable applications used in the Hoshin Kanri Method, Cathball and Self-diagnosis, were also included in the study. Hoshin Kanri is associated with many applications and models. The Fair Model is an example of this. The prepared study is an application made on behalf of the aviation industry. With this application, it is thought that Hoshin Kanri will be used more efficiently in the aforementioned sector.

LITERATURE SURVEY

Hoshin Kanri is a method developed by Yoji Akao for quality control and continuous improvement activities, which emerged in the transition period from Statistical Quality Control (IQ) to Total Quality Management (TQM) in Japan in 1960, adopted by enterprises to adapt to today's increasingly harsh competitive conditions. Hoshin Kanri is a process-oriented systematic approach to aligning an organization's daily activities with its strategic goals. Hoshin; It is derived from the combination of the words "ho" meaning "method, form, direction" and "shin" meaning "bright needle, magnet". From here it can be said that the word "Hoshin" means direction magnet, compass. To the science of management, hoshin, often translated as "Politics"; It also includes expressions such as vision and purpose. Kanri; It is derived from the words "kan" meaning "control" and "ri" meaning "reason or logic" and means "management or control". Many Western businesses use different designations to represent Hoshin Kanri. "Policy Diffusion" at AT&T and Texas Instruments, "Hoshin Planning" with Hewlett-Packard and Procter & Gamble, "Management for Results" at Xerox, "Deployment of Goals" at Exxon Chemicals, "Management of Policies" at Florida Power&Light, "Application Oriented Management" are some of the qualifications used at Unilever. Hoshin Kanri was developed in Japanese companies as a strategic management approach to enable the company to manage strategic objectives within its corporate hierarchy. It is particularly useful and effective when an enterprise-wide collaborative effort is required in key areas of an enterprise. The principle is that every employee should make a contribution to their routines to key corporate priorities. Then, in a relatively short period of time, the firm in question will have taken a step further than would have been possible with normal (typically functionally based) work.

It is an organizing framework for strategic management that deals with four key tasks.

- Focusing on corporate orientation by setting a few strategic priorities each year,
- Aligning strategic priorities with local plans and programs,
- Integrating strategic priorities with daily management,
- Provide a structured review of the progress of strategic priorities.

75-95% of Hoshin activities consist of daily checks. It is related to "management by policies" in the senior management stages and "middle managers" and "continuous improvement of basic functions" in the daily control stages. Daily control takes the pulse of the organization, gives the necessary information to the management about the existing capabilities of the organization and provides continuous improvement.

To summarize briefly, HoshinKanri ensures that performance is continuously monitored by disseminating and revealing the company management's direction, goals and plans to top management and all employees in such a way that all job levels can act, evaluate, review and feedback on the results by performing the PDCA cycle on a continuous basis. improvement (EurekaandRyan, 1990). The purpose of hoshinkanri is to get out of the situation and to make a big leap by analyzing existing problems, unfolding in response to environmental conditions. HoshinKanri is an annual plan for the achievement of objectives developed in conjunction with management's choices and the means (ability capabilities) of the organization to realize these choices (Akao, 1991).

There are performance criteria and desired performance levels for every business system. Hoshin is a planning structure that will bring selected critical business processes to the desired performance level. It is a system that offers detailed planning, implementation and control for changes in business processes. It is also mentioned as a tool in lean leadership approaches. While performance indicators provide accurate, timely, and reliability in order to manage companies in accordance with their strategy, continuous improvement reveals the orientation for the success of the business. For this reason, performance indicators must be given the necessary importance (Kabaday1, 2002; 74).

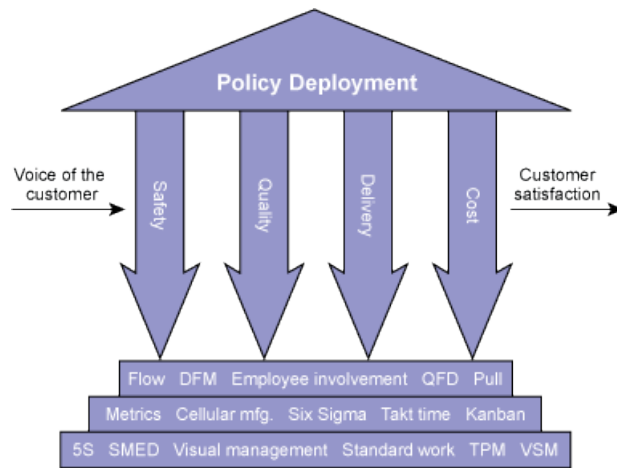


Figure 1. Policy Deployment (Cudney, 2009; 17)

Hoshin Kanri, also known as target diffusion, is a systems approach to the management of changes in critical processes of the organization. It is an approach in which a strategic plan is developed for 3-5 years, starting from the vision of the organization, and this plan is reduced to one-year targets and these targets can be monitored periodically. Daily activities include not only the operational part of an organization and institution, but also everything necessary for the routine management of that organization and its long-term mission.

Hoshin Kanri practice is studied at two levels. First; strategic planning level; the second is at the day-to-day management level. The main purpose of Hoshin Kanri is to integrate the organization's daily activities with its long-term goals. Daily checking is the basis of Hoshin Kanri. It also concerns middle managers and is concerned with the continuous improvement of core functions.

According to Akao (1991), Hoshin Kanri “means the tools that will bring together all the forces within an enterprise, harmonize ideas and continuously improve performance by adapting to change. Hoshin Kanri is also expressed as “the marriage of strategic management and daily management”.

Daily control is an important part of Hoshin activities. 75-95% of the activities consist of daily control. This is because daily control is important in Hoshin Kanri and effectiveness is ensured when daily control is performed correctly.

Hoshin Kanri practices are achieved by examining daily affairs and ensuring their harmony with long-term plans. The daily control is linked to the company strategy through the hoshin plan (Shiba et al.,1995).

According to Eureka and Ryan (1990); The biggest feature of Hoshin Kanri is that he transforms the vision and goals of the organization into measurable and applicable strategies (Doğan, 2000;81).

Hoshin Kanri Auxiliary Methods

The methods that support the implementation of Total Quality Control, thanks to its development in Hoshin Kanri, are the first seven legacy (core) Total Quality Control tools. By 1978, a proposal was proposed by the JUSE team. Nayatani in his study, Implementing Quality Control tools in Policy Management, where seven new Total Quality Management tools were implemented, were used to solve problems and then for strategic management (Akao, 1991).

Possible applications of the seven new TQM The methods used in the individual phases of Hoshin Kanri are listed as follows;

- Planning of medium and long term policies: proximity chart, relationship chart, system chart, matrix chart.
- Decision on the policy of the president of that year: matrix chart, affinity chart, relationships diagram.
- Distribution to departments: system diagram, relationships graph, PDPC, arrow diagram.
- Implementation of policies and obligations. Policy: arrow diagram, PDPC (Akao, 1991).

A different approach to the selection of auxiliary forms for Hoshin Kanri has been taken by King (1989). He developed a stage for an organization's requirements based on Maslow's hierarchy.

Organizational requirements at five levels can be reconciled with six different hoshin planning steps and five hoshin methods.

These;

- Organization Vision,
- Alignment,
- Self-Diagnosis,
- Process Management,
- Individual Goal Focus.

All of these stages are called phases. The lowest part of the hierarchy is called phase 0, while the apex is phase 4. Moving from one phase to the next requires the use of auxiliary methods. Therefore, to move from zero to phase 1, the organization needs seven classic Total Quality Methods to manage processes. Progression to the next stage is possible by identifying individual and organizational barriers and weaknesses and taking appropriate action. To move to the next level, managers must coordinate their individual needs with the needs of others. It is important that every manager chooses the 3 main things they want to achieve in the annual plan.

The fourth, the last stage, can occur in a 5-year period, as a result of organizational diagnosis and

when it is fully integrated into the organization (King, 1989). The final stage includes all the partial elements such as vision, annual plan, development, process management and annual diagnosis.

Catchball

It is one of the practices that makes Lean one of the most effective methodologies for managing teams. With the Chapter Hoshin Kanri method, your organization aligns your company's goals and objectives from the actions of people at all hierarchical levels.

Hoshin Kanri Catchball is a technique for creating and maintaining open feedback loops at all levels of your organizational hierarchy by creating a two-way flow of information sharing.

In its original form, Catchball has a vertical application, that is, the top management level sets goals for the company and prepares a strategy proposal. They hit the bottom like a ball and expect to receive feedback and tactical advice.

There may be several iterations before consensus is reached. Middle management assigns the goals to the team leaders and the process is repeated until the “ball” reaches even the people at the bottom of the pyramid. The ultimate goal is to ensure that everyone who will work towards achieving the company's goals gives input on their behalf and aligns every action in a common direction shared by all. While strategy is often laid by managers, in Lean, tactics and process improvements are laid by lower levels of management and regular team members. This makes Catchball highly suitable for companies that have embraced a culture of shared leadership. Catchball is an effective way to make employees understand how they fit into the bigger picture and become more committed to the organization's most important goals.

Self-Diagnosis

Self-diagnosis is the process of diagnosing or identifying medical conditions within oneself. Medical dictionaries, books, resources on the Internet, past personal experiences, or recognizing the symptoms or medical signs of a condition a family member has had before can help.

Self-diagnosis is error-prone and can be potentially dangerous if inappropriate decisions are made on the basis of misdiagnosis. Because of the risks, self-diagnosis is not officially recommended by governments, physicians, and patient care organizations. Even doctors are discouraged from self-diagnosing because doctors also make mistakes when diagnosing themselves. If self-diagnosis is incorrect, misdiagnosis can result in inappropriate health care, including incorrect treatments and lack of care for serious conditions.

One of the biggest dangers of self-diagnosing psychological syndromes is that you may miss a medical illness that appears to be a psychiatric syndrome. ... Selfdiagnosis also undermines the role of the doctor, which is not the best way to initiate the relationship. ... There is also the fact that we can recognize and see ourselves, but sometimes we need a mirror to see ourselves more clearly. ... By self-diagnosing, you may be missing something you can't see. ... Another danger of self-diagnosis is that you think you're more wrong than you really are. ... Self-diagnosis is also a problem when you deny your symptoms.

However, under certain circumstances self-diagnosis may be appropriate. All over-the-counter (over-the-counter) drugs are offered on the assumption that people can self-diagnose, first the wrong drug that is unlikely to be serious, then the potential harm is determined by the minor cause. Some conditions are more likely to be self-diagnosed, especially simple conditions like head lice and skin abrasions, or familiar conditions like menstrual cramps, headaches or the common cold.

Complex conditions in which drugs are heavily promoted present a more challenging situation,

including conditions such as ADHD in adults. Direct-to-consumer marketing of drugs is widely criticized for promoting inappropriate self-diagnosis. Another condition that is often self-diagnosed is gluten intolerance.

The Self Diagnosis Method (SDM) is designed to support company executives in their efforts to regularly review management performance.

The SDM can be used to determine initial or initial performance and then be applied to year-over-year comparisons of improvements. In addition, it offers the opportunity to compare with the benchmarking performance of the Sectors.

The main purpose is to review relevant management activities and procedures and how the authority is dealing with important aspects. The results highlight points that need attention as well as validating current best practices.

Self Diagnosis Methodology (SDM) provides:

- A concise and general approach to environmental review
- A cost-effective procedure to check progress
- Port specific document developed by ports - for ports
- First step towards more comprehensive management systems
- Summary of performance

SDM is specially designed to assist the port manager:

- Assess the need for environmental management;
- Check compliance with environmental legislation;
- Identify key activities and relevant environmental aspects
- Review and report internally the company's progress periodically;
- Monitoring environmental management performance through SWOT analysis (Strength / Weakness / Opportunity / Threat) against recognized standards;
- Identifying business risk and opportunity;
- Raising awareness on management issues.

Hoshin Kanri and Deming's Relationship with the PDCA Cycle

The PDCA cycle, which is indispensable for TQM, is a denrtim tool that forms the basis of Hoshin Kanri and is used at all levels. It is the way the business plans its paths and destination, establishes business plans, controls results, and integrates results with future business plans.

The PDCA Cycle (Plan-Do-Control-Act) aka PDCA (Plan – Do – Check – Act) Cycle was developed by quality guru Dr.W.E. It is the quality management approach put forward by Deming (Witcher & Butterworth, 1997). Deming has embedded the principle of continuity in quality control with the definition of the Deming cycle, which enables the real application of control function to statistical quality control. He claimed that 96% of the mistakes made were related to the system and only 4% belonged to the employee (Turgay, 2014). He emphasized that the system should be improved first in order to prevent errors. Since the system consists of parts, that is, processes, finding the process that needs to be improved and improving it with the PDCA method will contribute to the correction of most of these errors.

When we look at this model, the stages of the process are; evaluation of the data obtained, defining the change to be made and reaching the conclusion by basing the results on the data (Pyzdek and Keller, 2009).

PDCA is a systematic approach used to achieve results by making a step-by-step plan, and this cycle is based on continuous improvement. Hoshin Kanri is a part of total quality management based on the PDCA cycle and is an important control stage at every stage. This cycle is a continuous cycle. However, the order followed by Hoshin Kanri is different from PDCA. Hoshin Kanri begins the process with the "Check" phase. Thus, the cycle becomes "Check - Act - Plan - Do (BID)". Hoshin Kanri; The vision shaped this cycle in planning and business operations.

In the planning phase, changes for improvement are designed and a strategic plan is created for their implementation. In the implementation phase, planned change is implemented directly. The Check section covers the analysis or detailed examination of the results. The take action phase is the last point where the compliance with the change is realized or the decision to abandon the application is made. The data obtained after each cycle constitutes a source for feeding, that is, the development of the next cycle to be formed (Seidl and Newhouse 2012). Hoshin Kanri activation process; It starts with a detailed control phase, in which the current situation of the enterprise, the plans of the previous years and their results are completely reviewed and whether the results differ from the expectations. As a result of this analysis, the main causes of the problems and the successes shown are determined in the same way. With each iteration of company-wide control, a new unfolding of the goals, values, and pathways found at each level emerges. After analyzing the results in the "Take action" phase, which follows the control phase, the reasons for the differences between the targeted and actual outputs are defined; These are discussed and agreed upon. After the corrective measures are determined, the action is started by returning to the plan to be implemented. Following the Prevent phase, a new plan is made based on the policy, followed by the "Plan" phase, and the "Implemented" phase, in which actions in line with this plan are carried out.

It is used when improving processes, designing a new process, when a problem is to be solved, and when implementing any change project. The purposes of use of this cycle;

- It shows which method will work more efficiently and effectively.
- Presents a process with approaches and skills.
- It supports teamwork with open communication and participation of all teams.
- It helps the integration of R&D and production functions.
- It is a method of assuring the standardization of the process.
- It is participatory management style. (All employees participate.)
- Increases cross-functional activities.
- It aims to reach the truth for once.
- It is aimed at quality and cost criteria.

The steps of PDCA are as follows:

1. Set goals and paths and unfold (Plan)
2. Bring roads to life and solve critical problems.(Do)
3. Evaluate performance and check progress against targets.(Check)
4. Standardize the results as daily checks or transfer them to new improvement plans.(Act)

Plan – goals and paths

The “Plan” phase is part of Hoshin Kanri's annual process, where policies are announced by senior management to managers through formal meetings with the start of the planning year. These meetings begin with 'balling-and-holding', a repetitive communication activity in which policies are translated into goals and paths. In this way, the draft targets and paths are exchanged between the parties and a consensus is reached on what can be achieved. Communication should be based on a process of negotiation and consensus. Figure 3.11 shows how one team's draft goals and paths affect other teams (The Witcher, 2002; 393). To test the achievability of objectives, they must be designed to meet the requirements of a particular policy. Paths, on the other hand, can control progress with control elements such as dates and timelines. In addition, each target has a person responsible for monitoring and monitoring its progress. If the hierarchy level consists of four stages, the 'ballflickering' process must be terminated within a month to be effective. Beyond that, managers and teams need to be preoccupied with operational details. At this point, an implementation plan should be created in terms of the use of targets and paths determined by the department management, timing of resources and periodic audit dates.



Figure 2. PDCA Cycle (www.donusumdanismanlik.com)

Do – daily management of goals and paths

It includes the ways to reach the goals. In other words; It includes the day-today management of goals and paths. The application is made through these ways. Implementation teams carry out the implementation of the ways to reach the targets in the annual plan in this section. Steps to be followed for implementation;

- Informing the relevant people
- Monitoring and realizing the action plan
- Close follow-up of application results

In addition to evaluation, this process also functions as analysis and prevention. At this stage, interdepartmental cooperation is needed if major developments are to be desired. In the future, learning can be obtained for new improvement studies from mistakes and experiences made. As a result of the analyzes made at this stage, the first data of the "check" stage are formed.

Check – effectiveness of process and policies

The results obtained at this stage are analyzed in terms of achieving the planned goals and objectives and whether the intentions in the strategy are actually achieved. The most important aspect of Hoshin Kanri; is the annual analysis and evaluation of the existing situation and working environment of the enterprise. Annual and periodic audits are a learning tool for senior management. Detailed controls play a decisive role in the critical management process and performance.

- The steps to be followed during the control phase can be listed as follows;
- Checking whether the objectives have been achieved
- Detecting and recording possible deviations
- Analysis of the main sources of problems
- Focus on environmental factors.

The basic elements needed for the PDCA cycle actually constitute the most important control elements. These are results-oriented elements. However, for more effective results, some of the most important among the many causal factors that precede output need to be checked weekly or daily. These, in turn, constitute control elements focused on causal factors.

Act – top management

The Act phase is characterized by senior management to ensure that key policies are formulated for the entire organization and used by all employees in the next year. Some organizations use only one policy, while others may have up to five policies. But more than that leads to loss of focus. The low number of policies enables more employees to play a role in the development of goals and ways. By analyzing the results encountered, the difference between the expected and actual results is revealed. A consensus is reached by discussing the reasons for these differences, and extra measures are taken by returning to the plan thanks to corrective actions.

Hoshin Kanri can be thought of as the application of the PDCA cycle to management processes. However, the cycle that appears as PDCA in TQM turns into CAPD in Hoshin Kanri. In other words, the activity process; It starts with a thorough review of the situation of the business, the plans and results of the past years, and a detailed analysis that reveals whether the results differ from expectations, that is, the control phase. The root causes of problems as well as outstanding performances are likewise identified; because these are unexpected results that can contain very valuable elements for learning. With each iteration of company-wide control, a new expansion of target values and pathways at each level emerges.

After the control phase comes the prevent phase. At this stage, after the results are analyzed, the reasons for the differences between the planned and actual results are defined; discussed and agreed upon. After the corrective action is also defined, additional action is taken by returning to the plan. Following the prevent phase, the plan phase, in which a new plan is made based on the policy, and the implementation phase, in which actions in accordance with this plan are carried out.

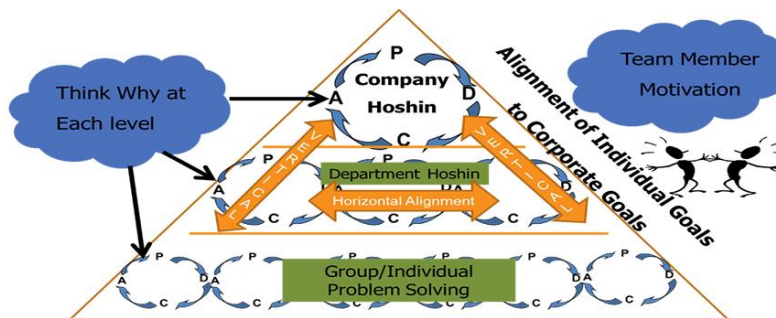


Figure 3. Company Hoshin (Lean Enterprise Institute)

METHOD

This study was designed in the phenomenology pattern and will be carried out with the "qualitative research method". Qualitative research is a research method in which a process is followed to reveal perceptions and events in a natural environment in a realistic and holistic way. "With qualitative research, participants will be able to explain their experiences in depth and in detail. With the phenomenological design, research focuses on phenomena that we are aware of but do not have a deep understanding of. Perhaps that is why phenomenology is also called the "method of viewing the essence". With a phenomenological pattern, the control function in the integration of management processes in the operational departments of airline companies in Turkey will be examined as a phenomenon.

With the evaluation made according to the facts and themes related to the integration of the management processes that emerged in the literature review with the phenomenology model, the self under the head of Pegasus integrated operation control will be displayed. The method of integrating the

management processes in the Hoshin Kanri model will be compared with the essence of Pegasus integrated operations control department.

“Three types of data are usually collected in qualitative research”; “environmental data”, “process data” and “perception data”. In order to investigate the integration of management processes, a qualitative research method was chosen to collect data about the processes.

Research Design

There are performance criteria and desired performance levels for every business system. Hoshin is a planning structure that will bring selected critical business processes to the desired performance level. It is a system that offers detailed planning, implementation and control for changes in business processes. It is also mentioned as a tool in lean leadership approaches. While performance indicators provide accurate, timely, and reliability in order to manage companies in accordance with their strategy, continuous improvement reveals the orientation for the success of the business. For this reason, performance indicators must be given the necessary importance.

Hoshin Kanri, also known as target diffusion, is a systems approach to the management of changes in critical processes of the organization. It is an approach in which a strategic plan is developed for 3-5 years, starting from the vision of the organization, and this plan is reduced to one-year targets and these targets can be monitored periodically. Daily activities include not only the operational part of an organization and institution, but also everything necessary for the routine management of that organization and its long-term mission.

Hoshin Kanri practice is studied at two levels. First; strategic planning level; the second is at the day-to-day management level. The main purpose of Hoshin Kanri to integrate the organization's daily activities with its long-term goals. Daily checking is the basis of Hoshin Kanri. It also concerns middle managers and is concerned with the continuous improvement of core functions.

According to Akao (1991), Hoshin Kanri “means the tools that will bring together all the forces within an enterprise, harmonize ideas and continuously improve performance by adapting to change. Hoshin Kanri is also expressed as “the marriage of strategic management and daily management”

Daily control is an important part of Hoshin activities. 75-95% of the activities consist of daily control. This is because daily control is important in Hoshin Kanri and effectiveness is ensured when daily control is performed correctly.

Hoshin Kanri practices are achieved by examining daily affairs and ensuring their harmony with long-term plans. The daily control is linked to the company strategy through the hoshin plan.

According to Eureka and Ryan (1990); The biggest feature of Hoshin Kanri is that he transforms the vision and goals of the organization into measurable and applicable strategies.

Research Sample/Study Group/Participants

A control study will be carried out at the Pegasus Integrated Operations Control Department in order to examine how the integration of management processes is implemented in the operational processes of airline companies in Turkey and what the integration role of the control function is. As a result of the control study to be carried out according to the Hoshin Kanri Management method, questions about the integration of management processes will be asked to the participants with the semi-structured interview method. In terms of market share in Turkey, Pegasus has 27.6% of the Turkish airline market according to 2022 data. Therefore, the airline in Turkey has been chosen as a sample since it will reflect their operational processes. In addition, for the Airline Sector in Turkey, which is subject to the same national and international legislation, the restrictions and execution methods of the

processes have been determined by the legislation. For example, Pegasus' flight crew process can represent the flight crew process of other airline companies in Turkey, as the flight crew's departure, overtime restrictions, and the method of execution of the flight process are subject to the same national and international legislation. This example can also be said for other operational processes.

In the determination of the study group of the research, the typical case sampling method, one of the purposive sampling methods, was used. Typical case sampling is finding the sample that describes the universe in its most general form. Pegasus Airlines was chosen as a typical sample in order to examine how the integration of management processes is implemented in the operational processes of airline companies in Turkey and what the integration role of the control function is.

In addition, within the typical case sampling, the people who have the most information about the integration of management processes in Pegasus' operational processes with the snowball and chain sampling method will be determined, and they will be asked questions in the semi-structured interview form developed according to the literature review, expert opinions, and data will be collected.

Three of the participants are managers who are involved in the process of making long-term planning and setting annual targets. Four participants will be selected from middle and lower level managers who have decision-making authority in the operational processes and the elimination of plans. One of the participants consists of a manager who has deep knowledge of quality management systems. A total of eight participants will be interviewed.

Research Instruments and Processes

“Data in the research” will be collected through a “semi-structured individual interview form” developed based on the literature review, “expert opinions” and the control study of the Hoshin Kanri management method in Pegasus Integrated Control Department. “Semi-structured individual interview is a type of interview conducted to collect the same type of information from the participants about the subject to be examined. In this approach, before the interview, an interview form is prepared that includes interview questions or topics that will guide the interviewer. Semistructured interviews are frequently preferred by researchers due to their certain level of standardization and flexibility, eliminating the limitations of tests and questionnaires based on writing and filling, and helping to gain in-depth information on a particular subject.

The themes determined in the conceptual framework and literature review will be taken into account in the semi-structured interview form. “First of all, a draft interview form” will be created and “this form will be submitted to expert opinion”. Semi-structured questions to be asked in these interviews are presented in the appendices.

The reliability of the data during the individual interview will be ensured by taking notes and recording the information to be given by the participants. Permission of the participants will be obtained to record the interview. After the information obtained after the interview is organized, it will be presented to the participants again and asked whether it is compatible with their own statements. The validity of the information obtained in this way will be ensured.

Data Analysis

“Individual and focused interviews with the participants during the analysis phase will be analyzed and transferred to a regular writing format. Then, these analyzed data will be interpreted with descriptive analysis method. The data obtained in the descriptive analysis are summarized and interpreted according to predetermined themes. The purpose of this type of analysis is to present the findings in an organized and interpreted form.

“Descriptive analysis consists of four stages;

- “Creating a framework for descriptive analysis”,
- “Processing of data according to the thematic framework”,
- “Description of Findings”,
- “Interpretation of Findings”.

Overview of The Airline Industry In Turkey

The airline industry, which is new in Turkey, is developing rapidly compared to other modes of transportation. These developments depend on the changes in the airline industry in the world, the economy and transportation policies implemented in the country, and the demand in passenger and freight transportation. The stages of civil aviation transportation in our country from its inception to the present and the final state of civil aviation transportation are evaluated below.

“The first aviation activities in our country started with military purposes. The first attempt in Sefaköy was an activity for the use of airplanes in the Tripoli War in a facility with a runway and two hangars created in 1912. In 1933, today's Turkish Airlines became the first commercial airline company established by the state under the name “Airlines State Enterprise”. The development of THY over time paved the way for the establishment of other companies. Sunexpress Airlines was established in 1989 with the partnership of THY and Lufthansa. A competitive environment was created in the airline industry by establishing Pegasus Airlines in 1990 and Onur Air in 1992. Atatürk Airport was renovated in 1998 and with subsequent additional investments, it was serving a total of 50 million passengers. Air transportation has become the most preferred sector in this field by increasing its share in total transportation. The increase in demand, especially in domestic routes, and the fact that our country is in a suitable location for transit travel can be shown among the important factors in the development of the Airline Sector in recent years.

“The deregulation process of government restrictions, starting in 1980, has led to rapid increases in passenger traffic with the decline in prices in markets where air transport is less developed. With the liberalization of the sector in 2003, a similar situation was observed in Turkey, and the Turkish air transport sector grew much faster than the developments in the world. After the legal regulations, the number of companies operating in the sector increased rapidly with the entry of new companies. According to the data of the General Directorate of State Airports Authority (DHMI), the increase in the number of passengers in 2015 was 13.6% in domestic flights and 4.6% in international flights. According to the estimates of Eurocontrol, the organization responsible for the control and management of air traffic in Europe, Turkey will be among the top five countries where air traffic will increase the fastest in Europe, with an increase of 4.2% in commercial air traffic in the 2015-2022 period. The Aviation Sector, which shrank in parallel with the developments in 2016, grew again in 2017, confirming these forecasts.

“While the data of the International Air Transport Association (IATA) showed the increase in air passenger traffic in the world in 2014 by 5.9, the passenger traffic in Turkey reached 166 million with an increase of 10.9 percent. With this 5.9% increase in world passenger traffic in 2014, it reached a higher value than the 5.6% average of the last ten years. Our country, on the other hand, has exceeded this value and Turkish Civil Aviation has started to take a much larger share in global passenger transportation. Turkey has an important place in air transport with its geographical location and it shows its importance with its constantly increasing air traffic”. In particular, this geographical location provides advantages to air transport in Turkey in the transit passenger market. The share of transit passengers in the international passenger market is not to be underestimated. For this reason, it can be said that studies on this market have increased in recent years.

“2016 has been a difficult year for the airline industry. It can be said that it was a difficult year due to the increase in oil prices, which has the highest percentage among airlines' expenses, "capacity increase of up to 6% on average" in the sector, and the terrorist incidents. In particular, the depreciation of the currencies of developing countries against the dollar caused the sector to have difficulties in pricing and planning. Turkish Airlines' total revenues decreased by 6.9% compared to the previous year, due to the global impacts as well as the negative events that took place in our country in 2016. According to IATA, worldwide airline passenger revenues decreased by 2.7% and cargo revenues by 9.5%. While the decline in passenger revenues of Turkish Airlines was 8.3%, which is above the sector average, cargo revenues increased by 6.5%, showing the opposite development of the sector, despite the negativities experienced. The fact that social events affect the airline industry in Turkey to this extent can be accepted as an indication that the industry has a complex structure.

"Due to the unstable geopolitical environment in the southeast of Turkey, the terrorist incidents that started in 2015 and continued in 2016, and the increasing security concerns, especially in Turkey and Europe, airline passenger traffic was adversely affected. Approximately 70% of foreigners coming to Turkey prefer air transportation. In this context, the troubled period that the tourism sector is going through due to security concerns is also reflected negatively on the airline passenger transportation sector. After the rapid increase in the number of visitors coming to Turkey by air in 2013 and 2014, it increased by 1.7% in 2015 and decreased by 25.8% in the January-August 2016 period.

The airline industry, which is new in Turkey, is developing rapidly compared to other modes of transportation. These developments depend on the changes in the airline industry in the world, the economy and transportation policies implemented in the country, and the demand in passenger and freight transportation. The stages of civil aviation transportation in our country from its inception to the present and the final state of civil aviation transportation are evaluated below.

“The first aviation activities in our country started with military purposes. The first attempt in Sefaköy was an activity for the use of airplanes in the Tripoli War in a facility with a runway and two hangars created in 1912. In 1933, today's Turkish Airlines became the first commercial airline company established by the state under the name “Airlines State Enterprise”. The development of THY over time paved the way for the establishment of other companies. Sunexpress Airlines was established in 1989 with the partnership of THY and Lufthansa. A competitive environment was created in the airline industry by establishing Pegasus Airlines in 1990 and Onur Air in 1992. Atatürk Airport was renovated in 1998 and with subsequent additional investments, it was serving a total of 50 million passengers. Air transportation has become the most preferred sector in this field by increasing its share in total transportation. The increase in demand, especially in domestic routes, and the fact that our country is in a suitable location for transit travel can be shown among the important factors in the development of the Airline Sector in recent years.

“The deregulation process of government restrictions, starting in 1980, has led to rapid increases in passenger traffic with the decline in prices in markets where air transport is less developed. With the liberalization of the sector in 2003, a similar situation was observed in Turkey, and the Turkish air transport sector grew much faster than the developments in the world. After the legal regulations, the number of companies operating in the sector increased rapidly with the entry of new companies. According to the data of the General Directorate of State Airports Authority (DHMI), the increase in the number of passengers in 2015 was 13.6% in domestic flights and 4.6% in international flights. According to the estimates of Eurocontrol, the organization responsible for the control and management of air traffic in Europe, Turkey will be among the top five countries where air traffic will increase the fastest in Europe, with an increase of 4.2% in commercial air traffic in the 2015-2022 period. The Aviation Sector, which shrank in parallel with the developments in 2016, grew again in 2017, confirming these forecasts.

“While the data of the International Air Transport Association (IATA) showed the increase in air passenger traffic in the world in 2014 by 5.9, the passenger traffic in Turkey reached 166 million with an increase of 10.9 percent. With this 5.9% increase in world passenger traffic in 2014, it reached a higher value than the 5.6% average of the last ten years. Our country, on the other hand, has exceeded this value and Turkish Civil Aviation has started to take a much larger share in global passenger transportation. Turkey has an important place in air transport with its geographical location and it shows its importance with its constantly increasing air traffic”. In particular, this geographical location provides advantages to air transport in Turkey in the transit passenger market. The share of transit passengers in the international passenger market is not to be underestimated. For this reason, it can be said that studies on this market have increased in recent years.

“2016 has been a difficult year for the airline industry. It can be said that it was a difficult year due to the increase in oil prices, which has the highest percentage among airlines' expenses, "capacity increase of up to 6% on average" in the sector, and the terrorist incidents. In particular, the depreciation of the currencies of developing countries against the dollar caused the sector to have difficulties in pricing and planning. Turkish Airlines' total revenues decreased by 6.9% compared to the previous year, due to the global impacts as well as the negative events that took place in our country in 2016. According to IATA, worldwide airline passenger revenues decreased by 2.7% and cargo revenues by 9.5%. While the decline in passenger revenues of Turkish Airlines was 8.3%, which is above the sector average, cargo revenues increased by 6.5%, showing the opposite development of the sector, despite the negativities experienced. The fact that social events affect the airline industry in Turkey to this extent can be accepted as an indication that the industry has a complex structure.

"Due to the unstable geopolitical environment in the southeast of Turkey, the terrorist incidents that started in 2015 and continued in 2016, and the increasing security concerns, especially in Turkey and Europe, airline passenger traffic was adversely affected. Approximately 70% of foreigners coming to Turkey prefer air transportation. In this context, the troubled period that the tourism sector is going through due to security concerns is also reflected negatively on the airline passenger transportation sector. After the rapid increase in the number of visitors coming to Turkey by air in 2013 and 2014, it increased by 1.7% in 2015 and decreased by 25.8% in the January-August 2016 period.

Havayolu Sektörü Gelir/Gider	2012	2013	2014	2015	2016(*)	2017(*)
GELİRLER (milyar \$)	706	720	751	718	701	736
Yolcu Geliri	531	539	539	518	504	530
Kargo Geliri	64	61	63	53	48	49
Trafik						
Yolcu Km Gelişimi (ÜYK) %	5,3	5,2	5,7	7,4	5,9	5,1
Kargo Ton Km Gelişimi (ÜKTK) %	-0,9	0,6	5,0	2,3	3,4	3,5
OPERASYONEL GİDERLER (milyar \$)	687	695	716	659	643	687
Akaryakıt	228	231	224	180	124	129
Akaryakıtın toplam giderlerdeki payı(%)	33	33	31	27	19	19
Akaryakıt dışı giderler	459	464	492	479	519	559
OPERASYONEL KAR (milyar \$)	18,4	25,3	35,1	59,5	58,3	48,5
Operasyonel Kar Marjı (%)	2,6	3,5	4,7	8,3	8,3	6,6
NET KAR (milyar \$)	9,2	10,7	13,7	35,3	35,6	29,8
Net Kar Marjı (%)	1,3	1,5	1,8	4,9	5,1	4,1

Figure 4. Annual Forecast Data given by IATA

Havayolu Şirketi	Yolcu Uçağı Sayısı		Koltuk Kapasitesi		Kapasite Değişimi (%)
	2014	2015	2014	2015	
THY A.O.	224	258	43.250	50.983	17,9
Pegasus Hava Taşımacılık A.Ş.	46	58	8.634	10.827	25,4
Güneş Ekspres Havacılık A.Ş.	53	54	9.672	10.167	5,1
Onur Air Taşımacılık A.Ş.	21	28	4.809	7.137	48,4
Atlasjet Havacılık A.Ş.	18	20	3.594	3.954	10,0
Borajet Hav. Taş. Uçak Bak. Onar. T.A.Ş.	8	14	635	1.341	111,2
Turistik Hava Taşımacılık A.Ş.	10	10	1.849	1.890	2,2
Hürkuş Hava Yolu Taş. Ve Tic.A.Ş.	8	8	1.520	1.440	-5,3
Ihy İzmir Hava Yolları A.Ş.	6	7	1.116	1.302	16,7
Tailwind Havayolları A.Ş.	7	7	1.218	1.218	0,0
Toplam	401	464	76.297	90.259	18,3

Figure 5. Airlines Operating in Turkey

Ethic

In this study, ethical permission was not required since the research articles included in the sample were taken from open search engines and electronic databases, and this study had a fictional value.

FINDINGS / RESULTS

In this application, changes in the function of management functions with the change of management paradigms and environmental conditions and the integrational function of the control function in this process were investigated. In order to investigate the above problems of this article, an application was made in Pegasus' Integrated Operations Control Department. In this application, qualitative research method was used. The data were collected through a literature review and a semi-structured individual interview form prepared in line with the opinions of five experts. The interview form is shown in Appendix A. At Pegasus, four managers from the integrated operations department, three managers from the strategic planning and investments department and one manager from the quality assurance department were asked the questions in the interview form. The data that emerged at the end of the interview were analyzed with the descriptive analysis technique of the qualitative research method. Descriptive analysis is an analysis technique in which data is summarized and interpreted according to the themes that emerged as a result of the literature review, direct quotations are frequently used to reflect the opinions of the interviewees, and the results are interpreted within the framework of cause-effect relationships. Descriptive analysis was carried out in the following four stages:

- A framework was created as a result of the literature review for descriptive analysis,
- Data were processed according to the themes and sub-themes that emerged according to this framework,
- Findings are defined,
- The findings have been interpreted.

Findings on Environmental Factors Affecting Strategic Plans and Annual Targets

Today, organizations operate in an environment of high uncertainty. As a result of the literature review, it has been revealed that organizations should consider the effects of environmental factors when creating their strategies and annual targets. While the main theme that emerged as a result of this scanning is environmental factors, sub-themes are PESTLE (political, economic, social, technological, legal and environmental) analysis, benchmarking and sector analysis. While sector analysis and comparisons are made to determine the effects of the organization's immediate environment, PESTLE analysis is performed to determine the effects of the organization's distant environment. The analysis of this main theme was made in two parts as shown below; planning and operation. This is because for the planning department, environmental factors are the control element of the planning function, while for the operations department, environmental factors are the control element of the coordination function. Four participants "(P1, P2, P3, P4)" for the planning part and four participants "(O1,O2, O3, O4)" for the operation part were interviewed.

Table 1. Exhibitor Group and Codes

Sections of Participants	Duties	Code
Operations Department		
Integrated Operations Presidency	Vice President of Integrated Operations	O1
Integrated Operations Presidency	Stations Control Manager	O2
Integrated Operations Presidency	Operational Fuel Management Manager	O3
Integrated Operations Presidency	Quality and Document Management Chief	O4
Planning Department		
Strategic Planning and Investments Directorate	Strategic Planning and Investments Manager	P1
Strategic Planning and Investments Directorate	Investment Planning Chief	P2
Strategic Planning and Investments Directorate	Strategic Planning Chief	P3
Quality Assurance Department	Quality Management and Development Manager	P4

Findings Related to Planning

In this section, the participants were asked about the effects of “(P1, P2, P3, P4)” environmental factors on the planning process, and all four participants reported that the effects of environmental factors were taken into account when determining strategies and annual targets. It has been revealed that the results of environmental analysis are evaluated while creating both annual targets and strategic plans. In addition, four participants stated in the interview that the strategic plans are planned equal to the sum of the annual targets. Near environment analysis with sectoral analysis and comparisons, and far environment analysis with PESTLE analysis are carried out. While determining the annual targets, the following statement of the participant coded P1 shows the difference between the two analyses; “But since 18 is next year and the unknowns are a little more known, by 2025, you have a little more opportunity to act.” In addition, three participants stated in the interview that the “(P1, P2, P3)” strategic plans are planned equal to the sum of the annual targets. The opinion of the participant with the code P2 on this matter is as follows; For example, Airbus says it will deliver the bulk of the planes by the end of 2018, to be used by 2025 or 2035. What does that mean? airlines have placed their orders until 2018-19. Likewise, trade; how is world trade developing or oil; oil forecasts are currently at \$50, rising to \$70 by 2025. But it also has a wave. It is also considered. All of this is put on the table. From here, it is determined how much THY should grow each year.

Considering the environmental dimension of the airline industry in Turkey, it is seen that the interviewees agree on the effects of “(P1, P2, P3, P4)” environmental factors on the organization. P1 coded participant says: “Therefore, many factors in the world are effective in your decisions during the formation of vision, mission, main strategies and medium and long-term plans”.

In order to examine the dimension of the control function, which is the main problem of the research, to ensure the integration of management processes, the participants were asked whether “(P1, P2, P3, P4)” environmental factors were controlled before planning. This question was answered by the participants that environmental factors were controlled for both strategic plans and annual targets, in accordance with the themes (PESTLE, sector analysis and benchmarking) determined as a result of the literature review. In this context, it has emerged in line with the “(P1, P2, P3, P4)” opinions of the participants that the control phase of the KPP (control, take action, plan and implement) model was applied by Pegasus when determining strategic planning and annual targets.

Findings Related to the Operation

Four participants from the operations department, “(O1, O2, O3, O4)”, were asked about the environmental factors that affect the operation process in terms of reaching annual targets, as they are in the implementation part of the process. The themes that emerged as a result of the literature review and the opinions of the participants are as follows:

Political and Legal: All four participants stated in “(O1, O2, O3, O4)” that operational processes are affected by political and legal facts.

Effects of environmental-natural events: All four participants in “(O1, O2, O3, O4)” stated that operational processes are mostly affected by environmental-natural events, considering the themes that emerged from the literature review. The fact that some of the operational processes of the airline industry take place in the atmosphere can be said to be the reason for being affected by environmental factors.

Economic Developments: All four participants on this theme stated that operational processes are not affected by economic developments, but they also affect them indirectly as they affect the company's targets.

Technological Developments: All four participants reported that the developments in technology positively affect the operation processes and thus the process of reaching the targets. Regardless of the cost-benefit relationship, opinions are expressed in terms of operational processes.

Social Developments: It was stated by four participants that unexpected social developments negatively affected the operation. For example, a strike by any airport employee group was given as an example by some of the participants from the operations division, where it affected the daily operation.

Comparison: Four participants (“O1, O2, O3, O4”) also said that they and other airlines made comparisons during the interview.

Participants reported that six of the factors (political, social, technological, legal and natural environmental) included in the PESTLE analysis affect the operational processes of Pegasus, while economic factors indirectly affect the operation in the way of reaching annual targets. These factors are considered as control elements of the policies and targets set for daily operation. For example, meteorological forecasts are constantly monitored and necessary measures are taken to ensure that the daily operation proceeds in line with the determined policies. Another control element is legal developments; The legal permanent and temporary regulations published by the civil aviation authorities of the countries are also checked. It turns out that the environmental factors that emerged from this conversation are constantly being controlled so that the day-to-day operation goes as planned in order to achieve the annual targets.

Findings Related to Internal Factors Affecting the Operations Process

Internal factors affecting Pegasus' operational process were also questioned. Themes that emerged as a result of the literature review; critical processes, process stakeholders, employees and customer expectations. These dimensions were asked to eight participants and the findings obtained in line with the participant's opinions are as follows;

Performance in critical processes: It was stated in the interview by eight participants “(O1, O2, O3, O4, P1, P2, P3, P4)” that critical processes were identified because they affect the performance of the organization more than other processes. In addition, while determining the targets, the obstacles that may arise in the way of reaching these targets are determined together with the critical processes. If it is thought that the outputs of the processes will reach the goals of the organization, the importance of the outputs of the critical processes that have a greater impact on the execution of daily activities in line with the targets can be understood.

Process stakeholders: Participants were asked about the effects of process stakeholders on achieving the goals. All eight of the participants expressed the opinion that the process stakeholders are important in terms of the outcome of the process. It has been reported by all participants that process stakeholders in Pegasus, a global company, may also be from other businesses from which service is received.

Employees: Eight participants reported in the interview that employees are effective in organizational performance. In addition, the participant, who was interviewed by the quality assurance department, stated that an employee satisfaction survey is carried out regularly every year in accordance with the ISO 9001 quality standard. In addition, Pegasus announced that senior management attaches importance to employee satisfaction and that the results of the employee satisfaction survey are also high. The subject of training in order to increase employee performance was frequently raised by the participants. In addition, while discussing this subject, some participants said that subjects such as motivation and culture affect performance.

Customer satisfaction: The effect of customer satisfaction on the goal setting process and operational processes was asked to the participants in the interview and eight participants said that customer satisfaction is a criterion both in terms of operational processes and in determining goals. It was explained by the participants in the meeting that it is effective in determining targets and managing operational processes, as it is one of the criteria of the ISO 9001 quality system and makes customer satisfaction a quality policy at Pegasus.

The purpose of asking internal activities in this section is whether a link has been established between business performance and planning. For this reason, the factors affecting business performance were questioned in line with the themes that emerged in the literature review. The first of these is to identify critical business processes and to increase them to the desired level. It was explained that critical business processes were determined by the participants “(O1, O2, O3, O4, P1, P2, P3, P4)”. It has been concluded that continuous controls are made in order to carry out critical business processes at the desired performance level in daily operation. Since this contributes to the progress of the daily operation as planned, it is important in terms of carrying out the operational processes in line with the targets.

In today's competitive environment, it is customer expectations that are effective in determining targets, and these expectations can be a source for process improvement in order to increase business performance. Customer satisfaction is one of the ISO 9001 criteria and it is a TQM statement that organizations that design their processes according to customer expectations will achieve the financial results they want. Pegasus conducts customer satisfaction surveys and shapes its processes according to these researches or tries to minimize service errors. The literature review revealed that the performance of organizations operating in an intensely competitive environment today depends on how well they meet customer expectations and how much they develop themselves in this direction. Therefore, customer expectations have an important place in determining the targets and the participants expressed their opinions in this direction.

Findings Related to the Effects of Management Systems Implemented at Pegasus on Planning/Operational Processes

The theme of management systems was questioned in terms of the effects of management systems on determining targets and determining the performance of processes. The opinions of the participants are as follows;

Management systems and targets: Four participants interviewed from the operations department stated that the management systems had no effect on the determination of “(O1, O2, O3, O4)” targets. Only the participant with the code "O4" reported that the quality assurance department was consulted to ensure that the goals are realistic, achievable and measurable. Therefore, it can be said that a meaningful connection was

not reached as a result of the meeting, from an operational point of view. However, three of the interviewees stated that “(O1, O2, O3)” processes are audited in terms of compliance with the quality system and there is an indirect connection between the objectives and the management systems, since the objectives are determined according to the processes.

Management systems are a framework of policies, systems, processes and procedures that enable the organization to achieve its set goals. Therefore, the continuous control of policies and processes that will achieve the goals and the improvement of policies and processes, if deemed necessary as a result of these controls, is the ISO 9001 quality standard. In this way, a link is established between the objectives and the processes, and the processes that do not reach the targets are either improved or replaced with new ones. PDCA is one of the most effective methods used for process improvement. PUKÖ forms the basis of management systems. Pegasus is an organization with a management systems certificate. However, the participants did not mention the improvement of the processes of the management systems in their opinions. The participant “(P4)” interviewed from the management systems department stated that the processes were inventoried, and that when the performance indicators of the processes could be measured, improvement studies would be started and this could be used to serve the partnership goal. In addition, although the determination of policies is a management system criterion, it emerges from the opinions of the participants that the policies are not determined while determining the targets.

The quality objectives must be in line with the quality policy determined by the top management. The overall objectives of the organization should also be compatible with the quality objectives. In the interview, three participants “(P1, P2, P3)” from the planning department and “(P4)” from the quality systems department did not mention this compatibility. They reported that the information of the quality management presidency was sought only for the targets related to quality.

Findings Regarding the Control of Annual Targets at Certain Periods During the Year

In this finding, the answer to the question of whether the point reached on the way to reach the targets is periodically checked was sought. In addition, revision of targets, process improvement, control elements other than target criteria were questioned as sub-themes as a result of literature review.

Periodic control of targets: All eight of the participants reported that the targets determined in the annual planning “(O1, O2, O3, O4, P1, P2, P3, P4)” were checked quarterly in terms of criteria.

Revision: When asked whether the targets were revised as a result of the periodic control, seven participants stated that “(O1, O3, O4, P1, P2, P3, P4)” targets were revised during periodic controls, when deemed necessary. The other participant “(O2)” said that they took note of this and evaluated it in the targets of the next year.

Process improvement: If the reason for not achieving the goals is due to the internal processes of the business, it was questioned whether there was any improvement in the processes. In this regard, seven participants stated that they decided to improve the “(O1, O2, O3, O4, P1, P2, P3)” processes during these periodic controls.

Control elements: With this theme, it was questioned whether the targets were controlled other than the target measures determined during the year. All participants reported that there were other control elements in the interview. It has been reported that targets are controlled from other aspects as well, although these elements are specified differently.

Periodic controls are carried out throughout the year in order to inform the senior management about the extent to which the targets have been achieved. It is an application of the HK method to ensure integration between the coordination function and the annual plan by making revisions in both the processes and the criteria of the targets, if necessary, in these periods. As a result of the interview, it was revealed that

the level of reaching annual targets at Pegasus quarterly is evaluated in the meetings held by the top and middle managers with the results. As a result of the interview, it was reported by the participants that the criteria of the targets were revised in very exceptional cases during these periods. In addition, it was also explained by the participants that process improvement was made when there was an inadequacy in the outputs of the processes that would reach the annual targets in these periodic controls. There has been no notification about the method (such as PDCA) improving these processes. It was reported by some participants “(P1, P2, P3)” that environmental reasons caused the revision of the criteria of the targets in particular. It can be said that Pegasus uses periodic controls to ensure integration between annual planning and coordination function. In addition, due to unpredictable factors in planning, revision in the criteria of the targets and improvement of the processes that do not reach the targets are made in order to ensure the integration of the two management processes (planning and coordination).

The necessity of controlling the targets not only with measures but also with other control elements in certain periods is an HK practice. As a result of these controls, it can be revealed why the targets are not achieved. The use of management systems or national and international civil aviation rules for the airline industry as a control element may be considered. In this interview, the participants said that they had audits of management systems and civil aviation rules, but they were not effective in setting annual targets. Controlling the processes in terms of output or controlling the policies that will achieve the goals can be considered as a control element. Therefore, process improvement can be decided more effectively in these periodic controls. However, no such opinion was expressed by the participants in the interview.

Findings Concerning the Evaluations of Achievement of the Targets at the End of the Year

In this finding, it was prepared in order to question whether evaluations were made at the end of the year in terms of reaching the targets. In addition, if evaluations are made at the end of the year in terms of reaching the goals, it is aimed to investigate whether the results are effective in determining the goals of the following years and improving the organizational processes. The themes that emerged as a result of the literature review and the opinions of the participants are as follows:

Reporting: Seven of the participants gave a positive opinion on the question of whether a report was prepared at the end of the year, in which the degree of achievement of the targets was evaluated and if the targets were not achieved, why it was tried to be determined.

Process improvement: If the target criteria could not be reached during the periodical controls, it was concluded that the processes were also evaluated and the processes were improved if necessary. It was also asked in this part of the interview whether it was decided to improve the processes in the year-end report, and seven of the participants said that process improvement could be decided in the year-end evaluations. However, five participants reported that they decided to improve the process if the targets could not be met.⁷

At the end of the year, preparing a report containing the extent to which the organization has achieved its goals is an application of the HK method. This report provides information to senior management about the organization's performance for that year and guides senior management in making decisions about the future. Comparison of targets with actual result is the beginning of this report and the first check is about target measures. In cases where there are differences, analyzes are made and process improvements are carried out in line with the analyzes. In case of organizational problems, performance analysis of the processes of the organization is made and necessary corrections are made as a result of these analyzes.

It emerges as a result of the meeting that the year-end report is prepared at Pegasus, and it is stated by the participants that the targets are evaluated in terms of the difference between the realized and the planned. It is understood as a result of the meeting that the necessary measures are taken in cases where the targets are not achieved. If the reason is due to the process, the improvement in the processes is also one of the results of the meeting. However, no opinion was expressed by the participants about the performance controls of the

processes with management systems or other control elements.

Another issue is that the evaluations in the year-end report affect the annual target planning of the organization in the following year and provide integration between planning and the performance of the organization. The results of the interviews reveal that the reports prepared at the end of the year at Pegasus are effective in setting the targets for the next year. In particular, it can be said that it forms the basis for the targets to be smart (realistic, achievable and measurable).

CONCLUSION

Fayol emphasized that the management process consists of "functions" that are applied sequentially. These functions are planning, organization, execution, coordination and control and are implemented sequentially. The control function is applied sequentially last and is intended to compare the planning with the actual. It is said that this understanding stems from the application of Newtonian physics to the science of management, and this understanding is based on cause-effect relationships on the basis of linear relationships. In line with this understanding, the errors that occur as a result of the control function are not caused by planning, it is accepted that these errors arise from the implementation of one of the other functions.

Today, as a result of globalization in management science, developments in communication and information technologies, an incomparable increase in the value given to the human element and the development of a holistic systemic understanding that everything is related to everything, the chaos and complexity approach developed according to Quantum Physics is dominant. It can be said that there are changes in the functions and implementation of management processes for businesses operating in a chaotic environment. In this study, the HK method was used while investigating these changes in the management processes in the airline industry and the integrative role of the control function.

In the HK method, before the short, medium and long-term plans are prepared, the organizational performance of the last year is checked and the environmental analyzes of the organization are made and necessary precautions are taken. Thus, the integration of planning and organization, direction and coordination processes can be achieved. Because if the planning is not found realistic and feasible by the implementation teams, it is possible to experience problems in the organization, direction and coordination processes. At the end of the meeting, it was concluded that the environmental conditions of the business were analyzed by considering the business as a system while the strategic plans were being created and annual targets were set at Pegasus. Operating in a complex environment, Pegasus sets strategic plans and targets using PESTLE analysis, sector analysis and benchmarking techniques. In addition, the performance of the enterprise is also taken into account before determining the annual targets. As a result of the study, it was determined that the critical processes and process stakeholders that significantly affect the business performance were determined. From these results, it can be said that before planning at Pegasus, the necessary measures were taken by controlling the environmental factors and the operational performance through last year's end-of-year report, and thus integration between the planning function and the organisation, directing and coordination functions was achieved.

In the Hoshin Kanri system, annual business policies are determined as a result of mutual discussions between senior management, mid-level managers and implementation teams. First, the draft targets suitable for strategic planning are determined without any criteria. These draft targets are migrated to the departments and parts where the activities are developed. The key point in the expansion of business policies; It is a two-way communication between top, middle and lower level managers, and this two-way communication begins thanks to this migration." This two-way communication continues until an agreement is reached on the criteria for the draft goals and the ways to reach these criteria. This practice is called kicking the ball in HK. But it's not the ball thrown here, it's the ideas. Thus, motivation is provided with employee participation, and the planning function is integrated with the directing and coordination functions. The purpose of this activity

in the HK method is the belief that people will act according to their own truth when they do not know what is right. It is believed that thanks to this participation, what is right will be known and as a result, the organization will focus on the main goals as a whole.

In both Pegasus and the HK method, strategic plans are determined by the senior management. Draft annual targets are formed according to strategic focuses. With this method, integration between annual targets and strategic plans is ensured.

Both senior management, middle-level managers and lower-level managers play a role in the determination of annual targets. Annual targets are divided into three as main targets or general directorate targets, chairmanship targets and directorate targets. The main targets are determined by the top management and middle level managers by reaching an agreement. Middle managers (chairmen) also consult with their managers about these goals before setting the main goals. Then, the goals of the presidency and the goals of the directorate are determined under the moderation of a unit (Pegasus investment relations department). This process continues until an agreement is reached between these three groups on the criteria for the goals. According to this result, it is understood that the HK method of throwing the ball in Pegasus is used in determining the criteria of annual targets, with the participation of managers at all levels. Thanks to these controls, it can be said that the integration between the planning function and the directing and coordination functions is provided.

In the study conducted at Pegasus, it was concluded that the employees were informed about the policies to achieve the goals, but there was no meaningful result that they were informed about the relationship between the goals and the policies that will achieve these goals. This goes against the HK method philosophy, which argues that employees will enforce their own truth when they don't know what's right. From this finding, it can be deduced that full integration between planning and directing functions is not achieved in Pegasus.

Not only the criteria but also the policies are determined as a result of the agreement between the management levels in the HK's dribbling practice. However, there was no result related to this issue in the study. Policies at Pegasus are determined by managers and presidents in line with the determined target criteria.

Bringing critical business processes to the desired level is the main goal of HK. For this purpose, the targets are checked not only in line with the criteria but also with other elements in the periodic controls and year-end controls in the HK method. In particular, the processes can be controlled through elements such as quality, budget, execution time, and it can be decided to improve the processes if necessary. With this application, integration between planning and organizational functions can be achieved through control elements.

During the periodical and year-end controls at Pegasus, no meaningful conclusions could be drawn that the processes are controlled by factors such as quality, budget, and execution time. However, it is a plan that will raise the "critical business processes" that HK wants to achieve to the desired "performance" level. Controlling critical business processes with the determined control elements and improving the processes with the PDCA method, if deemed necessary as a result of this control, are taken as basis. It forms the basis of PUKO quality systems. However, it has been concluded that quality systems are not used for this purpose at Pegasus.

The annual targets determined in the HK method are checked periodically. Thus, the point reached on the way to reach these determined targets is controlled by both criteria and other control elements. This means implementation teams are controlled by senior management. During this control, adjustments are made in the annual planning when deemed necessary. These fixes include revision of targets, revision or change of policies and improvement of processes. Thus, thanks to the control function, integration between

planning and organization, coordination and directing functions is provided.

Annual targets are checked quarterly at Pegasus. The degree of achievement of the targets is determined in the controls made according to the criteria determined for these quarterly periods. In these periodic controls, not only unachievable targets are revised; In addition, revision decisions can be taken for targets that are determined to be ahead of the criteria given at the beginning of the year. The improvement of the processes can be decided if the criteria of the targets have not been achieved. In the light of these findings, it can be said that the integration between planning and organization, coordination and directing functions is achieved by making periodic checks at Pegasus.

Integration of daily operation with objectives is achieved through policies at HK. These policies and critical processes are designed to achieve daily operational targets. Since the targets are determined according to the strategies, it can be said that the integration between the daily operations and the strategies is provided in the HK method. At Pegasus, the design of daily operations is carried out in line with targets, thanks to critical processes and policies. In addition, critical processes are monitored with the determined control elements (political, legal, social, technological, environmental-natural factors and the performance of internal critical processes) and integration between planning and organization, coordination and directing functions is ensured.

Year-end controls are carried out in HK, where the annual targets are compared with the actual results, and the results of the year-end controls are presented in a report. These controls cover not only target values but also processes, especially critical processes. Here, the integration function of the control function is realized at the point of compliance of the planning and implementation (organization, coordination, directing) with the objectives. These controls also provide integration between the annual plans for the next period and the organizational performance.

At Pegasus, year-end evaluations are made in which target values are compared with the actual ones, and these evaluations are presented in a report. The level of achievement of the targets is evaluated in meetings attended by top and middle managers and necessary measures are taken according to these assessments. If processes are seen as the reason for unreachable target values, it was determined that process improvement work was carried out. In addition, these evaluations play a key role in determining the targets for the next year. With this application, integration between the year-end controls and the next year's targets and the organizational function is ensured at Pegasus.

In line with the results obtained, it has been determined that the control function is used in the integration of management processes during the determination and implementation of strategic plans and annual targets at Pegasus. In addition, it has been determined that the applications of the HK method are used during the management process at Pegasus, apart from the issues mentioned above. It can be said that these issues are policies, measuring and improving processes, and informing employees about goals and target paths. In this context, it can be concluded that the HK method can be used in the implementation and integration of management processes in the operations of Pegasus and airline companies in Turkey.

Finally, it can be seen that the order of execution of the management process functions in the HK method is not sequential. H. Fayol's last consecutively applied control function was applied in the HK method both during the management processes and in the first place and was used in the integration of the management processes. In this study, it is concluded that management processes are not applied sequentially in Pegasus as well. The management processes implemented in the form of PPs start with the check phase and then the planning phase is started. In addition, after this stage, management processes functions are not implemented in a specific order.

REFERENCES

- Akao, Y. (Ed.) (1991). Hoshin Kanri; Policy Deployment For Successful TQM. Productivity Press, Cambridge, Ma.
- Akao, Yoji (1999); Hoshinkanri Yönetim Pusulası, Mess Yayın: 309, (Çev. M.Y.Tunç Sancı), İstanbul, 207.
- Akao, Yoji (1999); Hoshinkanri Yönetim Pusulası, Mess Yayın: 309, (Çev. M.Y.Tunç Sancı), İstanbul, 210.
- Akao, Yoji (1999); Hoshinkanri Yönetim Pusulası, Mess Yayın: 309, (Çev. M.Y.Tunç Sancı), İstanbul, 20.
- Akbaba, A. (2018). E-İşletmeye Geçiş Sürecinde Yönetim Sistemlerinin Entegrasyonunda Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri: Thy Entegre Operasyon Kontrol Başkanlığında Hoshin Kanri Entegre Yönetim Modelinin Uygulanması. (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Al, H. 2002. Bilgi Toplumu Ve Kamu Yönetiminde Paradigma Değişimi, Bilim Adamı Yayınları, Ankara.
- Altunay, E. 2014. Eğitim Kurumlarında Mobbing Uygulamalarına İlişkin Nitel Bir Araştırma, Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi.
- Andersen, B. 2006. Holistic Performance Management: An İntegrated Framework, İnternational Journal Productivity Of Performance Management.
- Asıf, M. 2010. Meta-Management Of Integration Of Management Systems, Tqm Journal.
- Aydoğan Z. F. 2004. Örgüt Kültürü Ve İklimi, Gazi Üniversitesi Ticaret Ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi.
- Cambridge, Ma: Productivity Press.
- Collins, M. 2010. The One Page Project Manager For Execution, Wiley, New Jersey
- Çağıl, G. 2008. Geleneksel İşletme Anlayışından E-İşletme Anlayışına Geçişte Yaşanan Problemler, Akademik Bilişim.
- Çokçağlayan, P. (2013, Kasım 15). Yalın Sistem
- Doğan, Ö. (2000). "Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 1.
- Doğanay, A. 2012. Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Edin, İ. 2009. Kurumsal Uygulama Entegrasyonu, İstanbul Üniversitesi Yönetim Dergisi.
- Eren, E. 2016. Yönetim Ve Organizasyon, Beta Yayınları, İstanbul.
- Gleick, J. 2011. Making A New Science, Open Road Media, New York.
- Hacısüleyman, C. (2021). Hoshin Kanri Stratejik Yaklaşımı İle Tedarikçi Kaynaklı Şikayetlerin Azaltılması. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Heavey, C. 2012. A Proposed Cooperation Framework For Organizations And Their Leaders, Management Decision.
- Hoshin Kanri, Www.Kaliteofisi.Com, 2005.
- Hugos, M. 2011. Essentials Of Supply Chain Management, Wiley, New Jersey.
- Hutchins, D. (2008). Hoshin Kanri; The Strategic Approach To Continuous Improvement
- İnan, A. T. 2010. EFQM Mükemmellik Modeli İle İşletmelerin Temel Performans Sonuçlarının İncelenmesine İlişkin Bir Uygulama", YTÜ Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi.
- Jespersen, B.D. 2005. Supply Chain Management: In Theory And Practice, Copenhagen Business Scholl Press, Denmark.
- Kabadayı, E.Ü. (2002). İşletmelerdeki Üretim Performans Ölçütlerinin Gelişim Özellikleri Ve Sürekli İyileştirme İle İlişkisi, Doğu Üniversitesi Dergisi, S. 61-75.

- Kalla, H. 2005. Integrated Internal Communications: A Multidisciplinary Perspective, Corporate Communication International Journal.
- Kara, Hakan (2017) “Yönetim Teknikleri Ve Örgütsel Model Uygulamalar”, Meridyen Yayın, Ankara
- Kaya, D. 2016. Havayolu Yolcu Taşımacılığı Sektörü Raporu, İş Bankası, İstanbul.
- Kesterson. R.K. (2015). The Basics Of Hoshin Kanri.
- Koşar, M. 2015. İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemleri, Atatürk Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi, Erzurum.
- Kurt, A.M. (2008). Etkin Bir Kalite Aracı Olarak Hoshin Kanri Ve İşletme Performansına Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kurt, V. 2004. Integrated Performance Management, Sage, London.
- Leon, A. 2013. Enterprise Resource Planning, Hill Publishing Company Lmt., Delhi.
- Lopes, H. 2011. Exploring The Sources And Benefits Of Cooperation: The Role And Challenges Of Relational And Moral Goods, International Journal Of Social Economics.
- Mortaw, N. 2009. Total Quality Management (TQM): A Model For The Sustainability Of Projects In Africa, University Press Of America, Boulevard.
- Napier H, A. 2006. Creating A Winning E-Business, Thomson Learning Inc., USA.
- Özdemir, M. 2010. Nitel Veri Analizi: Sosyal Bilimlerde Yöntembilim Sorunsalı Üzerine Bir Çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Eskişehir.
- Özer, M. A. 2013. Kalite Yönetimini Edwards Deming’le Yeniden Okumak, Humanitas.
- Özkavukcu, A. (2017). Hoshin Kanri Sistematiği Altında Aksiyomlara Ürün Ve Süreç Tasarımı: Parakende Sektöründe Bir Uygulama. (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pyzdek, T., Keller P. (2009). “The Six Sigma Handbook”, New York: Mcgraw-Hill Companies.
- Raluca, Z. 2011. The Synergy Issues İn Organizations’ Strategies In A Global Economy, Economic Science Series.
- Rawlins, R. 2008. Total Quality Management (TQM), Authorhouse, Indiana.
- Roper, O. 2014. The Facility Management Handbook, Amacom, New York.
- Serdar, Ş. (2001). Dengelenmiş Performans Yaklaşımı Ve Hoshin Kanri’nin Birlikte Kullanıldığı Stratejik Yönetim Modeli. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sökmen, A. 2016. Yönetim Ve Organizasyon, Detay Yayıncılık, Ankara.
- Şengül, R. 2007. Henri Fayol’un Yönetim Düşüncesi Üzerine Notlar, Celal Bayar Üniversitesi Yönetim Ve Ekonomi.
- Şimşek, Ş. 2015. Yönetim Ve Organizasyon, Eğitim Yayınevi, Konya.
- Tennant, C. 2001. Hoshin Kanri: Implementing The Catchball Process, Long Range Planning.
- Tennant, C. Ve Roberts, P. (2001). “Hoshin Kanri: Implementing The Catchball Process”, Long Range Planning,34, 287–308.
- Tennant, Charles; Paul A. B. Roberts (2000); “Hoshinkanri: A Techniquefor Strategic Quality Management”, Qualityassurance, Vol.8, 78.
- Thomas, G. F. 2009. The Central Role Of Communication In Developing Trust And Its Effect On Employee Involvement, Journal Of Business Communication.
- Topaç, S. (2020). Hoshin Kanri Sisteminin Şirket Karlılığına Etkisi: Metal Üretim Sektörü Üzerine Bir Vaka Analizi. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Yaşar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

- Turgay B. (2014). “İşletmelerde Kalite Yönetimi”, İlya Yayınevi, S.82.
- Upadhyaya, K.T. 2013. E-Learning As A Socio-Technical System: An Insight Into Factors Influencing Its Effectiveness, Business Perspectives And Research.
- Villalba-Diez, J. (2017). The Hoshin Kanri Forest. Lean Strategic Organizational Design.
- Witcher, B. J. (2002); “Policy Management (Hoshinkanri) Of Strategy”, Journal Of Strategic Change, Www.Mgt.Uea.Ac.Uk/People/Witcher-B.Asp, 2.
- Witcher B.J., Butterworth R. (2001); “Hoshin Kanri: Policy Management In Japanese-Owned Uk Subsidiaries ”, Journal Of Management Studies.
- Witcher, B. & Butterworth, R. (1997). Hoshin Kanri: A Preliminary Overview. Total Quality Management, Vol: 8 No: 3, Pp. 319-323.
- Witcher, B. J. (2002). Hoshin Kanri: A Study Of Practice In The Uk. Managerial Auditing Journal. 17 (7): 390-396.
- Witcher, B. J., Ve Sum Chau, V. (2007), “Balancedscorecardandhoshinkanri: Dynamiccapabilitiesformanagingstrategic Fit“. Management Decision, 45(3), 518- 538.
- Wood, Graham R.; Kersi F. Munshi (1991); “Hoshinkanri: A Systematicapproachtobreakthroughimprovement”, Total Quality Management, Vol.2, No.3, 213-226, 213.
- Yang, T., Su, C. (2007). Application Of Hoshin Kanri For Productivity Improvement In A Semiconductor Manufacturing Company. Journal Of Manufacturing Technologymanagement. 18 (6): 761-775.
- Yıldırım, A. 2005. Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri, Ankara, Seçkin Yayınevi.

APPENDIX A

1. Can you explain the environmental factors that affect the operation process in determining the annual targets/planning/reaching the annual targets?
2. Can you explain the internal factors that affect the planning/operation process?
3. Can you explain the effects of the management systems implemented in THY on the planning/operational process?
4. Are periodic checks made to achieve annual targets? So can you explain?
5. Can you explain the evaluations made on reaching the targets at the end of the year?

Tahliye Havaasının Turbojet Performansına Etkisi

Yasemin ZENGİN^{1,*}  Sedat TOKGÖZ² 

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye

²Gebze Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye

*yaseminz99@hotmail.com (Corresponding Author/Sorumlu Yazar)

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 01/06/2022

Kabul: 27/06/2022

Yayın: 30/06/2022

Turbojet,
Kompresör,
Tahliye Havaası,
Motor Performansı.

Uçaklardaki turbojet motorlarında farklı sistem ve yerlerde kullanılmak üzere kompresör bölümünden çekilen havaya tahliye havaası denir. Bu çalışmada, tahliye havaasının motor performansına etkisi incelenmiştir. Tahliye havaasının performans üzerine etkisi incelenirken kompresörleri bölme yöntemi ve tüm havanın kompresör çıkışından çekildiği varsayımına dayanan yöntem kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Buna ek olarak, analitik hesaplamalar baz alınarak bir arayüz tasarlanmıştır. Bu arayüz ile kullanıcının hızlıca sonuç alabilmesi ve grafikler üzerinden kolayca değerlendirme yapabilmesi amaçlanmıştır. Kullanıcı isterse grafiksel inceleme yerine komponent düzeyinde inceleme de yapabilir. MATLAB ortamında oluşturulan bu arayüz ile kullanıcı tarafından girilen Mach sayısı, irtifa ve kompresör sıkıştırma oranı değerlerinde tahliye havaasının itki, jet çıkış basıncı, ve özgül yakıt tüketimine etkisi grafiksel ve komponent düzeyinde bilgi olarak kullanıcıya sunulmaktadır. Her iki yöntemle de arayüzden elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında maksimum hata oranının yaklaşık %1.1 olduğu belirlenmiştir. Kompresörden çekilen tahliye havaası miktarı arttıkça motorun performansının ve çıkış basıncının düştüğü, özgül yakıt tüketiminin ise arttığı görülmüştür.

Effect of Bleed Air on Turbojet Performance

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 01/06/2022

Accepted: 27/06/2022

Published: 30/06/2022

Keywords:

Turbojet,
Compressor,
Bleed Air,
Engine
Performance.

The air drawn from the compressor section to be used in different systems and places in turbojet engines of airplanes is called "bleed air". In this study, the effect of the bleed air on the engine performance was examined. While the effect of bleed air on engine performance was examined, both the compressor splitting method and the method based on the assumption that all air is removed from the end of the compressor was compared with each other. Additionally, an analytical calculation-based interface was designed. It was aimed that the user could get results quickly and easily carry out the evaluation from the graphs. If it is required, the user can also do component level examination instead of graphical examination. Using the interface created in the MATLAB environment, the relationship of the bleed air with the engine's performance, jet outlet pressure, and specific fuel consumption is presented to the user as graphical and component-level information on the Mach number, altitude, and compressor compression ratio determined by the user. If the results from both methods were compared with the literature, it was determined that the maximum error rate was approximately 1.1%. It has been observed that as the amount of bleed air removed from the compressor increases, the engine's performance and the outlet pressure decrease, while the specific fuel consumption increases.

Atıf/Citation:



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Turbojet motorunun hava alığından motor içine alınan hava kompresörde sıkıştırılır ve buna bağlı olarak da ısınır. Sıcak ve basınçlı hava yanma odasına geldiğinde yakıt püskürtülerek yakılır ve türbine gönderilir. Hava türbinde genişletilir ve lüle vasıtasıyla atmosfere atılır. Böylece itki elde edilir (Rolls-Royce Ltd., 2005). Motorun kompresör bölümünden pnömatik, hidrolik ve çevresel kontrol sistemlerinde kullanılmak için hava çekilir. Çekilen hava motordan dışarı atılarak kullanılıyorsa “tahliye havası”, motor içinde yanma odasını atlayarak türbinde sirkülasyona giriyorsa “soğutma havası” olarak adlandırılır. Kompresörden çekilen hava itki kuvvetinin azalması ve özgül yakıt tüketiminin artması başta olmak üzere çeşitli performans düşüşlerine neden olmaktadır. Buna rağmen bu havanın çekilmesi motor için vazgeçilmezdir (Bin vd., 2011). Literatür incelendiğinde tahliye havaasının performans üzerindeki etkisini incelemenin iki ana yöntemi olduğu görülmektedir. Bunlar kısaca kompresörleri bölme yöntemi ve tüm havanın kompresör çıkışından çekildiği varsayımdır. Kompresörleri bölme yönteminde tahliye havaasının çekildiği kompresör kademesinden itibaren kompresör yapay olarak ikiye ayrılır. Bu yaklaşımda birden fazla kompresör arka arkaya yerleştirilmiş gibi hesaplama yapılır. Hesaplamalarda öndeki kompresörün çıkışı, takip eden kompresörün girişi olarak alınır, ve tahliye havası iki kompresörün arasından çekilir. Tüm havanın kompresör çıkışından çekilmesine dayanan varsayım metodunda ise tahliye havaasının çekildiği kademelerin etkileri ihmal edilir ve sistemde bulunan tek kompresör çıkışından tüm hava tahliye edilir. Bu iki yöntem birbiriyle karşılaştırıldığında kompresörleri bölme yöntemi ile daha doğru sonuçlar elde edildiği görülmüştür (Hackney vd., 2020).

Bu çalışmada, standart bir turbojet motorunun kompresöründen çekilen tahliye havası miktarına bağlı olarak itki, özgül yakıt tüketimi ve jet çıkış basıncı analitik olarak incelenecektir. İncelemeler hem kompresörleri bölme yöntemiyle hem de tüm havanın kompresör çıkışından çekildiği varsayımına dayanan yöntemle gerçekleştirilecektir. Buna ek olarak MATLAB kullanılarak analitik hesaplamaların kolayca gerçekleştirilip sonuçların hızlıca incelenmesine olanak sağlayacak bir arayüz tasarlanacaktır. Bu arayüz vasıtasıyla da her iki yöntemle elde edilebilecek sonuçlar kullanıcıya sunulacaktır. Oluşturulacak bu hesaplama aracı sayesinde kullanıcı, belirlediği tahliye havası miktarının ilgili performans çıktılarına etkisini kolayca inceleyebilecektir.

LİTERATÜR TARAMASI

Tahliye havaasının turbojet motorların performansına etkisi üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler incelendiğinde termodinamiğin 1. yasasından yola çıkılarak gerçekleştirilen ekserji analizleri öne çıkmaktadır (Balli & Caliskan, 2021; Bin vd., 2011.; Ekici vd., 2017; Şöhret & Karakoç, 2014; Yadav vd., 2005). Ekserji aynı zamanda bir enerji olduğundan, temelde bu yöntem kontrol hacminde enerji ve ekserji korunumuna dayanmaktadır. Bin vd., (2011) çalışmaları sonucunda uygun tahliye havası debisi kullanılıp hem kompresör çıkışında toplam basınç oranı hem de verim aynı anda artırılabilirse tahliye havaasının motor performansı üzerindeki olumsuz etkisinin ortadan kaldırılabilirliğini göstermiştir. Ayrıca, kompresör basınç oranında ve veriminde iyileştirme yapılarak hava tahliye sistemi kullanılabilirse hem kompresör hem de motor performansının geliştirilebileceğini vurgulamıştır.

Tahliye havaasının performans etkisinin incelendiği diğer bir yöntem ise, Enalou vd.,(2017) ve Rahman & Whidborne, (2008) tarafından kullanılan bileşenler arası hacim yöntemidir. Bu yöntem zamana bağlı sistemlerin çalışması sırasında gerçekçi sonuçlar vermesinden dolayı motorun farklı konumlarındaki basınç oranı değişikliklerini hesaplamak için kullanılır. Gaz yasaları bu yöntemde önemli bir rol oynamaktadır (Saravanamuttoo, 2017). El-Sayed vd (2017) çalışmalarında yüksek baypas oranına sahip bir turbofan motorun soğuk bölümlerinin performansını ve tasarım noktası seçimini sunmuştur. Kalkış ve seyir koşullarında geçerli olan performans analizi için MATLAB kullanılmıştır. Sonuç olarak türbin girişi sıcaklığının artmasıyla itki kuvvetinin arttığı, toplam basınç oranının artmasıyla termal verimin düştüğü ve bypass oranının artmasıyla özgül itkinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Klein & Abeykoon (2015) çalışmalarında, MATLAB Simulink kullanarak turbojet motorunun teorik ve hesaplamalı modellemesini yapmışlar ve modellemelerini GasTurb programında özgül yakıt tüketimi ve net itki değerlerini kullanarak valide etmişlerdir. 500 ve 10000 m irtifa için atmosfer koşulları dikkate alınarak yapılan çalışmada, modellemenin GasTurb ile uyumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Bakalis & Stamatis (2012) ise çalışmalarında AMT Olympus turbojet motoru için uyarlamalı performans simülasyon modeli geliştirirken yaşanan sorunları ve verilen çözümleri incelemiştir. Çalışmanın sonunda, türbin çıkışında toplam basınç yerine statik basınçlarla değerlerin kalibre edildiği bir model önermişler ve bu model kullanıldığında hesaplanan parametreler ve türbin verimliliği açısından makul değerler elde edildiğini göstermişlerdir. Başka bir simülasyon çalışması Enalou vd (2017)'ne aittir. Bu çalışmada sundukları modeli MATLAB Simulink'te uygulamış ve deneysel sonuçlarla doğrulamışlardır. Rahman & Whidborne (2008) ise değişken motor tahliye havaasının tek shaftlı bir turbojet motorunun performansı üzerindeki etkisini araştırmak için gerçek zamanlı bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Simülasyonlarını AMT Olympus tek shaftlı turbojet motorunun deneysel verileriyle doğrulamışlardır. Sonuç olarak simülasyon ve deneysel verilerin uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Khalil vd. (2013), itki özgül yakıt tüketimi parametresinin motor performansı üzerindeki etkisini farklı parametrelerle ortaya koymuştur. Bahsedilen çalışmada turbofan performansı, tahliye havaasının türbine geri döndüğü ve dönmediği durumlar için karşılaştırılmıştır. Ayrıca yüksek basınçlı kompresörden çekilen havanın motor performansı üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Kowalski & Kotlarz (2020) ise çalışmalarında baypasslı bir turbojet motorunda sızdırma havaasının kullanımını ve bu havanın türbinde karıştırılmasını incelemiş ve bu iki durumu bir turbofan motoru ile karşılaştırmıştır. Ayrıca hava tahliyesi ve türbin beslemesinin birim itki ve birim güç tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Achmus vd (2020), tahliye havaasının kompresörde rotor veya statordan sonra çekildiği durumları karşılaştırarak, tahliye geometrisinin aerodinamik davranışını ve bunun dönen bir sistemdeki 1,5 kademeli yüksek basınçlı aksenal kompresör ile etkileşimini incelemiştir.

YÖNTEM

Analitik Model

Bu çalışmada analitik modele dayanan bir arayüz geliştirilecek, ve bu arayüz kullanılarak tahliye havaasının motor performansına etkisi farklı parametreler açısından incelenecektir. Literatür incelendiğinde bu parametrelerin hesaplanmasında farklı kaynakların baz alındığı görülmektedir. Bu çalışmada literatürde de ana kaynaklardan biri olarak kullanılan Walsh ve Fletcher (1998)'in çalışmasında verilen bileşenler arası hacim yöntemi denklemleri kullanılmıştır. Oluşturulan arayüz ile performans üzerinde önemli etkisi olan itki (Denklem 1), özgül yakıt tüketimi (Denklem 2) ve jet çıkış basıncı için inceleme yapılabilir.

$$F_{NET} = \dot{m}_e V_e - \dot{m}_o V_o + A_e (P_e - P_o) \quad (1)$$

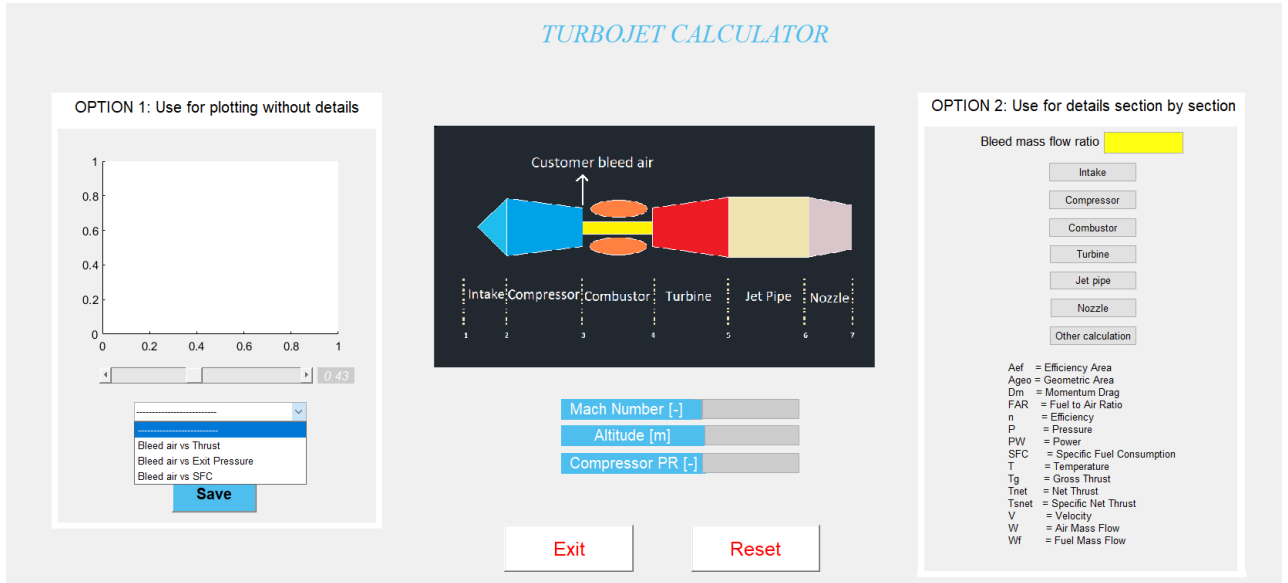
$$\text{ÖYT} = \frac{\dot{m}_f}{F_{NET}} \quad (2)$$

Bu çalışmanın temelinde olan bu iki denklem, komponentler arası ilişkilerin hesaba katılarak hesaplanmasında ve performans analizlerinin yapılmasında kullanılan iki önemli denklemdir.

Arayüz Çalışmaları

Daha önce bahsedildiği gibi, MATLAB yazılımı kullanılarak geliştirilen arayüzde kullanıcının belirleyeceği şartlara göre tahliye havaasının motor performansına etkisi analitik olarak hesaplanacak, istenilen istasyonda hesaplanan değerler arayüz üzerinde kullanıcıya sunulacaktır. Örnek arayüz Şekil 1'de gösterilmiştir. Genel hatlarıyla arayüzün sol tarafında grafiksel inceleme imkânı ve sağ tarafında

komponent düzeyinde inceleme imkânı bulunmaktadır. Kullanıcının belirlemesi istenen parametreler orta kısımdan arayüze girilir. Arayüzde kullanıcı hesaplama yöntemi seçimini de yapabilmektedir... Şekil 1’de verilen arayüz ekranı tüm tahliye havaasının kompresör çıkışından çekildiği varsayımına dayanan yöntem aittir. Sol tarafta bulunan grafiksel inceleme seçeneğinde kullanıcıya üç farklı sonuç grafiği sunulabilmektedir. Bunlar; "tahliye havası-itki", "tahliye havası- jet çıkış basıncı", ve "tahliye havası- özgül yakıt tüketimi" ilişkileridir. Sağ tarafta bulunan komponent düzeyinde inceleme seçeneğinde ise kullanıcı komponentlere ait tuşları seçerek istediği istasyondaki ilgili analitik hesaplama sonuçlarına erişebilir. Bu bölgede ayrıca kısaltma ve sembollerin açıklamalarına yer verilmiştir.



Şekil 1. Tasarlanan Arayüz Ekranı

Arayüzün çalışma mantığı ise şu şekilde açıklanabilir; arayüzde öncelikle kullanıcıdan tahliye havaasının hangi analitik yöntemle incelenmek istendiğinin bilgisi alınmaktadır. Kullanıcı öncelikle kompresörleri bölme veya tüm havanın kompresör çıkışından çekildiği varsayımı yöntemlerinden birini seçmektedir. Daha sonra kullanıcıdan Mach sayısı, irtifa ve kompresör sıkıştırma oranı parametrelerini girmesi beklenmektedir. Girilen değerlere göre arka planda analitik hesaplamalar anlık olarak yapılır ve sonuçlar arayüzün solundaki ilgili bölümde grafiksel olarak gösterilir. İstenirse elde edilen grafik daha sonra kullanmak amacıyla kaydedilebilir. Grafiğin alt tarafına konumlandırılan kaydırma çubuğu vasıtasıyla tahliye havası yüzdesi değiştirilerek farklı değerler için grafikler yeniden çizdirilebilir. Ancak komponent düzeyinde inceleme yapmak istendiğinde (arayüzün sağ bölgesinde gösterilmektedir), ilgili hesaplamalar tek bir tahliye havası çekilme yüzdesi noktasında yapıldığından, kullanıcının tahliye havası yüzdesini de ayrıca belirlemesi beklenmektedir. Arayüzün arka planında tüm hesaplama adımları tutulmaktadır, kullanıcı detayını görmek istediği komponent hakkında bu sayede kolaylıkla bilgi edinebilmektedir.

Her analitik modelde olduğu gibi, turbojet motorunun analitik olarak modellenmesinde de bazı kabüllerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan literatür araştırması sonucunda benzer çalışmalarda yapılan kabüller incelenmiş, uygun görülenler adapte edilerek kullanılmıştır (Balli & Caliskan, 2021; Bin et al., 2011; Şöhret & Karakoç, 2014; Kowalski & Kotlarz, 2020; Walsh & Fletcher, 1998). Bu çalışma boyunca kullanılan kabüller aşağıda özetlenmiştir:

- Hava ideal gaz ve akış tek boyutludur.
- Zamandan bağımsız sürekli bir sistemdir.

- Akış izentropiktir.
- İrtifa analiz boyunca sabittir.
- Tasarım verileri basınç ve verimlilikle kalibre edilir.
- Havanın kütleli debisi toplam 100 kg/s'dir.
- Yanma odası giriş sıcaklığı 1400 K'dir.
- Yakıt alt ısı değeri 43100 kJ/kg'dır.
- Özgül ısı değeri, gaz sabiti ve ısı kapasitesi oranı sabittir. (Soğuk kısım için özgül ısı değeri 1.005 kJ/kg, ısı kapasitesi oranı 1.4 ve sıcak kısım için özgül ısı değeri 1.15 kJ/kg, ısı kapasitesi oranı 1.333'tür. Gaz sabiti 287.15 J/kgK'dır.)
- Komponentlerin politropik verimlilikleri sabittir; kompresör için 0.88, yanma odası için 0.99 türbin için 0.89 ve şaft için kullanılan mekanik verim 0.995 kabul edilmiştir.
- Basınç düşüşleri sabittir; hava alığında %0.5, kompresör çıkışında %2, yanma odasında %3 ve jet borusunda %1 basınç düşüşü olduğu kabul edilmiştir.
- Lülede için deşarj ve itki katsayıları sırasıyla 0.97 ve 0.99 kabul edilmiştir.

SONUÇLAR

Arayüz kullanılarak yapılan analitik hesaplamaların doğrulanması amacıyla 0.8 Mach hız, 11000 m irtifa ve kompresör basınç oranının 25 olduğu bir turbojet motorunun tahliye havası olmadığı durum için sonuçlar elde edilmiş ve literatürle (Walsh & Fletcher, 1998) karşılaştırılmıştır. Tahliye havaasının olmadığı durumda elde edilen sonuçlar her iki metot için de hem bu çalışmada hem de literatürde aynıdır. Sonuçlar arasındaki farklar Tablo 1'de verilmiştir. Bu tabloya göre maximum fark yaklaşık %1.1'dir. Bu değerden yola çıkılarak hesaplamalarda kullanılan model ve kabullerin oldukça düşük bir hata ile doğru sonuç verdiği ve güvenilir olduğu söylenebilir.

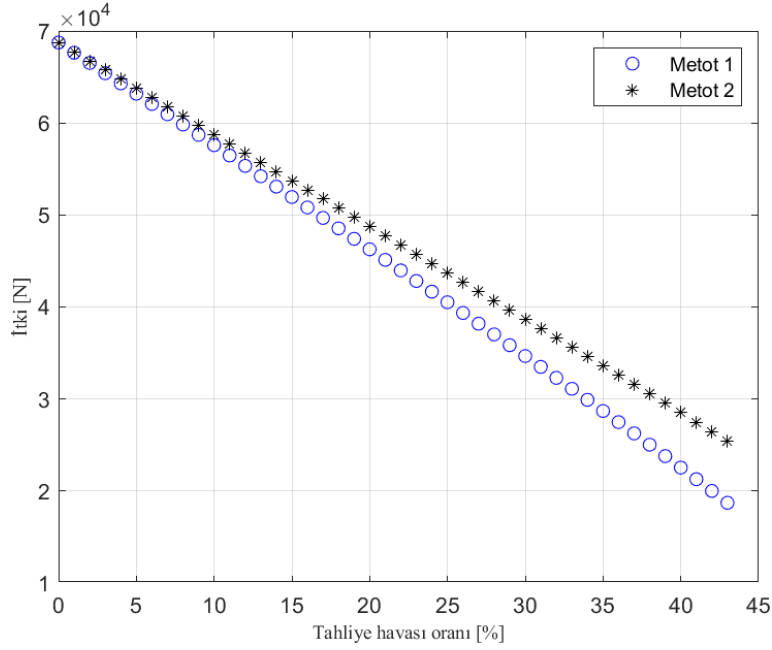
Tablo 1. Analitik Sonuçlar

Parametre	Walsh ve Fletcher (1998)	Sonuç	Fark [%]
$T_{\text{kompresör}}$	695.1 K	694.94 K	0.023
$T_{\text{türbin}}$	1010.5 K	1011.66 K	0.115
$P_{\text{kompresör}}$	857.5 kPa	858.16 kPa	0.077
$P_{\text{yanma odası}}$	815.1 kPa	815.77 kPa	0.082
$P_{\text{türbin}}$	187.8 kPa	188.91 kPa	0.591
Yakıt-hava oranı	0.0188	0.019	1.063
Özgül Yakıt tüketimi	0.0992 kg/Nh	0.10 kg/Nh	0.806
İtki	68238 N	68746.44 N	0.745

Kompresörden çekilen tahliye havası motor üzerinde daha önce bahsedilen etkilere sahiptir. Daha önce yapılan çalışmalarda tahliye havaasının türbin giriş sıcaklığını ve özgül yakıt tüketimini artırdığı, özgül itkiyi ise düşürdüğü gösterilmiştir (Bin vd., 2011.; Kowalski & Kotlarz, 2020). Bu çalışmada da tahliye havası miktarına bağlı olarak itki, özgü yakıt tüketimi ve jet çıkış basıncı parametrelerinin nasıl

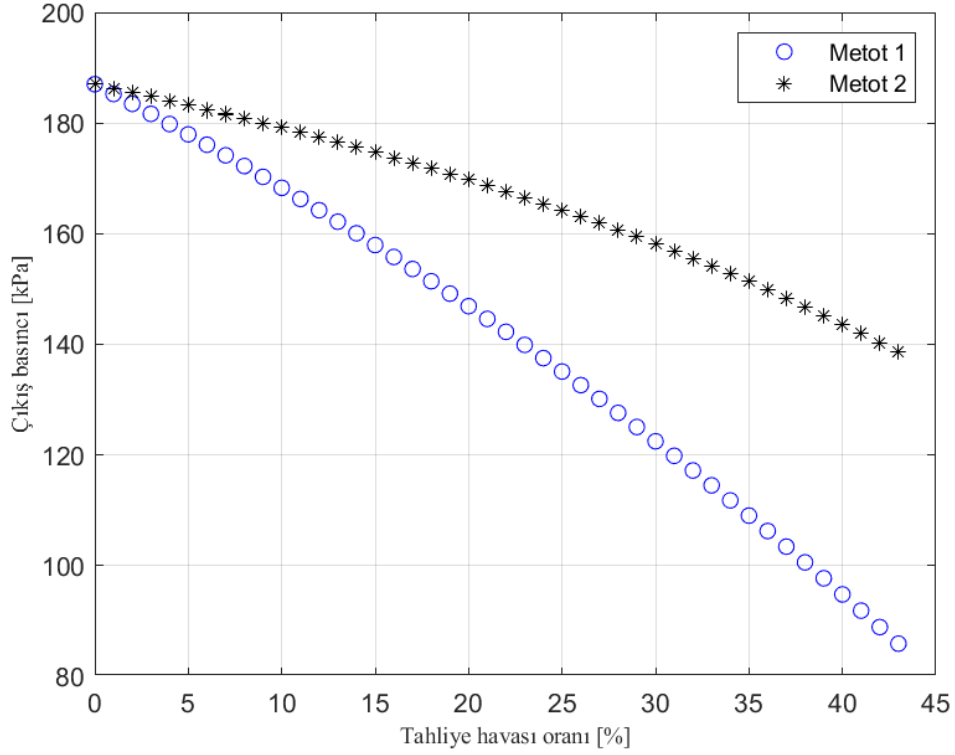
etkilendiği incelenmiştir.

Şekil 2’de tahliye havaının itkiyle ilişkisi görülmektedir. Turbojet motordan çekilen tahliye havaı oranı arttıkça itki düşmektedir. Bu düşüş lineerdir. Metot 1 (tüm havanın kompresör çıkışından çekilmesi yöntemi) için itki değerleri incelendiğinde yaklaşık %27 tahliye havaı oranındaki itki değerlerinin tahliye havaı olmayan durumdaki değerlerin yarısına düştüğü görülmektedir. Metot 2 (kompresörleri bölme yöntemi) ile inceleme yapıldığında ise yaklaşık %25 tahliye havaı oranındaki itki değerlerinin tahliye havaı olmayan durumdaki değerlerin yarısına düştüğü görülmektedir. Ancak her iki metot arasındaki itki değerleri farklı tahliye havaı oranı arttıkça artmaktadır. Yaklaşık %43 tahliye havaı oranında bu farkın yaklaşık %27 civarında olduğu görülmektedir...



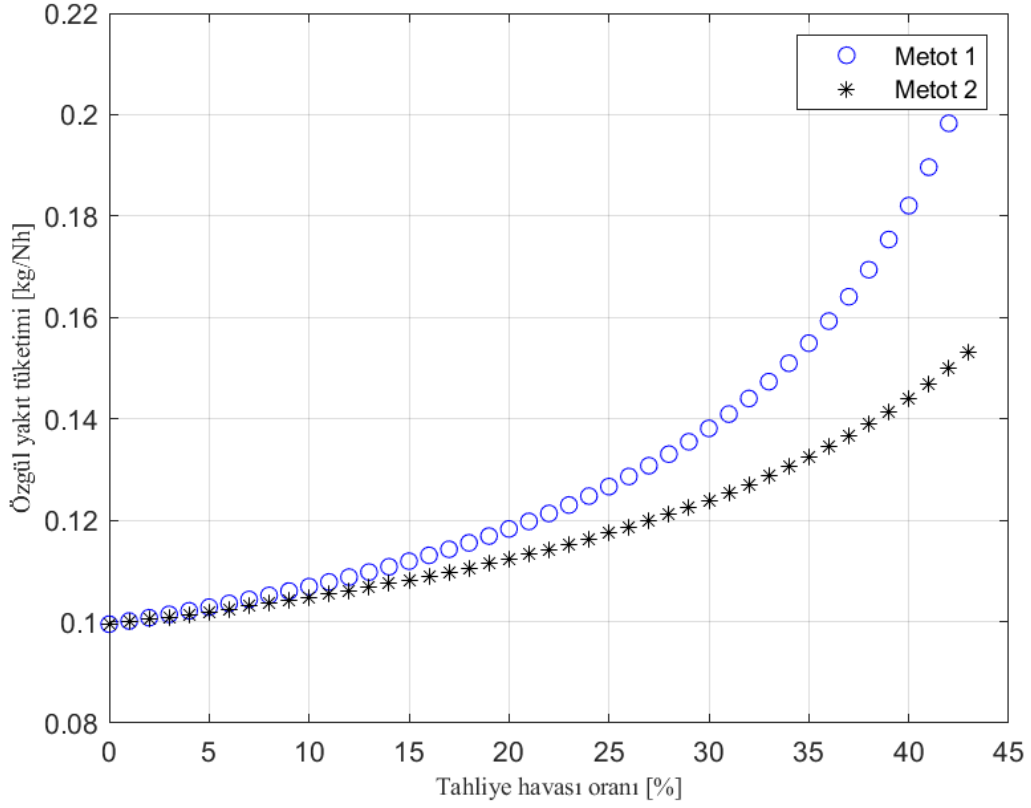
Şekil 2. Tahliye havaı-itki ilişkisi

Şekil 3’te tahliye havaının jet çıkış basıncıyla ilişkisi verilmiştir. Görüldüğü gibi çekilen tahliye havaı oranı arttıkça çıkış basıncı hızlanarak düşmektedir. Şekil 2 ile birlikte değerlendirildiğinde tahliye havaının artışıyla birlikte itkiye doğrusal bir düşüş görülmektedir, ancak jet çıkış basıncında meydana gelen düşüş doğrusal değildir. Jet çıkış basıncı için Metot 1 için yapılan incelemelerde yaklaşık %25 tahliye havaı oranındaki değerlerin tahliye havaı olmayan durumdaki değerlerin %40’ına, %43 tahliye havaı oranında ise tahliye havaı olmayan durumdaki değerlerin yaklaşık %70’ine düştüğü görülmektedir... Metot 2 için yapılan incelemelerde ise çıkış basıncındaki düşüşün Metot 1’e göre daha yavaş olduğu görülmektedir.



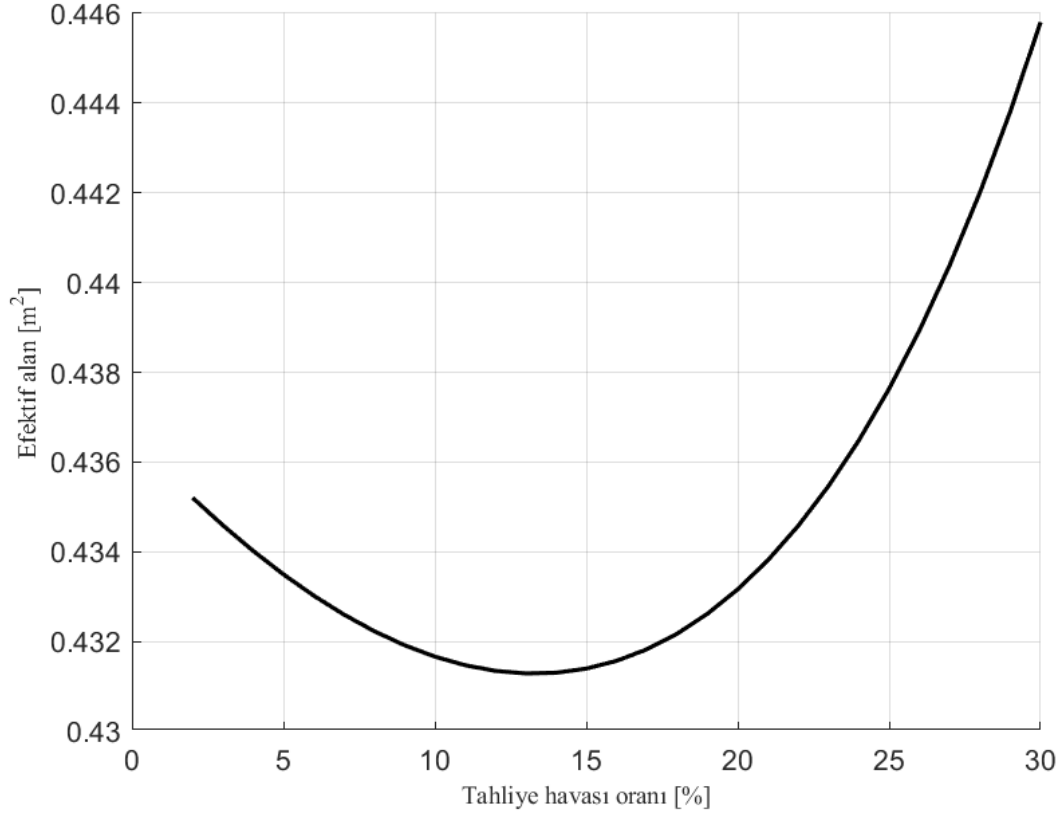
Şekil 3. Tahliye havası- jet çıkış basıncı ilişkisi

Özgül yakıt tüketimi, tasarımlarda minimum düzeyde tutulması gereken en önemli performans parametrelerinden biridir (Tunçer & İçke, 2016, Khalil vd., 2013). Şekil 4'te tahliye havasının özgül yakıt tüketimiyle ilişkisi görülmektedir. Tahliye havası oranı arttıkça özgül yakıt tüketimi üstel şekilde artmaktadır. Metot 1 kullanıldığında tahliye havası oranının yaklaşık %20 olduğu durumda özgül yakıt tüketimi %20 artmaktadır. Ancak turbojet motordan çekilen tahliye havası oranı %40'a çıktığında özgül yakıt tüketimi büyük bir artış göstererek tahliye havasının olmadığı durumdan %80 daha yüksek bir değere ulaşmaktadır. Metot 2 kullanılarak yapılan incelemelerde özgül yakıt tüketimindeki artış miktarı Metot 1'e göre daha düşüktür. Örneğin Metot 2 ile yapılan hesaplamalarda özgül yakıt tüketimindeki %20 artış tahliye havası oranının yaklaşık %27 olduğu durumda meydana gelir. Benzer şekilde çekilen tahliye havası oranı %40'a çıktığında özgül yakıt tüketimindeki artış sadece %44 kadardır.



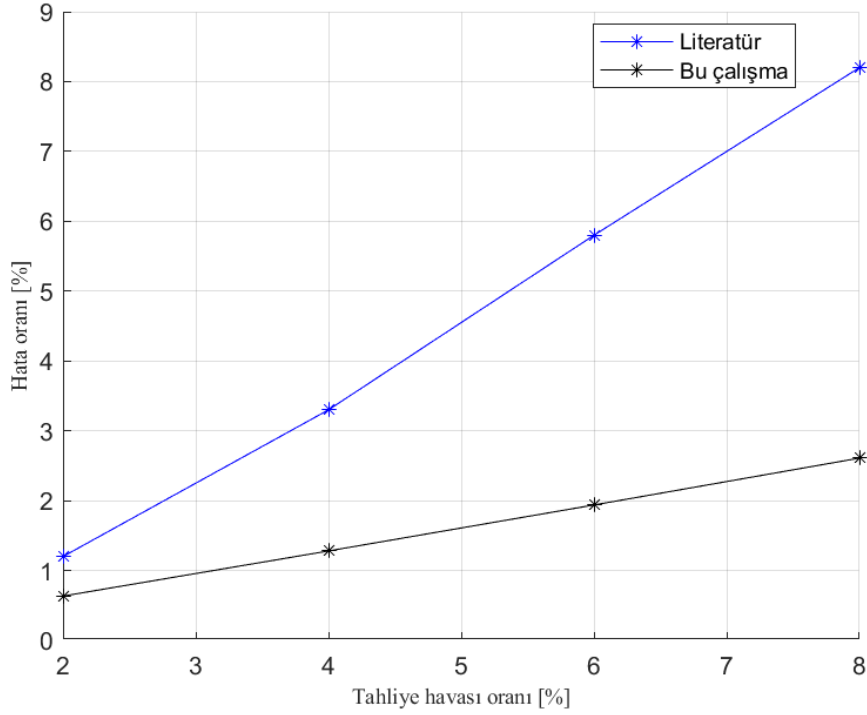
Şekil 4. Tahliye havası- özgül yakıt tüketimi ilişkisi

Hava lüleye vardığında atmosfere karıştırılmak için uğrayacağı son istasyona gelmiştir. Lüle çıkışı havanın motordan çıkarak atmosfere karıştığı noktadır. Lüle çıkış alanı da havanın atmosfere atılırken çıkış hızını etkileyen bir parametredir. Turbojet motordan tahliye havası çekilmesi itki üzerinde etkili olan efektif lüle alanını da etkilemektedir. Metot 1 kullanılarak elde edilen sonuçlar ile çizilen Şekil 5'te görüldüğü gibi yaklaşık %13 tahliye havası oranına kadar alanda daraltma yapılabilir. Ancak %13 tahliye havası oranı aşıldığında istenen itkiyi sağlamak için gereken lüle çıkışı alanı hızlı bir şekilde artmaktadır. Alanın büyümesi buradan geçen havanın genişlemesinden dolayı basıncın ve sıcaklığının düşmesine sebep olur. Bunun sonucunda da daha az itki üretilmiş olur.



Şekil 5. Tahliye havası- lüle çıkış alanı ilişkisi

En son olarak, daha önce bahsedilen iki farklı hesaplama metoduyla elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. Şekil 6'da siyah çizgi ile belirtilen hata miktarı bu çalışmada baz alınan motorun her iki yöntemle farklı tahliye havası oranlarında elde edilen sonuçları arasındaki farkı göstermektedir. Görüldüğü gibi tahliye havası oranı arttıkça yöntemler arasındaki farklar atmaktadır. Örneğin tahliye havası oranı %2 iken fark %0.7 civarındayken, tahliye havası oranı %8'e çıktığında bu fark %2.6 civarına çıkmaktadır. Şekil 6'da görülen mavi çizgi ise literatürde (Hackney vd., 2020) benzer bir motor kullanılarak iki metodun karşılaştırmasından elde edilen değerleri göstermektedir. Literatür ile mevcut çalışma karşılaştırıldığında tüm tahliye havası oranları için yöntemler arasında literatürde bildirilen diğer analizlerdeki sonuçlardan daha düşük farklar elde edildiği görülmektedir.



Şekil 6. Yöntemler arasındaki hata oranının karşılaştırılması

TARTIŞMA

Turbojet motorlardan tahliye havası çekilmesi motor performansını olumsuz etkilese de uçaklardaki diğer sistemlerde kullanılmak üzere bu havanın motordan çekilmesi gerekmektedir (Bin vd., 2011). Bu sebeple tahliye havasının sistemden çekilme konumu ve miktarı optimize edilmelidir. Bu çalışmada iki farklı analitik metot kullanılarak motordan çekilen tahliye havasının farklı değerleri için itki, jet çıkış basıncı ve özgül yakıt tüketimi hesaplanmıştır. MATLAB ortamında oluşturulan arayüz ile hesaplama sonuçları grafiksel ve parametresel olarak sunulmuştur. Parametresel incelemeler komponent düzeyinde tek bir tahliye havasında yapılırken grafiksel incelemeler farklı tahliye havası oranlarında daha genel olarak yapılır.

Çalışmanın sonucunda, bu çalışmada elde edilen sonuçların literatürle farkının maksimum %1.1 olduğu görülmektedir. Ayrıca seçilen yöntemle ilgili olarak meydana gelecek hata oranının literatürden daha iyi düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, yöntemler arasındaki farkın tahliye havasının yüzdesel değeri arttıkça arttığı görülmüştür. Bu çalışma gelecekte havacılıkta kullanılan diğer turbofan, turboşaft ve turboprop motorlar için de uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- Achmus, M., Friedrichs, J., & Becker, B. (2011). *Experimental Investigation Of Bleed Air Extraction Through A Circumferential Gap In A Low Speed Axial Compressor Stage*. www.gpps.global
- Bakalis, D. P., & Stamatis, A. G. (2012). Data Analysis And Performance Model Calibration Of A Small Turbojet Engine. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 226(12), 1523–1533. <https://doi.org/10.1177/0954410011425126>
- Balaghi Enalou, H., Abbasi Soreshjani, E., Rashed, M., Shen Yeoh, S., & Bozhko, S. (2017). A Detailed Modular Governor-Turbine Model for Multiple-Spool Gas Turbine with Scrutiny of Bleeding Effect. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 139(11). <https://doi.org/10.1115/1.4036947>
- Balli, O., & Caliskan, H. (2021). Turbofan Engine Performances From Aviation, Thermodynamic And Environmental Perspectives. *Energy*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121031>

- Bin, Z., Shaobin, L., Qiushi, L., & Sheng, Z. (2011). *Impact Of Air System Bleeding On Aircraft Engine Performance*. <http://www.asme.org/ab>
- Ekici, S., Şöhret, Y., & Karakoç, T. H. (2017). Performance Evaluation Parameters For Turbojet Engines. *Journal of Aviation Yıl:1, Cilt:1* (Issue 1).
- El-Sayed, A., Emeara, M. S., El-Sayed, A. F., & Fayed, M. K. (2017). Performance Analysis of Cold Sections of High Bypass Ratio Turbofan Aeroengine. In *J Robot Mech Eng Resr* (Vol. 2, Issue 1). www.verizonaonlinepublishing.com
- Şöhret, Y., & Karakoç, T. H. (2014). *Gaz Türbinli Uçak Motorlarının Termodinamik Modellenmesi Thermodynamic Modeling of Gas Turbine Aero-Engines* (Issue 2). <http://edergi.bilecik.edu.tr/index.php/fbd>
- Hackney, R., Nikolaidis, T., & Pellegrini, A. (2020). A Method For Modelling Compressor Bleed In Gas Turbine Analysis Software. *Applied Thermal Engineering*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115087>
- Khalil, E. E., El-Sayed, A. F., & Abdelghany, E. S. (2013). Effect Of Bleed Air On Performance Of Turbofan Engines. *51st AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition 2013*. <https://doi.org/10.2514/6.2013-598>
- Klein, D., & Abeykoon, C. (2015). *Modelling Of A Turbojet Gas Turbine Engine*. <http://man.ac.uk/04Y6Bo>
- Kowalski, M., & Kotlarz, W. (2020). The Advantages of Using a Bleed of Air from Behind the Compressor and Supplying It Behind the Turbine in an Aircraft Engine. *Journal of KONBiN*, 50(3), 381–394. <https://doi.org/10.2478/jok-2020-0067>
- Rahman, N. U., & Whidborne, J. F. (2008). A Numerical Investigation Into The Effect Of Engine Bleed On Performance Of A Single-Spool Turbojet Engine. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 222(7), 939–949. <https://doi.org/10.1243/09544100JAERO389>
- Rolls-Royce Ltd. (2005). *The jet engine*. Rolls-Royce.
- Saravanamuttoo, H. I. H. (2017). *Gas turbine theory*.
- Tunçer, O., & İçe, R. Ö. (2016). Bir Mikro Turbojet Motorun Ters Mühendislik ile İncelenmesi. *DEU Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik*, 18(54), 562–562. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2016185422>
- Walsh, & Fletcher. (1998). *Gas Turbine Performance* (Second). Blackwell.
- Yadav, R., Jugseniya, C. B., & Scientist, A. A. P. (2005). *Thermodynamic Analysis Of Turbofan Engine*. <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/pdfaccess.ashx?url=/data/conferences/gt2005/72537/>

Uçuş Mekanikliği Hesaplamalarında MATLAB/Simulink Kullanımı: İstanbul'dan Kahire'ye Uçuş Planlaması Örneği

Abdurrahim Bilal ÖZCAN^{1,*}  Berkay KAVAL¹ 

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri, Uçak Mühendisliği, İstanbul, Türkiye
*ozcana20@itu.edu.tr (Corresponding Author/Sorumlu Yazar)

Makale Bilgileri	ÖZ
Makale Geçmişi Geliş: 31/05/2022 Kabul: 26/06/2022 Yayın: 30/06/2022	<p>Benzetim araçları gerçek bir sistemin üretimi ve/veya yönetimi öncesinde büyük maliyetleri önlemek, hızlı prototipleme ile AR-GE çalışması gerçekleştirmek, farklı senaryolarda sınırsız test imkanı sağlamak gibi bir çok avantajı kullanıcılarına sunmaktadır. Bu çalışmada MATLAB/Simulink benzetim ortamı kullanılarak uçuş mekaniği kapsamında, İstanbul'dan Kahire'ye bir uçuşun planlaması yapılmıştır. Uçuş planına dair hesaplamalardan önce Euler'in diferansiyel denklem çözücü metodundan (ode1) ve benzetim aracındaki kullanımından bahsedilmiştir. Ardından uçağın değişkenlerinden (X ve Y eksenlerindeki yatay konum, irtifa, gerçek hava hızı, baş açısı, uçağın kütlesi), kontrol işaretlerinden (motor itkisi, yalpa açısı, uçuş yolu açısı), hava trafiği kurallarından ve gerçek bir uçağın rotasından bahsedilerek benzetim aracının kullanım kapsamı ortaya konmuştur. Çalışmanın kapsamı belirtildikten sonra İstanbul Havalimanından (IST) Kahire Havalimanına (CAI) gerçek bir Boeing 737-700 uçağının uçak performansı operasyonel verileri kullanılarak uçuş rotası ve bu rotadaki kalkış, tırmanma, seyir uçuşu, dönme, iniş gibi hareket değişimleri belirtilmiştir. Tüm uçuşun benzetimi aşamasında Eurocontrol Experimental Centre'in BADA (Base of Aircraft Data) projesi kapsamında yayınladığı hesaplamalara dayanarak uçağın değişkenleri, 3 boyutta rotası, yataydaki hızı, yakıt tüketimi, uçağın rotasının değişimi vb. gibi veriler görselleştirilerek yorumlanmıştır. Uçağın seyir uçuşunda hızın 240 m/s civarında, itkinin 30 kN civarında, yakıt tüketiminin gerçekteki uçağın yakıt kapasitesine uygun olarak ve genel C_L/C_D oranının literatüre uygun elde edilmesi benzetim ortamının gerçek testler öncesi modellemede uygun olduğunu ortaya koymuştur. Son kısımda ise elde edilen sonuçlar ile birlikte benzetim araçlarının uçuş mekaniği özelinde sağladığı faydalardan bahsedilmiştir.</p>
Anahtar Kelimeler: Uçuş Mekanikliği, Uçuş Performansı Uçuş Planlama Simulink, MATLAB.	

Using MATLAB/Simulink in Flight Mechanics Calculations: An Example of Flight Planning from Istanbul to Cairo

Article Info	ABSTRACT
Article History Received: 31/05/2022 Accepted: 26/06/2022 Published: 30/06/2022	<p>Simulation tools offer many advantages to their users, such as avoiding large costs before the production and/or management of a real system, performing R&D work with rapid prototyping, and providing unlimited testing in different scenarios. In this study, a flight from Istanbul to Cairo was planned within the scope of flight mechanics using the MATLAB/Simulink simulation environment. Before the calculations of the flight plan, Euler's differential equation solver method (ode1) and its use in the simulation tool are mentioned. Then, by talking about the variables of the aircraft (horizontal position on the X and Y axes, altitude, true airspeed, head angle, mass of the aircraft), control signals (engine thrust, yaw angle, flight path angle), air traffic rules and the route of a real aircraft, the simulation tool will be used. Scope is revealed. After specifying the scope of the study, the flight route and movement changes such as takeoff, climb, cruise flight, turn, and landing on this route are indicated by using the aircraft performance operational data of a real Boeing 737-700 aircraft from Istanbul Airport (IST) to Cairo Airport (CAI). During the simulation phase of the entire flight, the variables, 3D route, horizontal velocity, fuel consumption, change of the aircraft's route etc. data such as visualization and interpretation. In the last part, together with the results obtained, the benefits of simulation tools in flight mechanics are mentioned.</p>
Keywords: Flight Mechanics, Flight Performance, Flight Planning, Simulink, MATLAB.	

Atıf/Citation:



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bilgi üretme hızı ve buna eşlik eden teknolojik ilerleme günümüzde yeni bir anlam kazanmıştır. Teknolojinin bu denli hızlı gelişimi farklı sektörlerde birçok inovasyona yol açmıştır. İnovasyon artışı ile birlikte amaç sadece son kullanıcıya ürün teslim etmek değil, teslim edilen ürünün ileri seviyede AR-GE çalışmalarıyla eniyelenmiş şekilde de teslim etmek olmuştur. AR-GE çalışmalarında karşılaşılan en önemli sorun, araştırmaların ve araştırılan unsurların test edilmesi sürecinin uzun sürebilmesi ile birlikte bu testlerin maliyetidir (İltaş ve Bulut, 2017). Bu sebeple, hem test maliyetini düşürdüğü için hem de daha kısa sürede daha fazla test yapılmasına olanak sağladığı için benzetim araçlarının önemi artmıştır (Karadağlı ve Çulha, 2014). Simülasyon araçları AR-GE çalışmalarının yanı sıra eğitimde de sıklıkla kullanılmaktadır. Deneylemlerin daha güvenli, düşük maliyetli ve hızlı yapılması (Sezer ve Orgun, 2017), proje çalışmaları için veri toplanması, bitirme tezlerinin simüle edilmesi gibi çalışmalarda kullanılabilir.

Benzetim temelli çalışmalar AR-GE çalışmalarının önemi ortaya çıkartarak araştırma süreçlerini kısaltmak ve maliyeti azaltmakla beraber daha hızlı prototipleme olanağı da sağlamaktadır. Bu çalışmada, MATLAB® ürün ailesine ait benzetim uygulamalarının kullanıldığı çeşitli sektörlerde gerçekleştirilmiş matematiksel hesaplara, fiziksel modellenmelere, kontrole ve benzeri birçok örneğe değinilerek uçuş mekaniğı çalışması kapsamında İstanbul'dan Kahireye gerçekte yapılan bir uçuşun benzetim ortamında analizi yapılmıştır. MATLAB® ürün ailesinin kullanıldığı sektörlerde ve konulara değinilecek olunursa; tıp ve fizyoterapi alanında Duman (2008), diz üstü protezlerde gerçekçi yürüyüşe benzer dinamik protezin ayarlanması için kullanılan yürüyüş hareketini modelleyen dinamik denklemlerin modellenmesi ve çözümlenmesinde MATLAB®/Simulink kontrol sistem toolbox altında yer alan Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox ve Model Linearizer uygulamasını kullanmıştır. Elektrik dağıtım sektöründe Dursun (2006), Simscape Electrical bloklarını kullanarak ve kendi bloğunu oluşturarak farklı yük aktarımları neticesinde gözlenen akım-gerilim değişimleri, kısa devre akımları ve gerilim düşümlerini analiz etmiştir. Kandemir (2006) ise çalışmasında, vinçlerde salınımları en aza indirmek için tasarlanan iki farklı kontrolcünün algoritmasını kurmada ve salınım hesaplarında kullanılacak denklemlerin hesaplarında MATLAB arayüzünden ve Control System Toolboxtan yararlanmıştır. Denizcilik sektöründe Avinal (2000), gemi üzerindeki ekipmanların çift sinüsoidal şok yüklemesine vereceği yanıt tahmin edilmesi üzerine yaptığı çalışmada MATLAB®/Simulink kullanmıştır. Bektaş (2019), rüzgar türbin sisteminin matematiksel modelinin elde edilmesi ve rüzgar enerjisi dönüşüm sistemi yöntemlerinin veriminin hesaplanmasında Control System Toolboxtan ve Motor Control Blocksetin sağladığı Clarke and Park Transforms modülünden faydalanarak kendi kütüphanesini oluşturmuştur. Aladağ (2017) Simscape Electrical'da bulunan Photovoltaic solar cell bloğunu kullanarak monokristal bir yapıda olan PV panelin matematiksel modelini oluşturmuştur ve değişken hava parametrelerine göre elektriksel performansının analizini yapmıştır. Çalışır (2015), MATLAB® /Simulink ile altı serbestlik derecesine sahip bir hava aracını modellemiştir. PID tabanlı bulanık kontroller ve doğrusal olmayan sistem üzerinden verileri Fuzzy Logic Toolbox yardımıyla işleyerek Global Optimization Toolboxta yer alan Genetic Algorithm kullanarak PID kontrolcü performansı optimize edilmiştir. Yine ortam modellemesinde Aerospace Blocksette yer alan rüzgar modeli, kontrolcü tasarımında ve analizinde Control System Toolbox ve Simulink Control Design kullanmıştır. Mekanizma analizi konusunda ise Kılınç (2010), MATLAB®/Simulink'te kendi bloklarını oluşturarak gerekli Lagrange hesaplamaları ile elastik ve rijit dört çubuklu mekanizmaların verimliliğini incelemiştir.

IHA'lara algoritma geliştirilmesi, uçuş senaryolarının simüle edilmesi, iletişim protokollerinin incelenmesi ve uçuş bilgilerinin analizi gibi konularda Simulink kütüphanesinde yer alan UAV Toolbox araştırmacılara bir çok konuda kolaylık sağlamaktadır (Mathworks, 2021). Örneğin Mathworks'un (2022) yayınladığı çalışmada UAV Toolbox'ın sağladığı UAV Package Delivery uygulaması yardımıyla küçük

bir multikopterin otonom şekilde, şehir ortamında kalkış, uçuş ve inme aşamalarından oluşan uçuşu için algoritma geliştirilerek veri analizi yapılmıştır. Yine Mathworks'un (2022) sağladığı UAV Scenario uygulaması yardımıyla üç boyutlu bir ortamda statik ağlar, İHA platformları ve sensörlerden oluşan bir simülasyon senaryosu oluşturulmuştur. UAV Toolbox'ta bulunan Flight Log Analyzer uygulaması ise UAV kullanıcılarının ve geliştiricilerinin sistem performanslarını test etmelerine yardımcı olması için oluşturulmuştur (Mathworks, 2022). Uçuş analizlerini doğru şekilde yapabilmek için uygun koordinat sistemlerinin tanımlanmasında ve koordinat sistemleri arası dönüşümlerin yapılmasında MATLAB® aktif olarak kullanılmaktadır (Mathworks, 2022). Analiz esnasında ihtiyaç duyulan parametreler de tanımlanıp hesaplanabilmektedir (Mathworks, 2022). Yine uçuş analizlerinde çözülmesi gereken üç ve altı serbestlik dereceli denklemler de MATLAB®'in sağladığı açıklamalar takip edilerek uygun bloklar ile doğrudan simüle edilebilmektedir (Mathworks, 2022). Bahsedilen analizlerde kullanılacak olan atmosfer modelindeki sıcaklık, basınç, hava yoğunluğu vb. değişkenlerinin hesaplanmasında ise ISA Atmosphere Model bloğu kullanılabilir (Mathworks, 2022). Simulink'in bir başka kullanım örneğini olarak uçak parametrelerinin bloklar şeklinde modellenmesinden bahsedilebilir. Örneğin NASA'nın geleceğin taşımacılık ve ulaştırma problemlerine yönelik tasarladığı HL-20 personel fırlatma sisteminin kaldırıcı gövdesi ve kontrolörü HL-20 with Flight Instrumentation Blocks adıyla modellenmiştir (Mathworks, 2022). Bu modelleme sayesinde hava aracının taşıdığı obje ve fırlatacağı yörünge dikkate alınarak hangi girdilerin verilmesi gerektiği hesaplanabilmektedir. Aynı zamanda bu uçuş parametreleri anlık olarak takip ederken FlightGear Preconfigured 6DoF Animation uygulaması yardımıyla tamamen görselleştirilebilmektedir (Mathworks, 2022). Savunma sanayinde sıklıkla kullanılan otonom füzelerin yönlendirme sistem algoritmalarının tasarlanmasında ve bu algoritmaların gerçek zamanlı nasıl davranış sergiledikleri MATLAB® Control System Toolbox ve Simulink® Control Design yardımıyla test edilip gözlemlenebilir (Mathworks, 2022). Uçaklarda sıklıkla kullanılan turbofan motorunun modellenmesi olan turbofan motor sistem bloğu, belirli bir gaz keleşi konumunda, mach sayısında ve belirli yükseklikte bir turbofan motorunun ve kontrolörün itme gücünü ve yakıt kütle akış hızını hesaplamaktadır (Mathworks, 2022). Havacılıkta yine çok önemli olan pilotun fiziksel davranışlarını gözlemlemek için de Tustin Pilot Model bloğu kullanılabilir (Mathworks, 2022). Ticari aviyonik sistem yazılımlarını standartlara uygun hale getirmek için yani fazla satırlar, döngü hataları, sıfıra bölünme gibi istenmeyen unsurları ortadan kaldırmak için DO Qualification Kit DO-178, DO-278, ve DO-254 standartları için kullanılabilir (Mathworks, 2022). Sadece uçaklar için değil, herhangi bir sistem için yazılan kodların sistem gereksinimlerini uygulamasını, uygulama modelleme standartlarını takip etmesini, ölü mantık, sıfıra bölme, taşma gibi tasarım hatalarının olup olmadığını, uygulamanın her zaman gereksinimleri karşıladığı Simulink Verification and Validation uygulaması kullanılarak test edilebilmektedir (Mathworks, 2017).

MATLAB® ürün ailesi hem endüstride hem akademide hem de havacılık alanında aktif şekilde kullanılmaktadır. Liu, X. ve Cao, Y., (2010) Rhapsody ve Simulink kullanarak İHA uçuş kontrol sistemi tasarlamışlardır. Sistemler arasındaki uygunluğu ise Simulink Coder aracından yararlanarak sağlamışlardır. Figueiredo ve ark. (2012) ise quadricopter tipi İHA için X-plane Plane-Maker aracı üzerinde modellemeler yaparak uçağın çeşitli uçuş koşullarında tepkisini gözlemlemişlerdir. Dataların işlenmesinde ise Instrument Control Toolbox'tan yararlanmışlardır. Ayrıca çeşitli kontrol ve gezinme algoritmalarını da denemişlerdir. Hopf ve ark. (2020) çalışmalarında öğretim ve araştırmada kullanılmak üzere Simulink StateFlow aracı kullanarak insansız hava araçlarına dayalı bir deney seti sunmuştur. Bu deney seti uçuş mekaniği ve uçuş kontrolü ile ilgili yapılabilecek iyileştirmeleri gözlemlemek için kullanılmaktadır. Yine havacılık alanında sürü İHA sistemlerindeki haberleşme karmaşıklığını basite indirgemek ve en iyi çözüm algoritmalarına ulaşmak ve algoritmaların testi için de Optimization Toolbox kullanılmaktadır (Arbaş, 2022). Otopilot tasarlamada da MATLAB® /Simulink kullanılabilir. Yücel (2020) çalışmasında MATLAB®'in kullanıcıları tarafından geliştirilen Airlib kütüphanesinden de

yararlanarak gürbüz kontrolün bir çeşidi olan kayan kipli kontrolcü kullanarak otopilot sistemi tasarlanmıştır. Ayrıca bu sistemi yedekleyerek, sisteme entegre edilen seçmen algoritması ile simülasyon ortamında performans analizleri yapmıştır. Dünder ve ark. (2020) çalışmalarında sabit kanatlı dikey kalkış ve iniş yapabilen (VTOL) insansız hava aracının (İHA) enerji tüketimini içeren tasarım adımlarını ve performans analizlerinde Simscape Electrical'da bulunan batarya modeli yardımıyla gerçekleştirerek kalkış, tırmanma, seyir ve iniş aşamalarında enerji tüketimini göstermişlerdir. Özcan ise çalışmasında (2022), F-16 Uçağının dinamik davranışı hakkında bilgi elde etmek için uçağı frekans alanında incelenmiş ve uluslararası standartlara uygun olarak uçağın yanal ve boylamsal modları dikkate alınarak uçuş kalitesi analizini MATLAB/Simulink kullanarak incelenmiştir.

YÖNTEM (METHOD)

Gerçek dünya uygulamalarında ortaya çıkan adi diferansiyel denklemlerin çoğu tam olarak çözülemez. Bir diferansiyel denklemin doğru bir yaklaşık çözümünü elde etmek için sayısal yöntemler kullanılmaktadır (Gururajan, 2022). Çalışmada kullanılan Euler'in yöntemi belirli bir başlangıç değerine sahip adi diferansiyel denklemleri (ODE'ler) çözmek için birinci dereceden bir sayısal uygulamadır. Bu yöntemi kullanmak, doğruluktan biraz ödün verir ancak hız kazanır. Yapılan uygulamanın işlem yükü göz önünde bulundurularak Euler yöntemi tercih edilmiştir (Chapra vd., 2015). Örneklemeye zamanı (ts) 0,01 saniye olarak kabul edilmiştir.

Uçuş mekaniği çalışması kapsamında yapılan bu çalışma hem standart kod yazımına hemde görsel programlamaya olanak sağladığı için hemde içerisindeki birçok hazır kütüphane ve toolbox bulunmasından dolayı MATLAB/Simulink programının R2022a sürümü kullanılmıştır. Ayrıca Euler'in yöntemi (ode1) ve diğer çözücüler Simulink'te model ayarları kısmında hazır olarak bulunmaktadır.

Çalışmada kullanılan temel uçuş verileri flightaware.com sitesinden 14 Nisan 2022 tarihli THY690 nolu uçağın veri tabanından elde edilmiştir. Bu verilerden uçağın ne kadar sürede tırmanış, uçuş ve iniş yaptığı temel teşgil etmektedir. Uçak sensöründen okunan veriler büyük miktarlarda değişim ve titreşim içerdiği için irtifa verisi sadeleştirilerek kullanılmıştır. Uçuş süreleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

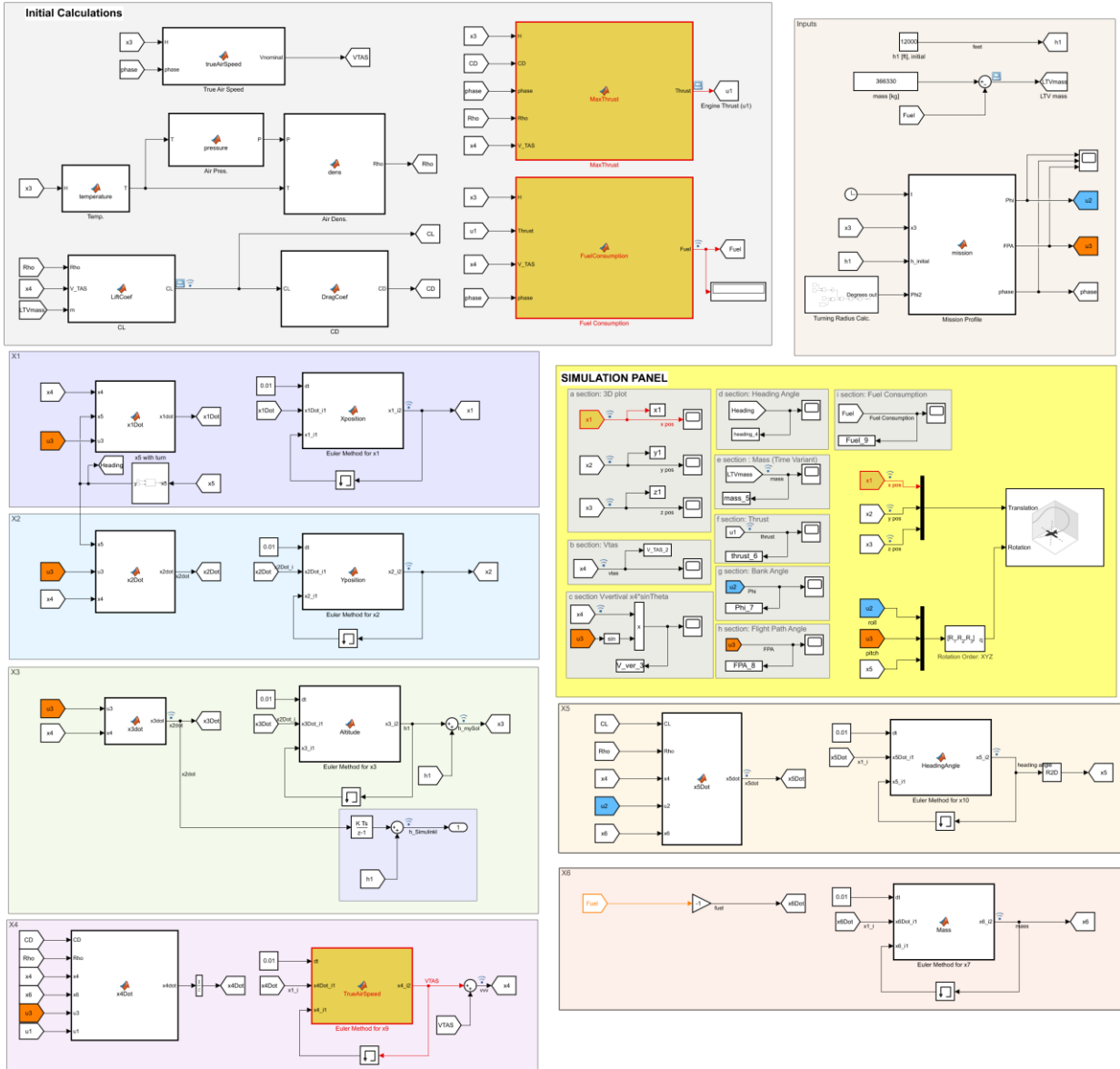
Tablo 1. Uçuş Fazlarının Saniye Cinsinden Değeri

UÇUŞ FAZLARI	SÜRE (sn)
Tırmanış	1097 sn
Uçuş	3775 sn
İniş	1270 sn
Toplam	6142 sn

Uçuş BOEING B737-700 uçağıyla yapılmaktadır. Hesaplamalar bu uçağın kütlesi, alabileceği faydalı yük miktarı, yakıt hacmi, bazı aerodinamik katsayıları gibi temel özellikler kullanılarak yapılmıştır. Tablo 2'de uçağı ait temel veriler verilmiştir.

Tablo 2. Uçağı Ait Temel Veriler

Kütle	70080 kg
Kanat Yüzey Alanı	124,65 m ²
İtke (x2)	89–116 kN
Yakıt Kapasitesi	26025 L (21000 kg)
Yolcu Kapasitesi	126-149



Şekil 1. Tüm Durumların ve Hesaplamaların Modellemesini İçeren Genel Simulink Görünümü

Bu çalışmada bir uçağın 6 durumu incelenmiştir. Uçağın durum değişkenleri, yatay konum (x_1 ve x_2), irtifa (x_3), gerçek hava hızı (x_4), baş açısı (x_5) ve uçağın kütlesidir (x_6). Uçağın kontrol girdileri motor itışı (u_1), yatış açısı (u_2) ve uçuş yolu açısıdır (EN:flight path angle, u_3). Durumları hesaplamak için öncelikle sıcaklık [K], hava basıncı [P], hava yoğunluğu [kg/m^3], Gerçek hava hızı [knot], Kaldırma katsayısı C_L ve sürtünme katsayısı C_D hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken BADA Uçak Veri Tabanının 3.11 sürümü referans olarak kullanılmıştır.

$$T = T_0 + \Delta T + \beta_{T,<} * H \quad (1)$$

Denklem (1) irtifaya bağlı sıcaklık hesaplama formülüdür. T_0 deniz seviyesindeki standart sıcaklık, ΔT sıcaklık değişimi, $\beta_{T,<}$ sıcaklık gradyanı ve H irtifadır.

$$p = p_0 * \left(\frac{T - \Delta T}{T_0} \right)^{\left(\frac{-g_0}{\beta_{T,<} * R} \right)} \quad (2)$$

Denklem (2) sıcaklığa dolayısıyla irtifaya bağlı hava basıncı formülüdür. Burada R evrensel gaz sabiti, p_0 standart hava basıncıdır.

$$\rho = \frac{p}{RT} \quad (3)$$

Denklem (3) hava yoğunluğunu veren formüldür.

$$C_L = \frac{2 * m * g_0}{\rho * (V_{TAS})^2 * S * \cos(\Phi)} \quad (4)$$

Denklem (4) taşıma kuvvetini hesaplamak için gerekli taşıma katsayısını veren formüldür. Bu katsayısı kütle (m) ve yer çekimi ivmesi (g) ile doğru orantılı olup hava yoğunluğu (ρ), gerçek hava hızı, kanat yüzey alanı ve yatış açısının kosinüsü ile ters orantılıdır.

$$C_D = C_{D0,CR} + C_{D2,CR} * C_L^2 \quad (5)$$

Denklem (5) sürüklenme kuvvetinin hesaplanmasında kullanılan sürüklenme katsayısının formülüdür. $C_{D0,CR}$ ve $C_{D2,CR}$ seyir hali için sürüklenme sabitleridir.

$$\dot{x}_1 = x_4 \cos(x_5) \cos(u_3) \quad (6)$$

$$\dot{x}_2 = x_4 \sin(x_5) \cos(u_3) \quad (7)$$

$$\dot{x}_3 = x_4 \sin(u_3) \quad (8)$$

$$\dot{x}_4 = -\frac{C_D S \rho x_4^2}{2x_6} - g \sin(u_3) + \frac{u_1}{x_6} \quad (9)$$

$$\dot{x}_5 = -\frac{C_L S \rho x_4}{2x_6} \sin(u_2) \quad (10)$$

$$\dot{x}_6 = -f \quad (11)$$

Bir uçak modellenirken zamanla değişmeyen doğrusal bir sistem olarak modellenir. Ancak özellikle uzun mesafeli uçuşlarda yakıt tüketimi hesaplaması performans değerlendirmesi için çok önemli bir parametredir. Yakıt tüketimi nedeniyle uçağın kütlesi sürekli azalmaktadır. x_6 durumu uçaktaki kütle değişimini gösterir. İlgili hesaplama Denklem (11)'de verilmiştir.

Temel denklemlerden sonra uçuş fazına ve performansına dayalı hesaplamalar bir sonraki bölümde verilmiştir.

Uçuş Fazları

Uçakların performansı incelenirken uçuş moduna, ortamına, bölgesine, planına ve hava sahasına göre davranışları hesaba katılmaktadır. Genel uçuş aşamaları; kalkış aşaması, tırmanma aşaması, seyir aşaması, alçalma aşaması, yaklaşma aşaması ve taksi aşaması olarak sınıflandırılmaktadır. Her uçuş aşamasının belirli uçuş modları ve uçuş gereksinimleri bulunur. Bunlardan yola çıkarak, her bir uçuş aşaması için uçuş senaryoları kurularak, uçuş amaçları, görevleri belirlenir, uçuş süreçleri organize edilir. Bu çalışmada uçuşun büyük bir bölümünü oluşturan tırmanma, seyir uçuşu ve iniş fazları için hesaplamalar yapılmıştır. Üç faz için gereken itkinin hesabı Denklem (12-14)'te verilmiştir.

$$İtki_{tırmanma} = C_{Tc,1} * (1 - \frac{H}{C_{Tc,2}} + C_{Tc,3} * H^2) \quad (12)$$

$$\dot{I}t_{ki_{seyir}} = C_{Tcr} * \dot{I}t_{ki_{tırmanma}} \quad (13)$$

$$\dot{I}t_{ki_{iniş}} = C_{Tdes} * \dot{I}t_{ki_{tırmanma}} \quad (14)$$

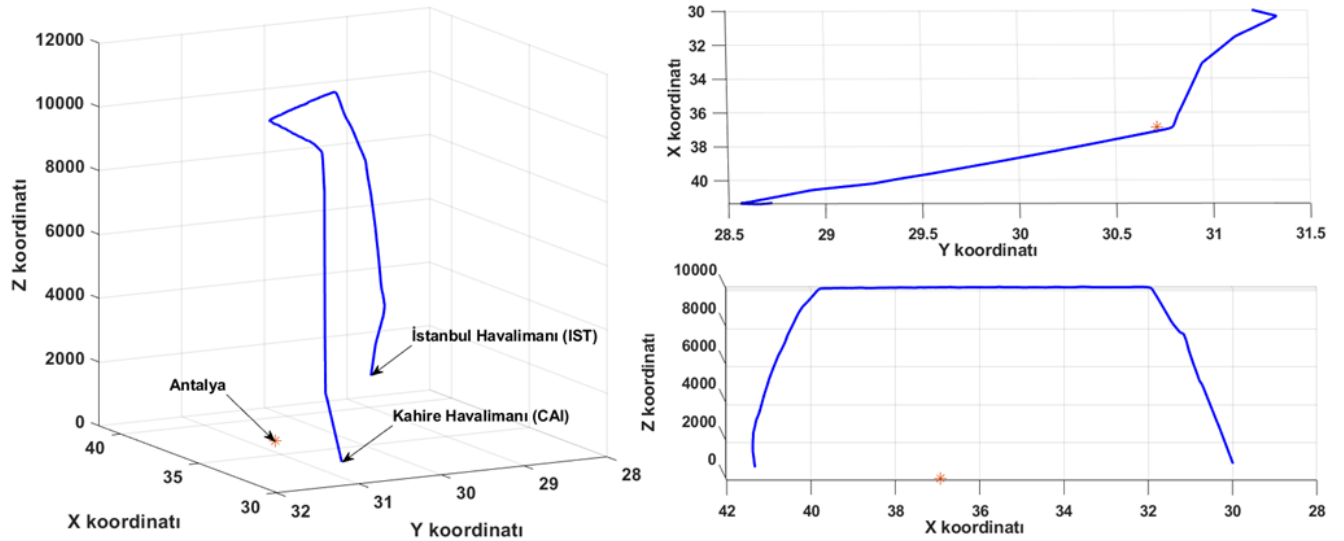
$C_{Tc,1,2,3}$ tırmanma fazı için verilen gereken itki katsayılarıdır. Seyir uçuşu için itki, tanım gereği sürüklemeye eşittir. Maksimum seyir itiş, Denklem (13)'te verilen maksimum tırmanma itişinin oranı olarak hesaplanmaktadır. Denklem (14)'te bulunan C_{Tdes} ise iniş itme katsayısıdır. Yine bu fazlar için yakıt tüketimi hesabı Denklem (15-17)'de verilmiştir. η İtmeye özgü yakıt tüketimi katsayısı gerçek hava hızının bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Nominal ve seyir yakıt tüketimi itkiye bağlı olarak hesaplanmıştır. C_{fcr} seyir uçuşu için yakıt akışı düzeltme katsayısıdır.

$$\eta = C_{f1} * \left(1 + \frac{V_{TAS}}{C_{f2}}\right) \quad (15)$$

$$f_{nom} = \eta * \dot{I}t_{ki} \quad (16)$$

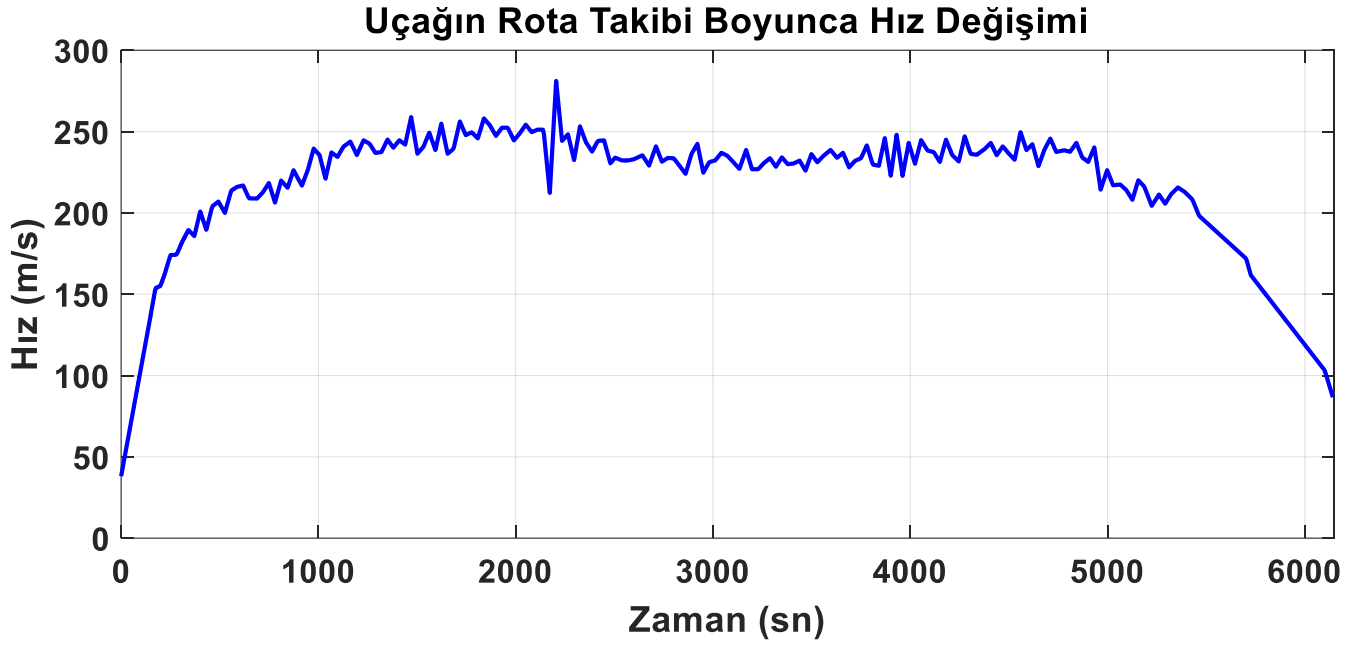
$$f_{cr} = \eta * \dot{I}t_{ki} * C_{fcr} \quad (17)$$

BULGULAR (RESULTS)



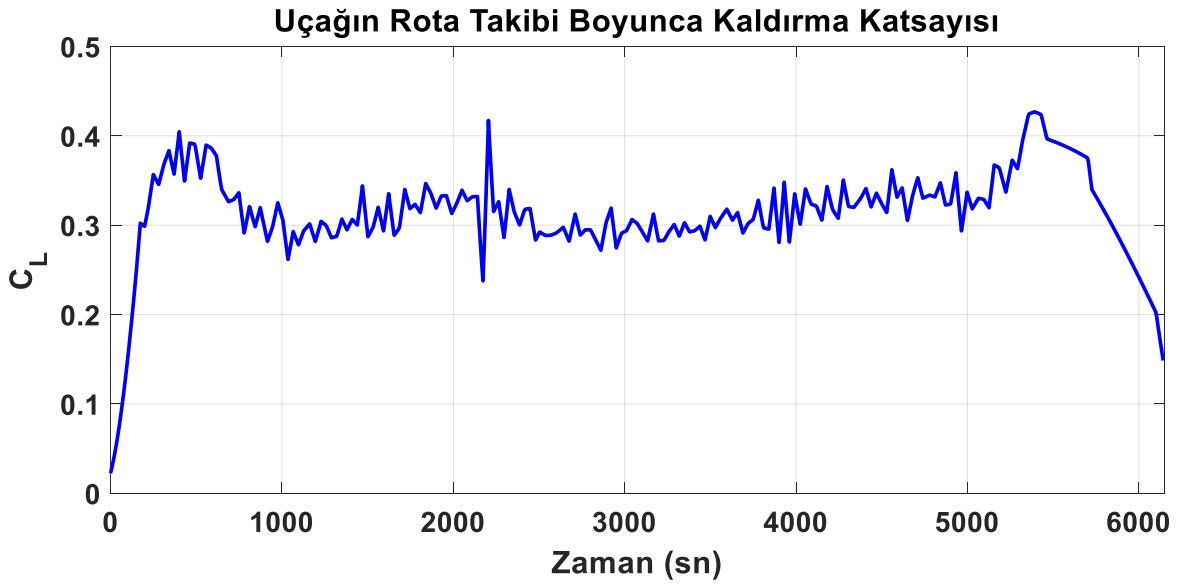
Şekil 1. Uçağın Takip Ettiği Rota (IST-CAI)

Isı, hava yoğunluğu, hava basıncı, kaldırma ve sürüklenme katsayıları modellendikten sonra 3 eksen konumlar, gerçek hava hızı, baş açısı ve kütle değişimi durumları modellenmiştir. Ardından uçuş modu algoritması oluşturularak itkinin ve yakıt tüketiminin modellenmesi yapılmıştır. Modellemenin genel görünümü Şekil 1'de gösterilmiştir. Toplam benzetim 6142 saniye sürmektedir. Çalışmada 3 eksen konum verisi ve hız verisi hazır olarak alınmıştır. Şekil 2'de uçağın irtifası ve X-Y eksenlerindeki koordinatları gösterilmiştir. Uçağın rotasının tam anlaşılabilmesi için rotanın perspektif, X-Y ve X-Z görünümü grafiğe eklenmiştir.



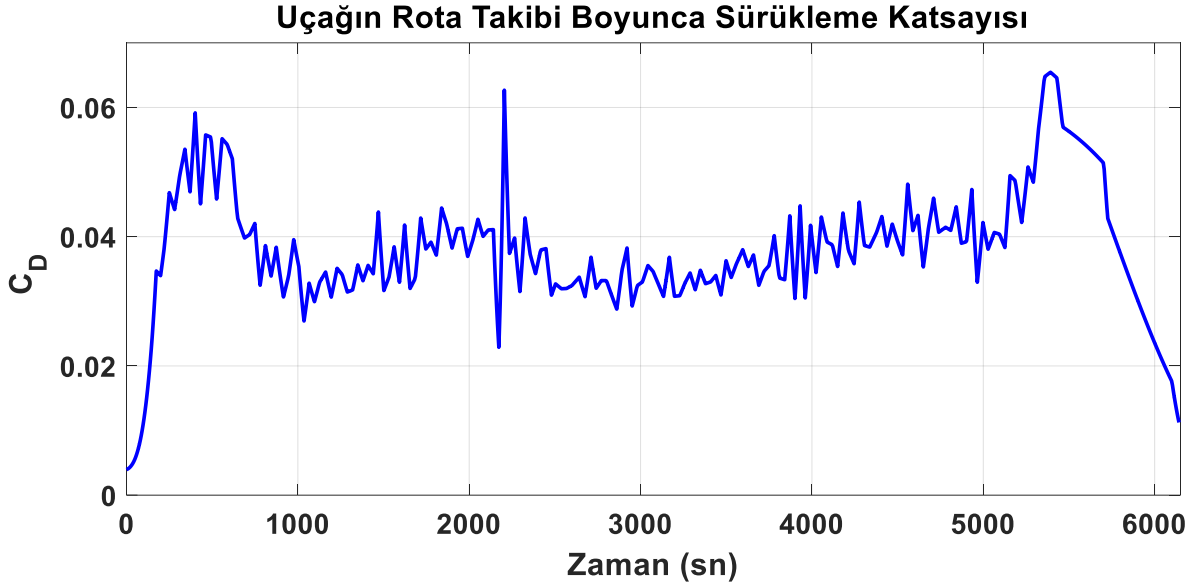
Şekil 3. Uçağın Hız Değişimi

Şekil 3’de bulunan uçağın hız grafiği uçuş yolu açısı ve baş açısı da hesaba katılarak konum verisinin temelini oluşturmaktadır. Hızın sebep olduğu irtifa ve irtifaya bağlı olan hava yoğunluğu itkide etkili faktörlerdendir. Bu sebeple analiz kapsamında oluşturulan tüm grafiklerde en önemli etkiye sahiptir.



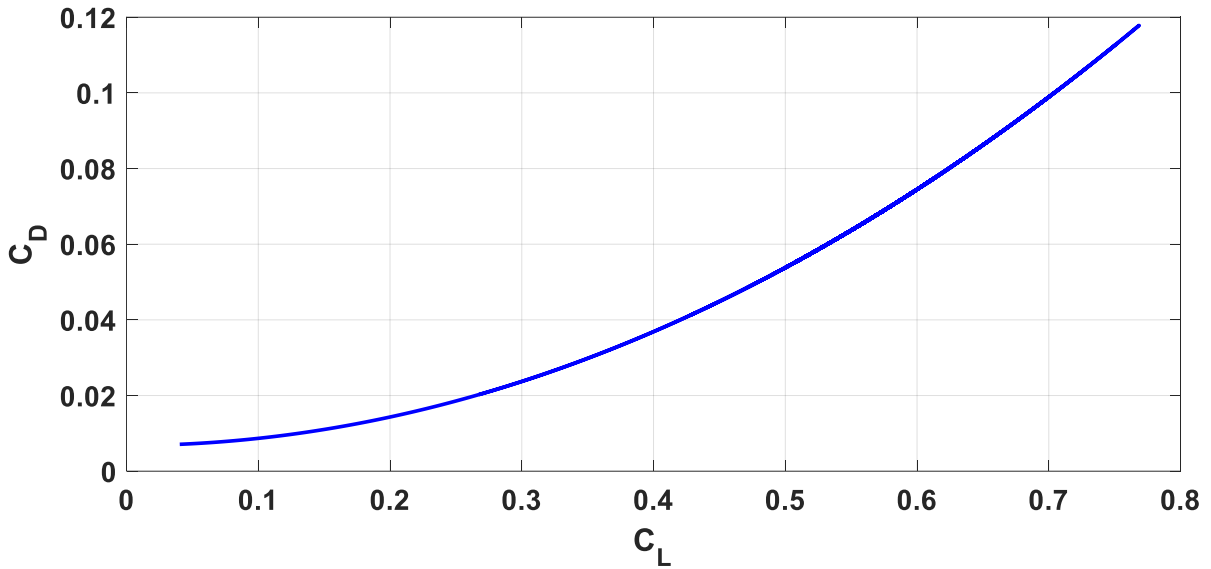
Şekil 4. Kaldırma Katsayısının Değişimi

Şekil 4’te ve Şekil 5’te sırasıyla kaldırma ve sürükleme katsayıları kabul edilebilir düzeyde elde edilmiştir. Kaldırma kuvveti uçağın ağırlığına eşittir. Gerçek hava hızı, hız hesaplaması için kullanıldığı için hızdaki değişimler kaldırma kuvvetine de etki etmiştir. Sürükleme kuvveti katsayısı, indüklenmiş ve parazit sürükleme ifadelerinin toplamıdır. Denklem (5)’te yer alan hesaplamaya C_L katsayısı da dahildir.



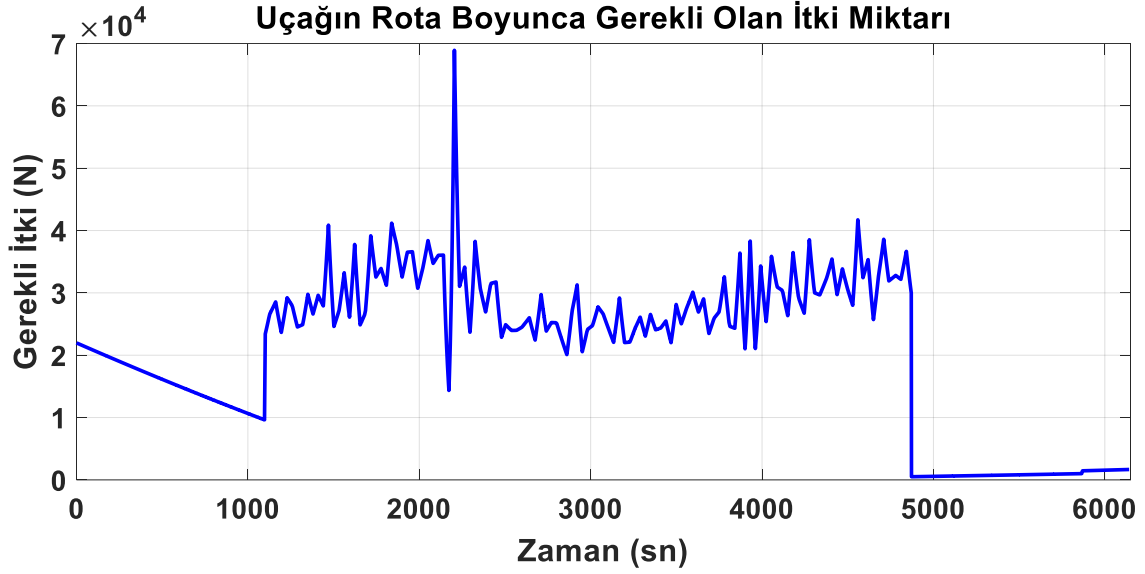
Şekil 5. Sürüklenme Katsayısının Değişimi

Şekil 6'daki C_L - C_D grafiğine göre, başlangıçta parabolik olan ilişki, daha sonra lineer hale gelmiştir. Literatürdeki C_L - C_D grafiğine benzer bir sonuç elde edilmiştir (Sun J. ve ark., 2020).



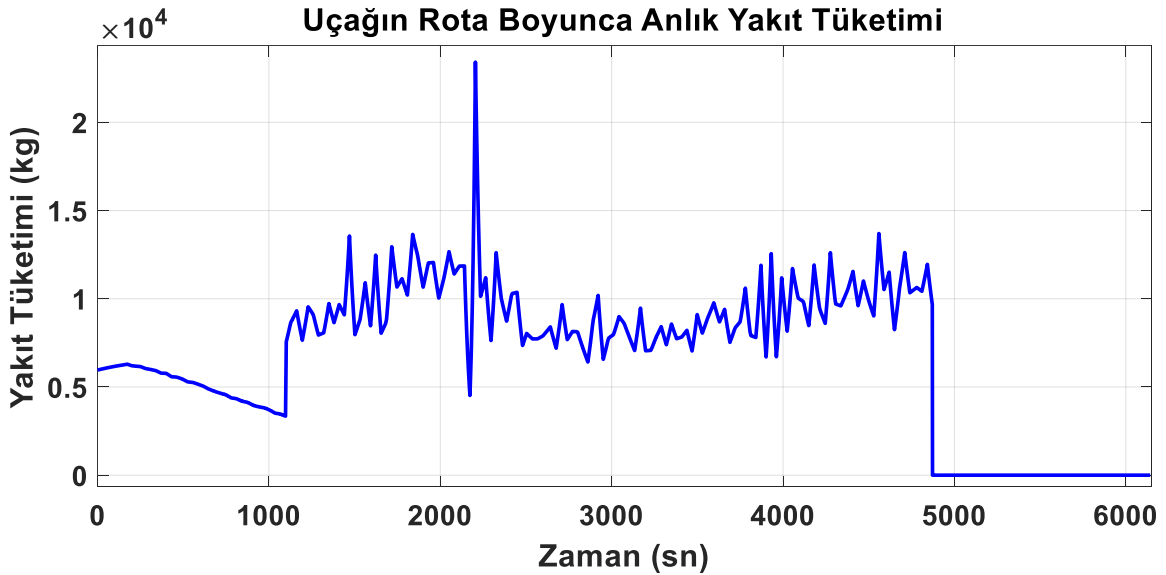
Şekil 6. Uçuş Boyunca Göreli C_L - C_D grafiği

Uçağın itkisi uçuş performansı ile alakalı bir değerken gerekli olan itki motor tasarımı ile alakalı bir değerdir. Hesaplamaları yaparken baz alınan BADA'da farklı motor tiplerine göre farklı hesaplamalar bulunmaktadır.



Şekil 7. Uçak İçin Gerekli Olan İtki

İtki değeri 3 faz içinde Şekil 7'de gösterilmiştir. 1097. saniyeye kadar olan tırmanma fazında gerekli olan itkinin düştüğü görülmektedir. Bunun sebebi irtifa arttıkça sürüklenme kuvvetinin düşmesidir. Bununla beraber hava yoğunluğu azaldıkça hava beslemeli motorların verimi de aynı zamanda azalmaktadır. Fakat sürüklenme kuvvetinin azalması motor veriminin azalmasından daha baskın olduğu için gerekli itki bir azalma görülmüştür. 1097- 4872.saniyeler arasındaki seyir uçuşunda gerek duyulan itki uçak hızına bağlı olduğu için değişken olduğu gözlemlenmiştir. 4872-6142.saniyeler arasındaki iniş aşamasında ise gerek duyulan itki değerinin ani bir düşüş yaptığı fakat irtifa kaybı arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Tüm uçuş boyunca gerek duyulan itki miktarı yakıt tüketimi göz önünde bulundurularak gaz ayarının %30-40 aralığında olacak şekilde değerlendirilebilir (Siegel ve Hansman, 2011).



Şekil 8. Anlık Yakıt Tüketim Miktarı

Denklem (16-17) baz alınarak grafik yorumlanacak olursa yakıt tüketim grafiğindeki sonuçlar ile itki arasında doğrudan bağlantı kurulabilir. Tırmanış fazında irtifaya bağlı olarak hava yoğunluğunun azalması ve sürtünme kuvvetinin azalması itkinin azalmasına sebep olur dolayısıyla yakıt tüketimi zamanla azalır. Seyir fazında ise yakıt tüketimi belli bir ortalama etrafında dalgalanmıştır. Bu dalgalanma uçağın hız verileri, gerçek

uçuşun datasından alındığı için oluşmuştur. Gerçek uçuştaki ufak hız değişimleri Şekil 7'de de görüldüğü üzere gerekli itki hesabındaki dalgalanmaya dolayısıyla yakıt tüketimindeki dalgalanmaya sebep olmuştur. Yine iniş aşamasındaki yakıt tüketimi itkiyle doğru orantılı olacak şekilde değişim göstermiştir. Şekil 3, 4, 5, 7 ve 8'de 2000-2300 saniyeleri arasında ani dalgalanma olduğu görülmektedir. Çalışmada 14 Nisan 2022 tarihli THY690 kodlu uçuşun gerçek zamanlı uçuş verisi doğrudan alındığı için bu dalgalanmanın sebebi tam olarak bilinmemektedir.

SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışma kapsamında; havacılık öğrencilerinin eğitiminde, özellikle uçuş mekaniği dersinde kullanılmak üzere, MATLAB/Simulink ortamının yetkinliği ortaya konmuştur. BOEING B737-700 uçağının İstanbul'dan Kahire'ye uçuşunun analizi MATLAB/Simulink benzetim ortamı kullanılarak yapılmıştır. İrtifa, düzlemsel koordinatlar ve uçağın hızı gerçek uçuş verilerinden alınmış olup ortam modellemesi, kaldırma ve sürüklenme kuvvet katsayıları, itki ve anlık yakıt tüketimi modelleri Eurocontrol Experimental Centre'nin BADA (Base of Aircraft Data) projesi kapsamında yayınladığı hesaplamalara dayanarak yapılmıştır. Uçağın seyir uçuşu halinde hızın 240 m/s civarında, itkinin 30 kN civarında ve genel CL/CD oranının literatüre uygun elde edilmesi benzetim ortamının gerçek testler için uygun ortam olduğunu ortaya koymuştur. Literatür incelendiğinde, elde edilen sonuçların kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür (Keskin vd., 2021). Sonuç olarak, elde edilen sonuçların gerçek uçuş verileriyle örtüşüyor olması MATLAB/Simulink benzetim ortamının eğitim amacıyla kullanılmasının öğrencilerin sektöre girmeden önceki eğitimlerinde yarar sağlayacağını ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışma sonrasında uçuş kararlılığı ve kontrol, seyrü sefer ve yönelim ve diğer havacılık dersleri kapsamında hem sabit kanatlı hemde döner kanatlı hava araçlarının MATLAB/Simulink benzetim ortamının aktif kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği'nden Dr.Öğr.Üyesi Barış Başpınar hocamızın emeği büyüktür. UCK-322 Uçuş Mekanikliği dersimizin bu çalışma ile sonuçlanabilecek seviyede eğitim verdiğinden dolayı kendisine teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- About Aerospace Coordinate Systems - MATLAB & Simulink. (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/about-aerospace-coordinate-systems.html>.
- Aladağ, İ. (2017, Ağustos). *MATLAB/Simulink programı kullanılarak örnek bir fotovoltaik sistemin modellenmesi* [Yüksek lisans tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi].
- Arbaç, S. (2022). *Optimizasyon yöntemlerinin sürü insansız hava araçları (iha) üzerinde simülasyonu* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi].
- Avinal, M. (2000). *A practical Simulink application to predict the response of ship equipment to double sinusoidal distributed shock loading* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].
- Batan, E. (2019). *MATLAB Simulink ortamında kullanılabilen Arduino temelli kontrol deney seti tasarımı* [Yüksek lisans tezi, Tarsus Üniversitesi].
- Bektaş, Ö. (2019, Ağustos). *Rüzgar türbinlerinde maksimum güç izleme yöntemleri ve MATLAB/Simulink uygulaması* [Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi].
- Çalışır, A. (2015, Mayıs 20). *Development of a model unmanned aerial vehicle with Simulink : Modelling and control* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). *Numerical methods for engineers (7th ed.)*. McGraw-Hill Education, Cop.

- Connect model to FlightGear flight simulator - Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com.
<https://www.mathworks.com/help/aeroblks/flightgearpreconfigured6dofanimation.html>.
- Designing a Guidance System in MATLAB and Simulink - MATLAB & Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/simulink/slref/designing-a-guidance-system-in-matlab-and-simulink.html>.
- DO Qualification Kit (for DO-178 and DO-254).* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/products/do-178.html>.
- Duman, Ş. (2008). *Simulink ortamında diz-elem durum denklem ve sinir bulanık denetim benzetimleri* [Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi].
- Dündar, Ö., Bilici, M., & Ünler, T. (2020). Design and performance analyses of a fixed wing battery VTOL UAV. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(5).
<https://doi.org/10.1016/j.jestech.2020.02.002>.
- Dursun, İ. (2006, Eylül). *Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. Beyoğlu işletme bölgesi 34,5 kv'luk bir besleme hattının Simulink ile modellenmesi* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi].
- Equations of Motion - MATLAB & Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/equations-of-motion-1.html>.
- European Organisation for the Safety of Air Navigation EUROCONTROL. (2013). *User manual for the base of aircraft data (BADA) revision 3.11*.
- Figueiredo, H. V., & Saotome, O. (2012). Simulation platform for quadricopter: Using MATLAB/Simulink and X-Plane. *Brazilian Robotics Symposium and Latin American Robotics Symposium*.
<https://doi.org/10.1109/sbr-lars.2012.15>.
- Flight Parameters and Quaternion Math - MATLAB & Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aerobx/flight-parameters-1.html>.
- Generate UAV simulation scenario - MATLAB.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/uav/ref/uavscenario.html>.
- Gururajan, K. (2022). *Engineering Mathematics IV Lecture Notes*. Malnad College of Engineering, Hassan India. Malnad College of Engineering.
- HL-20 with Flight Instrumentation Blocks - MATLAB & Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/hl-20-with-flight-instrumentation-blocks.html>.
- Hopf, J., Dommaschk, J., Block, N., Reinfeld, R., Krachten, M., Wормann, P., Cracau, D., & Köthe, A. (2020). Unmanned aircraft experimental system: The flying lab for applied flight control and flight mechanics. *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress*. <https://doi.org/10.25967/530237>.
- İltaş, Y., & Bulut, Ü. (2017). Türkiye'de ar-ge harcamaları ile net satış hasılatı arasındaki ilişki: Bootstrap panel nedensellik testinden kanıtlar. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 0(49), 45–45. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.323902>.
- Implement first-order representation of turbofan engine with controller - Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/turbofanenginesystem.html>.
- Implement International Standard Atmosphere (ISA) - Simulink.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/isaatmospheremodel.html>.
- Interactively Analyze Telemetry Data with the Flight Log Analyzer App Video.* (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/videos/interactively-analyze-telemetry-data-with-the-flight-log-analyzer-app-1605166028756.html>.

- Kandemir, K. (2006). *MATLAB ve Simulink kullanarak lqr ve kutup yerleşimi metotları ile tepe vinci kontrolü* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi].
- Karadağlı, Ö., & Çulha, O. (2014). 16MnCr5 esaslı rot parçasının soğuk dövme işlemi ile üretim simülasyonu ve üretim süreçlerinin optimizasyon parametrelerinin incelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 16(47), 27–40.
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/deumffmd/issue/40809/492369>.
- Keskin, G., Durmus, S., Karakaya, M., & Kushan, M. C. (2021). Designing and producing a bird-inspired unmanned sailplane. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 93(6), 1052–1059.
<https://doi.org/10.1108/aeat-02-2021-0054>.
- Kılınç, E. S. (2010, Ağustos). *Dynamic analysis of a flexible four bar mechanism with using MATLAB Simulink* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].
- Liu, X., & Cao, Y. (2010). Design of UAV flight control system virtual prototype using Rhapsody and Simulink. *2010 International Conference on Computer Design and Applications*, 3.
<https://doi.org/10.1109/icdda.2010.5541430>.
- Özcan, B., & Orgun, F. (2022). Frequency domain analysis of F-16 aircraft in a variety of flight conditions. *International Journal of Aviation Science and Technology*, 1(1).
- Represent Tustin pilot model - Simulink*. (n.d.). www.mathworks.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://www.mathworks.com/help/aeroblks/tustinpilotmodel.html>.
- Sezer, H., & Orgun, F. (2017). Hemşirelik eğitiminde simülasyon kullanımı ve simülasyon modeli. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 33(2), 140–152.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/egehemsire/issue/32885/283062>.
- Siegel, D. (2012). *Development of an autoland system for general aviation aircraft* [Yüksek lisans tezi, Massachusetts Institute of Technology].
- Simulink Verification and Validation Products*. (n.d.). www.mathworks.com.
<https://www.mathworks.com/products/transitioned/simverification.html>.
- Sun, J., Hoekstra, J. M., & Ellerbroek, J. (2020). Estimating aircraft drag polar using open flight surveillance data and a stochastic total energy model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114, 391–404. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.01.026>.
- Sun, J., Hoekstra, J., & Ellerbroek, J. (2018). Aircraft Drag Polar Estimation Based on a Stochastic Hierarchical Model. *Eight SESAR Innovation Days*
https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/sid/2018/papers/SIDs_2018_paper_75.pdf.
- UAV Package Delivery - MATLAB & Simulink*. (n.d.). www.mathworks.com.
<https://www.mathworks.com/help/uav/ug/uav-package-delivery.html>.
- UAV Toolbox Product Overview*. (n.d.). Content-Mathworks.highspot.com. Ziyaret edildi Mart 9, 2022, erişim <https://content-mathworks.highspot.com/viewer/621c69f77e458b0abd700ad7?iid=5f72996f998ae4764e8f5780&source=email.621c69f77e458b0abd700ad8.0>.
- Yücel, P. (2020, Nisan). *Sabit kanatlı insansız hava araçlarında çoklu otopilot sistemleri* [Yüksek lisans tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi].

Yeni Nesil Havalimanı Tasarımı

Furkan POLAT^{1*}  Kübra AYDIN¹  Tufan Can AKTAŞ² 

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi, Konya, Türkiye

²Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Karabük, Türkiye

*furkan.polat0000@gmail.com (Corresponding Author/Sorumlu Yazar)

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 25/05/2022

Kabul: 29/06/2022

Yayın: 30/06/2022

Anahtar Kelimeler:

Uçuş Mekaniği,
Uçuş Performansı
Uçuş Planlama
Simulink,
MATLAB.

Geçmişten günümüze teknolojinin gelişmesiyle havacılık sektörüne olan güven artmıştır. Bu güven ise havacılık faaliyetlerine olan taleplerin yıldan yıla artmasına yol açmıştır. Böyle bir durumda, havacılık faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için ihtiyaç duyulan havalimanları çok daha önemli bir hale gelmiştir. Havalimanlarının sahip olduğu kapasite problemi ve talebin yıldan yıla şiddetli artışından kaynaklı olarak amfibik, eğitim ve özel jet kategorisindeki uçakların havalimanında ihtiyaç duyduğu parklandırma talebi (yatıya kalma), yaz ayları gibi turizm faaliyetlerinin arttığı dönemlerde karşılanamamaktadır. Bu soruna yeni bir havalimanı inşası alternatif çözüm olarak düşünülsede, yüksek finansman ve arazi ihtiyacından dolayı bu alternatif çoğu zaman uygulanamamaktadır. Bu çalışma ise bu sorunun çözümü için daha az maliyet ve daha az arazi ihtiyacı duyan farklı bir tasarım sunmaktadır.

New Generation of Airport Design

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 25/05/2022

Accepted: 29/06/2022

Published: 30/06/2022

Keywords:

Flight Mechanics,
Flight Performance,
Flight Planning,
Simulink,
MATLAB.

With the development of technology from the past to the present, confidence in the aviation sector has increased. This confidence has led to rise in the demands on aviation activities year by year. In such a case, the airports needed for the applying of aviation activities have become much more important. Due to the capacity problem of airports and the significant increase in demand from year to year, the parking demand required by amphibious, training and private jet aircraft at the airport cannot be met during periods of increased tourism activities such as summer months. Although the construction of a new airport is considered as an alternative solution to this problem, this alternative is often not applicable due to the high need for financing and terrain. This study presents a different design that requires less cost and less terrain to solve this problem.

Atıf/Citation:



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Havacılık tarihine, Wright Kardeşlerin 17 Aralık 1903'te ilk havadan ağır motorlu uçuş denemelerinden günümüze kadar baktığımızda, havacılık sektörünün tahmin edilemez oranda geliştiğini görebiliriz. Başlarda tahtadan ve kanvas kumaştan üretilen uçaklar, günümüzde daha dayanıklı komponentlerle üretilmektedir. Havacılık sektöründeki bu gelişim, geçmişten günümüze teknoloji ile paralel bir şekilde gelmiştir ve hala paralel bir şekilde gelişmeye devam etmektedir. Havacılık alanının teknoloji ile gelişmesiyle insanların havacılığa olan ilgisi ve güveni artmıştır. Bu güven beraberinde talebi getirmiştir. Oluşan bu talep ise deniz taşımacılığı ve kara taşımacılığı gibi modların yanında yeni bir taşımacılık modu olan hava taşımacılığını getirmiştir. *“Hava taşımacılığı insanların, yükün (kargonun) ve postanın yer ve zaman faydası sağlayacak şekilde, bir hava aracı ile havadan yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Başka bir ifade ile insanların ve/veya yükün bir hava aracı ile yer değiştirmesi faaliyeti hava taşımacılığı hizmeti sayesinde mümkün olur.”*(Gerde Ender,2002:9 SHGM Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye Uygulaması)

Hava taşımacılığında rol alan kurum ve kuruluşlara genel olarak baktığımızda; havayolları, hava taksi, genel havacılık ve balon işletmeleri olarak ayırabiliriz. Bu kurum ve kuruluşlar kendi içlerinde de kâr amacı güden ve kâr amacı gütmeyen olarak ayrılmaktadır. Örneğin havayolları farklı filo yapılarıyla sundukları taşımacılık hizmetini kâr amacıyla yaparken, bazı kamu kuruluşları amfibik türünde olan yangın söndürme uçaklarıyla kâr amacı gütmeyen kamu hizmeti vermektedir. Bunların yanında uçuş akademilerinin eğitim amacıyla verdiği hizmetleri de söyleyebiliriz.

Havacılık sektöründe, verilen hizmetlerin ve ulaşılmak istenen amaçların (kâr amacı, eğitim, kamu vb.) birbirlerinden farklı olması, havacılık sektörünü bir yandan komplike bir hale getirmiştir bir yandan da sektöre duyulan talebi artmıştır. Farklı amaçlara ihtiyaç duyularak oluşan bu talep, bazı zamanlarda karşılanmakta bazı zamanlarda ise karşılanamamaktadır. Bunun en önemli nedenlerinden birisi havacılık faaliyetleri için ev sahipliği yapan havalimanlarıdır. Havalimanları; hava araçlarının iniş ve kalkış yapabilmesi, bakım ihtiyaçlarını giderebilmesi ve yolcu-yük alımları gibi faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gerekli altyapı tesisleridir. Bu tesisler bulunduğu bölge, donatıldığı teknoloji, sahip olduğu kapasite gibi faktörlerle ilişkili olarak birbirinden farklılık göstermektedir.

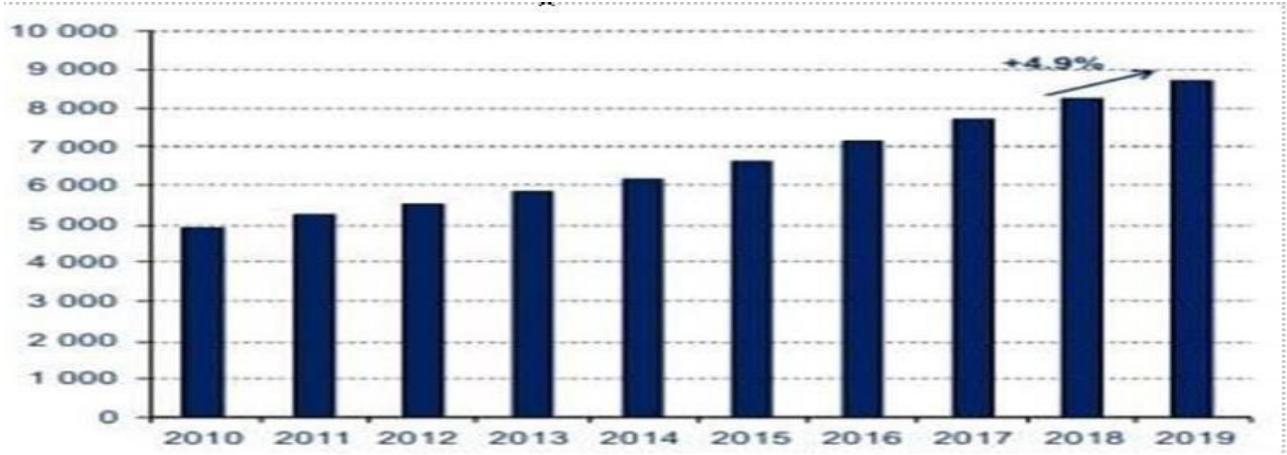
HAVALİMANI KAPASİTESİ

Havalimanlarının sunduğu altyapı ve hizmeti incelediğimizde, diğer işletmeler gibi belirli bir kapasiteye sahip olduğunu söyleyebiliriz. Basit bir şekilde, bir işletmenin sahip olduğu kapasitenin tanımını yapacak olursak; *“İşletmenin belirli bir süre içerisinde mevcut üretim faktörlerini rasyonel biçimde kullanarak meydana getirebileceği üretim miktarıdır.”* (Bulut Atıl Zeki,2004:80 İşletmeler Açısından Kapasite Planlaması ve Kapasite Planlamasına Etki Eden Faktörler) Havalimanları açısından kapasite, havalimanlarında verilen hizmetlerin belirli bir süre içerisinde sunulabileceği sınırdır diyebiliriz. Fakat havalimanlarında tek bir kapasiteden bahsetmek söz konusu olamaz. Örneğin; pist kapasitesi, terminal

kapasitesi, apron park kapasitesi vb. Bu kapasiteler yaz ayları gibi turizm faaliyetlerinin arttığı dönemlerde havacılık faaliyetlerine duyulan talepleri tam anlamıyla karşılayamamaktadır. Böylesi bir durumda, havacılık sektöründe rol alan kurum ve kuruluşlar sahip olduğu uçak sayılarını daha da arttırarak bu talebe karşılık vermek isteseler de durumun havalimanı kapasitesinden kaynaklı olmasından dolayı talepler karşılıksız kalarak havacılık faaliyetleri daha da sıkışık bir hale gelmiştir. Talebin ve uçak sayısının böyle katlanarak arttığı ve kapasitenin yetişemediği durumlarda, ilk akla gelen yeni bir havalimanı ihtiyacı olsa da havalimanlarının yüksek finansman ve yer ihtiyacı dolayısıyla bu sorun çoğu zaman çözülemeyip göz ardı edilmektedir.

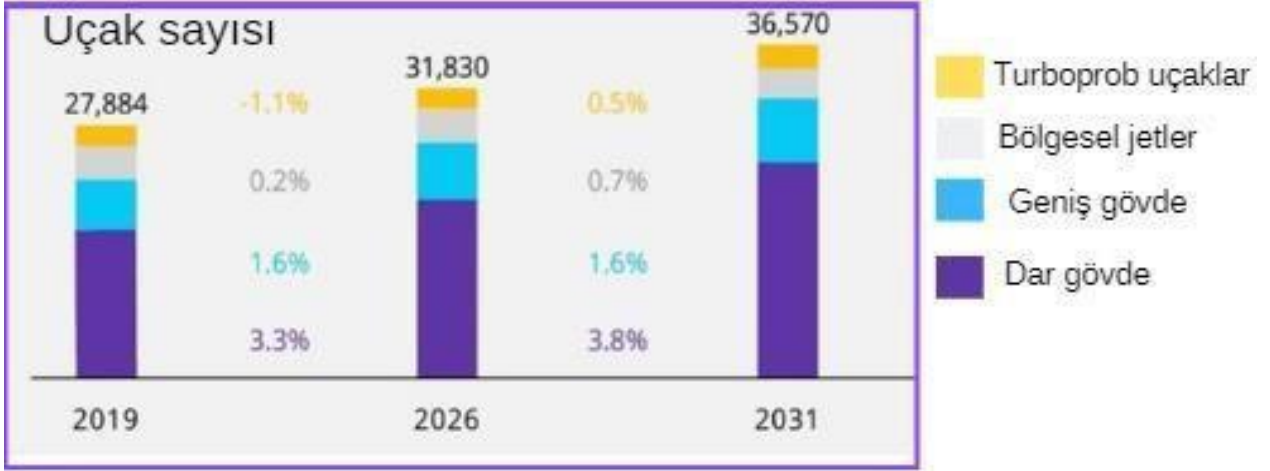
BULGULAR

Bahsedilen duruma ilişkin olarak yıllara göre yolcu trafik grafiği, sınıflarına göre küresel uçak sayısı tahmini ve bölgelere göre ortalama havalimanı proje maliyetleri incelenmiştir ve sırasıyla Şekil 1,2 ve 3'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yıllara Göre Yolcu Trafik Grafiği

Kaynak: The World of Air Transport Report in 2019 ICAO



Şekil 2. Sınıflarına Göre Küresel Uçak Sayısı Tahmini
Kaynak: Oliver Wyman Analizi

Bölge	Her Proje İçin Ortalama Maliyet (USD)
Asya Pasifik	808.7
Avrupa	685.7
Kuzey Amerika	750.0
Güney Amerika	446.4
Orta Doğu	338.9
Afrika	666.7
Toplam	Ortalama 616.1

Şekil 3. Bölgelere Göre Ortalama Havalimanı Proje Maliyetleri

Kaynak: CAPA Airport Construction Database

KÜÇÜK GÖVDE KATEGORİSİNDEKİ UÇAKLAR İÇİN OLUŞAN APRON PARKI SORUNU

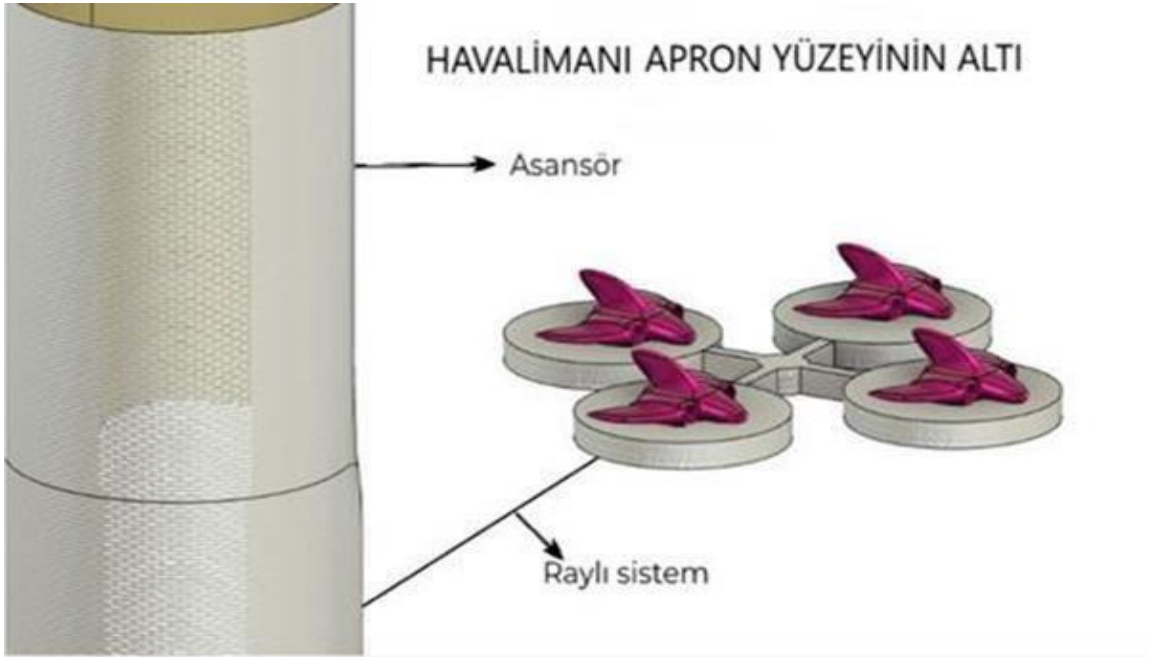
Havalimanı kapasitesinin büyük bir kısmını çoğu zaman havayolları kullanmaktadır. Bu durum, havayollarının yüksek çeşitlilik içeren filo yapısından dolayı kaynaklanmaktadır ve amfibik, eğitim ve özel uçaklar gibi daha küçük gövdeli uçaklarla yapılan faaliyetlere çoğu zaman yer bırakmamaktadır. Böylece havayollarının gerçekleştirdiği faaliyetlerin dışındaki havacılık faaliyetleri nispeten kısıtlanmış hale gelmektedir. Bu kısıtlamalardan biri ise amfibik, eğitim ve özel jet kategorisindeki uçaklar için apron parkı sorunudur. Örneğin turizm amaçlı gelip, havalimanında belirli bir süre yatıya kalacak küçük gövdeli bir özel jetin talepte bulunmak istediği havalimanının park apronunda yer bulamaması ve daha uzakta bulunan başka bir havalimanına yönlendirilmesini söyleyebiliriz. Benzer bir durum yangın söndürme, arama kurtarma gibi faaliyetler için kullanılan amfibik uçakların ve uçuş okullarında eğitim amaçlı kullanılan küçük gövdeli uçaklar içinde geçerlidir. Bahsedilen bu sorunun havacılık faaliyetlerine olan etkilerine baktığımızda; küçük gövdeli olan özel jet, amfibik veya eğitim türündeki uçaklarının talep ettiği destinasyonunun haricinde başka bir havalimanına yönlendirilmesi fazladan yakıt tüketimine neden olacak ve bu durumda talep sahibi için maliyetleri arttıracaktır. Ayrıca park talebi edilen havalimanında pist, apron gibi altyapı kullanımından gelir elde eden kuruluşun ve uçak temizliği, uçak mühürleme, yolcu indirme-bindirme, bagaj yükleme-boşaltma gibi hizmetleri sunan yer hizmeti kuruluşların da gelir kaybetmesine yol açacaktır.

Sonuç olarak her açıdan maliyete sahip olan havacılık faaliyetlerinin daha fazla maliyete yol açması ve bazı kuruluşlarında gelir elde edememesi her açıdan istenilmeyen bir durumdur. Bunlara ek olarak, uçağın rotasının uzamasıyla tüketilen yakıt miktarına paralel olarak atmosfere salınan karbon emisyonunun da arttığını söyleyebiliriz. Bu durum çevreye verilen zararın etkisini daha da arttıracaktır. Söz edilen havalimanları yaz ayları gibi turizm faaliyetlerinin arttığı dönemlerde kapasite sınırına yaklaşan, genişlemesi daha fazla mümkün olmayan ve bulunduğu konum dolayısıyla çok talep gören havalimanlarıdır.

APRON PARKI SORUNU İÇİN ÖNERİLEN ÇALIŞMA

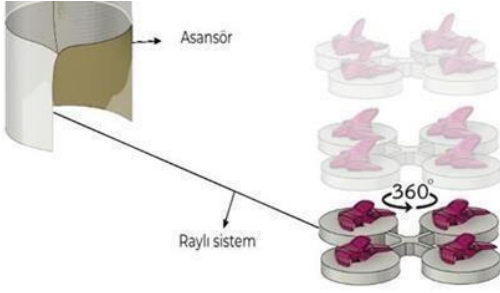
Çalışmanın adı, Yeni Nesil Havalimanı Tasarımı'dır. Bu çalışmanın sunulma gerekçesi hava taşımacılığına karşı oluşan; eğitim, kamu ve kişisel amaçlı talebin katlanarak artmasıyla amfibik, eğitim ve özel jetlerin yaz dönemi gibi turizm amaçlı faaliyetlerin artmış olduğu yoğun zamanlarda, havalimanlarında park yeri bulamamasıdır. Tasarım şu şekildedir: Park halinde veya hangarda yatıya kalan uçağın bulunduğu zeminin, bir çeşit asansör (platform) sistemi aracılığıyla zeminin altına inşa edilecek olan bir alana indirilmesidir. Bu alan üzerinde birden fazla uçak park halinde olacaktır. Kullanılmak istenen uçak alanın 360 derecelik hareketiyle platformun hizasına denk getirilip, bir bütün olan alandan ayrılacaktır ve raylı sistemle asansörün içine girecektir. Daha sonra asansör aracılığıyla yüzeye çıkarılması sağlanacaktır. Böylelikle havalimanı yüzeyinde sadece bir uçağın kaplayacağı alanın altına birden fazla uçak sığdırılmış olacaktır. Bu tasarımdaki amaç havalimanında oluşan park yeri sorununu azaltmak için apron parkı kapasitesinin artırımını sağlamaktır.

A. Tasarımın Taslak Çizimi

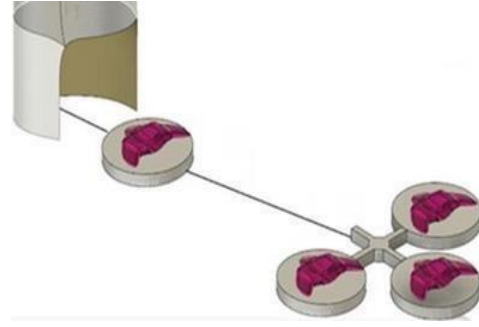


Şekil 4. Tasarımın Genel Görünümü

Şekil 4'de çalışmanın tanıtımında yer alan, zeminin altına inşa edilecek alanın sol-üst bakış açısıyla gösterimi yer verilmiştir. Çizimin sol kenarında kalan metalik cisim, uçağın yüzeye çıkartılmasını sağlayacak olan asansörü temsil etmektedir. Uçakların altındaki dairesel alan ise 360 derece hareket edebilen bir platformdur.

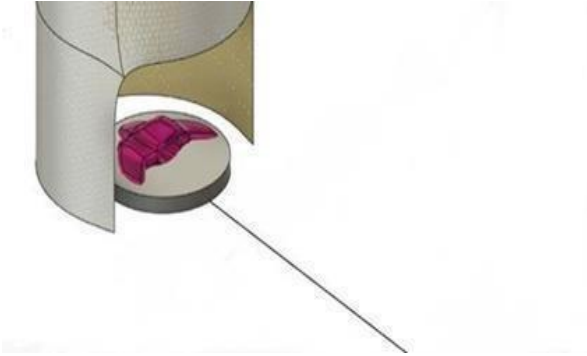


Şekil 5. Tasarımdaki Unsurlar



Şekil 6. Uçağın Raylı Sistemle Taşınması

Şekil 5. ve 6. sağ-üst bakış açısıyla asansörün giriş kısmını ve uçakların üstünde bulunduğu 360 derece dönme hareketine sahip olan zemini göstermektedir. Ray sistemi ise yukarı çıkartılmak istenen uçağı, asansörün iç kısmına taşınmasını sağlamaktadır.



Şekil 7. Uçağın Asansöre Taşınmış Hali

Şekil 7’de yukarı çıkartılmak istenen uçağın asansöre taşınmış hali gösterilmektedir.



Şekil 8. Tasarımdaki Sürecin Sonu

Şekil 8’de asansörün yukarı doğru hareketi ile yüzeye çıkartılmak istenen uçağın havalimanı yüzeyine ulaştığını gösterilmektedir. Şekillerde kırmızı renkte gösterilen uçak tipi eğitim, amfibik ve özel jet kategorisinde olan bütün küçük gövdeli uçakları kapsamaktadır.

B. Tasarımın Faydaları

Bu tasarım sayesinde elde edilmesi ön görülen faydalar şu şekildedir:

1. Havalimanı park kapasitesi artırılabilir.
2. Park halindeki bir uçağı kötü hava koşullarından muhafaza ederek çürüme ve paslanması azaltılabilir.
3. Park talep sahibinin başka bir havalimanına yönlendirilmesinden kaynaklı olarak artan yakıt tüketimini engelleyerek çevreye salınan karbon emisyonunu azaltabilir.
4. Havalimanında faaliyet gösteren kuruluşların diğer havalimanında faaliyet gösteren kuruluşlara elde edeceği talebi kaptırmasını engelleyebilir.
5. Talep sahiplerinin memnuniyetsizliğini engelleyebilir.
6. Yeni istihdam olanakları açabilir.

SONUÇ

Bu tasarım nihai amaç olan eğitim, amfibik ve özel jet kategorisindeki küçük gövdeli uçaklar için havalimanlarındaki park kapasitesini arttırmış olacaktır. Bu amaç doğrultusunda, yeni bir havalimanı yatırım maliyetinden çok daha az bir maliyetle bu çıktı elde edilmiş olacaktır. Bu tasarım havacılık sektöründeki inovasyonu arttırmak ve sektörün gelişiminde katkıda bulunmak için hazırlanmıştır

KAYNAKÇA

Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı, The World of Air Transport Report in 2019 ICAO

Gerede Ender,2002:9 SHGM Havayolu Taşımacılığı ve Ekonomik Düzenlemeler Teori ve Türkiye

Uygulaması Bulut Atıl Zeki,2004:80 İşletmeler Açısından Kapasite Planlaması ve Kapasite Planlamasına

Etki Eden Faktörler CAPA Airport Construction Database

Oliver Wyman Analysis (<https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2021/jan/global-fleet-and-mro-market-forecast-2021-2031.html>)