



**HAVALİMANI YOLCU KÖPRÜLERİNDE KULLANILAN UÇAK TEMAS
KÖRÜKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

GİZEM DOĞAN

**YÜKSEK LİSANS
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Gizem DOĞAN

28/06/2021

HAVALİMANI YOLCU KÖPRÜLERİNDE KULLANILAN UÇAK TEMAS KÖRÜKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Gizem DOĞAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2021

ÖZET

Yolcu biniş köprülerinin terminale yanaşan uçağa göre uçak füzelaj yüzeyine uyararak, yolcuların güvenli ve konforlu şekilde dış ortamdan etkilenmeden uçağa giriş ve çıkışlarını sağlayan yapıya yolcu biniş köprüsü uçak temas körüğü denir. Uçak temas körüğünün, kambur oluşturmada yumuşak bir geçiş sağlamak, zemin seviyesini yaklaşılacak uçağa göre otomatik ayarlamak ve sızdırmazlığa yardımcı olmak gibi önem arz eden özellikleri vardır. Piyasada mevcut ihtiyacı karşılayacak, esnek, kullanıcı odaklı, estetik, yenilikçi ve milli bir yolcu biniş köprüsü uçak temas körüğü bulunmamaktadır. Pahl ve Beitz'in Sistemik Tasarım Yaklaşımı kullanılarak sistematik bir tasarım işlemi yürütülmüştür. İşlem; problem tanımlama, formüle etme (fonksiyon şeması), seçenekler oluşturma ve seçim şeklinde ilerlemiştir. Yeni tasarımın düşük maliyetli, dayanıklı ve duyarlı olması hedeflenmiştir. Bununla birlikte yeni uçak temas körüğünün, diğer çeşitlerinin avantajlarına sahip ve dezavantajlardan arınmış olmasına özen gösterilmiştir. Kavramsal tasarım aşaması yürütülürken, maliyeti düşürecek yeni bir tasarım çözümü bulunmuştur. Şekillendirme tasarımı aşamasında, parçalar netlik, basitlik ve emniyet kuralları açısından gözden geçirilerek yapılandırılmıştır. Parçaların ve montajın modellenmesi, optimizasyonu, mekanik analizi ve kinematik analizi için CAD programları kullanılmıştır.

Bilim Kodu : 91439
Anahtar Kelimeler : Havalimanı Yolcu Köprüleri, Uçak Temas Körüğü, Kanopi,
Sistemik Tasarım Yaklaşımı, Kavramsal Tasarım
Sayfa Adedi : 83
Danışman : Prof. Dr. Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

DEVELOPING AIRCRAFT CONTACT BELLWS FOR PASSENGER BOARDING
BRIDGE

(M. Sc. Thesis)

Gizem DOĞAN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2021

ABSTRACT

Canopy is a part of passenger boarding bridge that perfectly attaches to the aircraft body allowing passengers to enter and exit the aircraft safely and comfortably without being affected by the external environment. Canopy have important features such as providing a smooth transition for passage, automatically adjusting the ground level to the approaching aircraft, and sealing the interiors. There are no flexible, user-oriented, aesthetically appealing, innovative and nationally produced passenger boarding bridge canopies to meet current needs in the market. A systematic design process was carried out using a systematic design approach of Pahl and Beitz. The process progressed in the form of problem identification, formulating (function diagram), creating options and selection. The new .effective, durable and responsive-design was intended to be costNew aircraft canopy was designed to combine all known advantages and avoid shortcomings of current models in the market. A new design solution to reduce the cost was determined during a conceptual design phase. Afterwards, canopy parts were reviewed and structured in terms of clarity, simplicity and safety rules during a forming design phase. CAD programs was used for parts and assembly modeling, optimization, mechanical and kinematic analysis.

Science Code : 91439
Key Words : Passenger Boarding Bridges, Aircraft Contact Bellows, Canopy,
Systematic Design Approach, Conceptual Design
Page Number : 83
Supervisor : Prof. Dr. Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımda, çalışmalarımın yürütülmesi ve sonuçlandırılmasında benden desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. H. Rıza BÖRKLÜ'ye, bilhassa gösterdiği iyi niyet ve içtenlikleri için teşekkür ederim. Bu zor süreçte bana yol gösteren, büyük katkılar sağlayan danışman hocama gösterdiği sabır, hoşgörü ve tüm katkıları için minnettarım. Tez kapsamında çalışmalarımı yürütmeme yardımcı olan şirketime, her türlü bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, tezin olgunlaşmasında bana en büyük katkıyı sağlayan birim amirim Yüksek Makine Mühendisi Cihan İBA'ya ve çalışma arkadaşlarım Anıl Mert KARAKAŞ, Mustafa Ceyhun KURŞUN, Timur AKHMETOV ve Fırat PALA'ya, imalat süreci boyunca yardımlarını esirgemeyen Cihangir TÜYLÜOĞLU'na en içten ve samimi teşekkürlerimi sunarım. Bu tezin gerçekleşmesi ve somut bir ürün ortaya çıkarmada emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarıma, tedarikçiler ve diğer hocalarıma şükranlarımı sunarım. Ayrıca tüm hayatım boyunca yanımda durarak beni destekleyen, her zaman sevgilerini yanımda hissettiğim çok sevgili canım annem Fatma DOĞAN ve çok sevgili canım babam Naki DOĞAN'a, benim için dosttan öte olan biricik manevi kardeşim Canan ÖZELBİSTAN'a minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Yolcu Biniş Köprüleri ve Tarihsel Gelişimi	5
2.2. Tasarımın Kullanılacağı Bazı Uçak Kategorileri ve İncelemesi	8
2.3. Uçak Temas Köprüğü Çeşitleri	10
2.3.1. Katlanır körükler	11
2.3.2. Tek oluklu körükler	11
2.3.3. Çift Oluklu körükler	12
2.3.4. Aerodinamik rüzgar kaplamaları	12
2.4. Yolcu Köprüsü Uçak Temas Köprüğü için Alınan Patentlerin İncelenmesi	13
2.5. Havaalanı Sektöründe Teknoloji ve Trend Araştırması	16
2.5.1. Geleceğin uçuşları	16
2.5.2. Geleceğin havalimanı Nanjing (Çin)	16
2.5.3. İspanyol tasarımı geleceğin uçağı	17
3. KAVRAMSAL TASARIM	19
3.1. Havaalanı Yolcu Köprüsü Uçak Temas Köprüğü Kavramsal Tasarımı	19

	Sayfa
3.1.1. İhtiyaç listesi	19
3.1.2. Fonksiyon şeması	20
3.1.3. Alt ve genel tasarımlar	22
3.1.4. Çözüm ilkelerini birleştirme	24
3.1.5. Ön değerlendirme	25
3.1.6. Önemli tasarımlar	26
3.1.7. Ek seçim işlemleri	30
3.1.8. Değerlendirme ve son karar	32
3.1.9. Sonuç	32
3.2. Havaalanı Yolcu Köprüsü Uçak Temas Köprüğü için Kalite Fonksiyon Uygulaması (QFD)	33
3.3. Havaalanı Yolcu Köprüsü Uçak Temas Köprüğü Tasarımının TRIZ Yardımıyla Güçlendirilmesi	36
4. ŞEKİLLENDİRME TASARIMI VE AYRINTILI TASARIM	39
4.1. Gerekli Parametrelerin İncelenmesi ve Kontrolü	40
4.1.1. Uçak temas köprüğü kontrol etme yöntemi	40
4.1.2. Gerginlik için enerji depolama	40
4.1.3. İleri ve geri hareket mekanizması	41
4.1.4. Kumaş seçimi	42
4.1.5. Uçak temas köprüğü kontrol paneli ergonomik testler	44
4.2. Tasarımın Kaba Çizimi ve Hesaplamalar	46
4.2.1. Uçak füzelaj yüzeylerine göre gazlı piston hesaplaması	47
4.2.2. Motor seçimi ve motor kapağının tasarımı	49
4.2.3. Sızdırmazlık için ek tasarım	53
4.2.4. Çıta tasarımı, malzeme seçimi ve buckling analizi	54

	Sayfa
4.2.5. Uçak temas körüğü sensörü	58
4.3. Sistemin Matematiksel Modellemesi ve Kinematik Analizi	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
KAYNAKLAR	71
EKLER	75
EK-1. RULA analizi verileri	76
EK-2. Çıta buckling analizi verileri	77
EK-3. Adams-View x64 2014 kinematik analiz verileri	78
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Bazı uçak temas körüğü patentleri ve ayırt edici özellikleri	13
Çizelge 3.1. Tasarlanacak havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü ihtiyaç listesi (Arzular (A) ile gösterilmiştir)	20
Çizelge 3.2. Değerlendirme çizelgesi	31
Çizelge 3.3. Uçak temas körüğü tasarımı için hazırlanan kalite evi uygulaması	34
Çizelge 3.4. TRIZ teknik çelişkileri ve yaratıcı çözümleri	34
Çizelge 4.1. 6063 Alüminyum malzeme mekanik özellikleri	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. C kategorisi uçağı Airbus A220-300	9
Şekil 2.2. D kategorisi uçağı Airbus A310-300	9
Şekil 2.3. E kategorisi uçağı Airbus A340-600	9
Şekil 2.4. Airbus A380 uçağı	10
Şekil 3.1. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü tüm (genel) fonksiyonu	21
Şekil 3.2. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü alt fonksiyonları	21
Şekil 3.1. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü sistem fonksiyon şeması	22
Şekil 3.4. Havaalanı yolcu köprüleri uçak temas körüğüne ait morfolojik kart (alt tasarım çözümleri)	24
Şekil 3.5. Havaalanı yolcu köprüleri uçak temas körüğü kavramsal tasarım ön değerlendirmesi (seçim kartı)	26
Şekil 3.6. Tasarım seçeneği 1'in kaba çizimi	27
Şekil 3.7. Tasarım seçeneği 3'ün kaba çizimi	28
Şekil 3.8. Tasarım seçenek 5'in kaba çizimi	29
Şekil 3.9. Amaçlar ağacı oluşturma	30
Şekil 3.10. Değer profil diyagramı	32
Şekil 3.11. Mühendislik parametreleri arasındaki ilişkiler	35
Şekil 3.12. Uçak temas körüğü tasarımı ölçütleri ve yüzdelik önemi	36
Şekil 4.1. Gazlı piston 3 boyutlu modellemesi	41
Şekil 4.2. Motor ve kayış sistemi	42
Şekil 4.3. CSM (Hypalon) temelli kumaşın yapısı: 1) CSM (Hypalon) dış katman, 2) Neopren ara yapışma katmanı, 3) Neopren iç katmanlar, 4) Kord bezi) ...	43
Şekil 4.4. Hypalon kumaş kullanılacak sünger tampon	43
Şekil 4.5. Kontrol paneli	44
Şekil 4.6. CATIAV5 ile operator elini kontrol paneli üzerinde konumlandırma	45

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. RULA Analizi sonuçları. (EK-1’de detaylandırılmıştır)	46
Şekil 4.8. Kesiti alınan uçaklardan bazılarının (A320, BAE146, Embraer170, MD90, Boeing757, A340-300, Boeing737, A330-900) uçak temas körüğü ile teması	47
Şekil 4.9. Gerekli eğrilerin kesişimi ile piston uzunluğu çıkarılması	49
Şekil 4.10. Kayışın sarılacağı kasnağın şema ile gösterilmesi	50
Şekil 4.11. Motor ve kapağının kabin üzerinde gösterilmesi (yeşil bölge)	53
Şekil 4.12. Motor kapağı	53
Şekil 4.13. Sızdırmazlık için ek tasarım	54
Şekil 4.14. Rakip ürünün çıta ölçüleri	55
Şekil 4.15. Uçak temas körüğü çıta gösterimi	56
Şekil 4.16. Uçak temas körüğü çıta bağlantı gösterimi	56
Şekil 4.17. Çıta buckling analizi	57
Şekil 4.18. Solidworks 2018 programında yapılan buckling analizi verileri	57
Şekil 4.19. Uçak temas körüğü sensör braketleri	59
Şekil 4.20. Sistem tasarımı kaba teknik ölçüleri	60
Şekil 4.21. Sistem tasarımı sketch çalışması	60
Şekil 4.22. Rotasyon kolu, gazlı piston ve taşıyıcı halatın modellemesi	61
Şekil 4.23. Uçak temas körüğü açısal hız analiz sonuçları	62
Şekil 4.24. Uçak temas körüğü tarama açısı analiz sonuçları (min ve maks değerler ile)	63
Şekil 4.25. Uçak temas körüğü toplam yer değiştirme analiz sonuçları	63
Şekil 4.26. Uçak temas körüğü x eksenine göre yer değiştirme analiz sonuçları	64
Şekil 4.27. Uçak temas körüğü y eksenine göre yer değiştirme analiz sonuçları	64
Şekil 4.28. Uçak temas körüğü açısal hız ve açı karşılaştırması	65
Şekil 4.29. Uçak temas körüğü toplam halat boyu değişimi	65

Şekil**Sayfa**

Şekil 5.1. Montajlı halde son ürün	68
--	----

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Terminal binası ile rotunda arasındaki sabit köprü (Fixed Loading Bridge)	5
Resim 2.2. Fixed Loading Bridge ve Apron Drive Bridge gösterimi	6
Resim 2.3. Apronda otobüslerle ulaşım	6
Resim 2.4. "Aero-Gangplank"	7
Resim 2.5. American Airlines'ın geliştirdiği dünyadaki ilk işlevsel modern binış köprüsü	7
Resim 2.6. Amerika Birleşik Devletleri dışındaki ilk yolcu binış köprüsü Amsterdam Schiphol'de hizmete geçmiştir	8
Resim 2.7. Katlanır körükler	11
Resim 2.8. Tek oluklu körükler	11
Resim 2.9. Çift oluklu körükler	12
Resim 2.10. Aerodinamik rüzgar kaplamaları	12
Resim 2.11. Geleceğin uçuşları	16
Resim 2.12. Geleceğin havalimanı Nanjing	17
Resim 2.13. İspanyol tasarımı geleceğin uçağı	17
Resim 5.1. Tasarlanan uçak temas körüğünün imalatı	69
Resim 5.2. Nihai ürün detayları	69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
π	Pi sayısı
°	Derece
F	Kuvvet
P	Güç
T	Tork
N	Devir sayısı
d	Yarıçap
kW	Kilowatt
dev/dak	Dakikadaki devir
A	Açık
K	Kapalı
D	Motor
W	Açısal hız
g	Yer çekim ivmesi
kg	Kilogram
m	Kütle
m	Metre
mm	Milimetre
mm/dev	Devir başına ilerleme
Ç	Çevre
MPa	Megapaskal

Kısaltmalar**Açıklamalar****CAD**

Bilgisayar Destekli Tasarım

E

Enerji

EASA

Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı

ICAO

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü

M

Malzeme

NFPA

Ulusal Yangından Korunma Kurumu

PBB

Yolcu Biniş Köprüsü

QFD

Kalite Fonksiyon Yayılımı

RULA

Hızlı Üst Ekstremité Değerlendirme Yöntemi

S

Sinyal

TP

Mühendislik/tasarım parametreleri

TRIZ

Yaratıcı Problem Çözme Teorisi

1. GİRİŞ

Tarih süresince insanların uçmaya olan ilgisi ve merakı artarak devam etmiştir. Havacılık ile alakalı efsaneler yüzyıllardan bu yana süregelmiş ve havacılığın günümüzdeki şeklini almasına destek olmuştur. 20. yüzyıldan itibaren hızla gelişim gösteren havacılık sektörü, modern hayatta önemli bir yer teşkil etmektedir. Havayolu ulaşımının maliyet, hız, güvenilirlik, emniyet ve konfor gibi ön plana çıkan özellikleri diğer ulaşım sistemlerine göre daha çok tercih edilmesine sebep olmuştur.

1950-60'lı yıllarda havayolu firmaları ortaya çıkmış ve havayolu taşımacılığına talebi arttırmak, havayolu taşımacılığını özendirmek için çeşitli faaliyetler geliştirmiştir. Uçak teknolojisinde meydana gelen süratli ilerlemeler sayesinde havayolu taşımacılık sektörü gün geçtikçe çıg etkisiyle büyümüş ve cazip bir pazar haline gelmiştir. Yeni havayolu firmaları kurulmuş, havayolu taşımacılığı toplum içerisinde saygın ve modern bir taşıma türü olarak kabul edilmiştir. Bu denli büyüyen sektörde yer alan havayolu firmaları için rekabet artmış ve havayolu firmaları gelişen bu pazarda daha fazlaca yer edinmek için sürekli yeni arayışlar içerisinde olmuştur. Havayolu taşımacılık faaliyetlerinin artması ve bu sektörün gelişimi nedeniyle havalimanı sayıları artış göstermiştir. Bu artış da havaalanlarında bazı ihtiyaçların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Havaalanlarında vazgeçilmez olan ihtiyaçlardan biri de yolcu biniş köprüleridir. Yolcu biniş köprüsü, havaalanı terminali içerisindeki bekleme salonlarından yolcuların uçağa direkt geçiş yapmalarını sağlayan köprüdür. Bu köprü körüklü bir yapıya sahiptir ve yolcu kapılarına vakumlu özel bir yapı ile bağlanmaktadır [1].

Yolcu köprüleri, modern havalimanlarının sahip olduğu en önemli özelliklerinden biridir. Yolcu biniş köprüleri aynı zamanda, yolcunun havalimanı ile ilk ve son temas noktasıdır. Yolculara stressiz, konforlu, daha güvenli bir şekilde uçağa binme ve varış deneyimi sağlamak amacıyla yolcu biniş köprülerine fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır.

Havalimanlarının en değerli bileşenlerinden biri de uçaklardır. Yolcu biniş köprüleri ne kadar önemli ve maliyetli olsa da asıl temel amaç uçaktır. Uçaklar hassas yüzeye sahip olduklarından, uçağa temas edecek parçaların da o denli hassas olması gerekmektedir. Bu

noktada ise uçakla yolcu biniş köprüsünün temasını sağlayan yegane parça uçak temas körüğü devreye girmektedir. Araştırmalar sonucu uçak temas körüğünün işlevini yerine getirmediğinde havaalanlarında çokça kazayla karşılaşmış, yüksek maliyetli uçaklara verilen büyük boyutlardaki hasarlar tespit edilmiştir.

Yolcu biniş köprülerinin terminale yanaşan uçağa göre uçak füzelaj yüzeyine uyarak, yolcuların güvenli ve konforlu şekilde dış ortamdan etkilenmeden uçağa giriş ve çıkışlarını sağlayan yapıya yolcu biniş köprüsü uçak temas körüğü denir. Uçak temas körüğünün, kambur oluşturmada yumuşak bir geçiş sağlamak, zemin seviyesini yaklaşılacak uçağa göre otomatik ayarlamak ve sızdırmazlığa yardımcı olmak gibi önem arz eden özellikleri vardır.

2016 yılında terminale yanaşmaya çalışan Dreamliner tipi uçağın sol tarafındaki kapısı, yolcuların uçaktan terminale direkt geçişini sağladığı köprüye çarpmıştır. 10,8 milyar dolarlık maliyeti olan Dreamliner uçağında büyük hasar meydana gelmiş, bu da uçak temas körüğünün önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar

Çalışmanın ilk aşaması olarak kaynak araştırması yapılmıştır. Amaç ve hedef açıkça belirlenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda Pahl ve Beitz'in sistematik tasarım yaklaşımı kullanılarak çok aşamalı bir kavramsal tasarım çalışması yapılmıştır. Tasarımın somutlaştırılması için kaba çizimler ve bilgisayar destekli tasarım (CAD) modelleri oluşturulmuş, modellerin çeşitli mekanik ve kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir. Tasarımın bileşenleri için gerekli dayanımı sağlayacak malzemeler seçilmiş, tasarım düzeltmeleri yapılmıştır. En uygun tasarım çözümü üzerinden bahsedilen adımlar uygulanarak bir ürün geliştirme işlemi tamamlanmıştır.

Araştırmanın amacı

Bu tezde; daha iyi ergonomik ve estetik çözümler bulmak, kinematik analize bağlı sistem tasarımı yapmak, ileri mühendislik teknolojileri ile maliyeti düşürmek, malzeme analizi yapılarak mevcut sistemlerin bu kapsamlı eksiklerini (sızdırmazlık ve deformasyon gibi) giderecek bir sistem geliştirmek amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, Pahl ve Beitz'in sistematik tasarım yaklaşımı ve ilişkili bazı yöntemler kullanılacaktır. Her geçen gün havalimanı

sektörü daha fazla önem kazanmakta ve bu sektörün hayati bileşenleri olan uçakları korumak ve yolcuların güvenli / konforlu bir yolculuk yapmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Tez kapsamında yapılacak çalışmalar ile mevcut ihtiyacı karşılayacak, esnek, kullanıcı odaklı, estetik ve yenilikçi bir yolcu binış köprüsü uçak temas körüğü tasarlamak hedeflenmektedir.

Araştırmanın önemi

Havalimanlarında en önemli bileşenlerden olan uçaklara temas her zaman ve her konumda problem olmuştur. Uçak maliyetinin yüksek olması, herhangi bir aksaklık anında tüm havalimanının bu durumdan etkilenmesi gibi durumlar bu tezin yazılmasında rol oynamıştır.

Bu kapsamda, uçak kazaları ve bu kazaların yapılan çalışma ile ilgili olan kısımları incelenmiş, avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Her zaman en önemli husus insandır. Hem yolcuların can güvenliği, huzuru, zaman ve maddi tasarrufları göz önünde bulundurulmuş, hem de havalimanında çalışan operatörlere, ürünlerin montajını yapan saha görevlilerine daha kolay çalışma ortamı yaratılmaya çalışılmıştır.

Sınırlılıklar

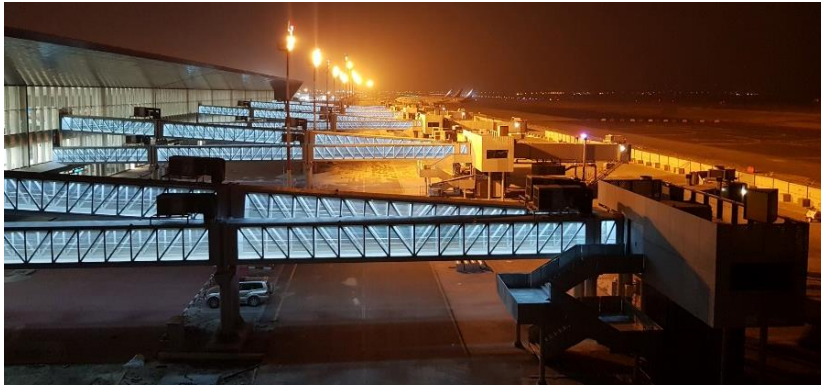
Tez çalışması boyunca tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgını nedeniyle, dünyada pandemi ilan edilmiş ve kısıtlamalar yaşanmıştır. Bu kısıtlamalardan en çok etkilenen sektörlerden biri de havacılık sektörü olmuştur. Ülkelere giriş çıkışlar kapatılmış, seferler azaltılmıştır. Bu nedenle tezin başlangıcında planlandığı gibi havalimanında uçak ve uçak temas körüğü çalışması yapılamamıştır. Yapılması planlanan bazı gerçek deney ve testler analiz programında yapılmış, yapılamayanlar ise tolere edilmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yolcu uçak temas körüğü, havaalanlarında yolcu köprülerinin uçakla temasını sağlayan bileşenlerdir. Bu bölümde ihtiyacı en uygun şekilde karşılayabilecek yolcu uçak temas körüğü tasarımı yapabilmek için mevcut patent ve ticari ürünler incelenmiştir. Öncelikle tasarımın kullanılacağı konum olan havalimanlarının en önemli bileşenlerinden olan yolcu köprülerinin tarihçesi anlatılmıştır. Daha sonra ürün gamı incelemesi sonucu avantaj ve dezavantajları tespit edilmiştir. Bu doğrultuda amaçlanan tasarımın kullanılacağı uçak sınıfları incelenmiştir. Bu kaynak araştırması ile firma ve müşteri görüşmeleri sonrası yeni tasarıma ait beklenti ve sınırlayıcılar belirlenmiştir. Veriler doğrultusunda genel bir kavramsal tasarım şartnamesi hazırlanmıştır. Arkasından bu şartnameyi karşılayacak kavramsal ve şekillendirme tasarım işlemleri yapılmıştır.

2.1. Yolcu Biniş Köprüleri ve Tarihsel Gelişimi

Havalimanlarında yolcular uçağa, halk arasında “köprü” veya “körük” şeklinde yorumlanan uzunca bir koridordan geçerek biner. İngilizce’de “Jet Bridge“ (jetway, gangway, aerobridge / airbridge, air jetty, portal, skybridge) adı verilen bu bileşenin genel adı ise ‘Yolcu Biniş Köprüsü’dür (Passenger Boarding Bridge)’. Havalimanlarındaki yolcu biniş köprüleri, terminal binası ile rotunda arasındaki sabit (Fixed Loading Bridge) (Resim 2.1) ve rotunda ile uçak arasındaki bağlantıyı sağlayan hareketli (Apron Drive Bridge) (Resim 2.2) kısım olmak üzere iki parçadan oluşur [2].



Resim 2.1. Terminal binası ile rotunda arasındaki sabit köprü (Fixed Loading Bridge) [3]



Resim 2.2. Fixed Loading Bridge ve Apron Drive Bridge gösterimi [2]

Havalimanlarında önemli diğer bir parça olan apron ise; havalimanlarında uçakların uçuşa hazır konuma gelmesine, manevra yapmasına, yolcuların uçağa iniş ve biniş işlemlerini gerçekleştirmesine yarayan, uçuş pistiyle havalimanı binası veya yapıları arasındaki düz ve sert yüzeyli alandır [4]. Havayolu ile seyahat etme durumu popülerleşip havayolu seyahatini tercih edenlerin sayısı artıp havalimanları büyümeye başlamadan önceki zamanlarda, yolcu biniş köprüleri kullanılmamaktaydı. Bunun yerine yolcular, binecekleri uçağa apronda yürüyerek veya otobüslerle ulaşım sağlıyordu. Bu durum küçük havalimanlarında hala sürmektedir.



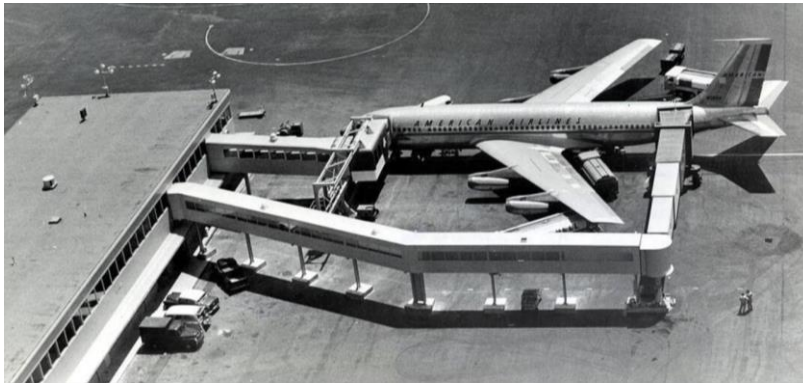
Resim 2.3. Apronda otobüslerle ulaşım [5]

Dünyanın ilk deneysel yolcu biniş köprüsü "Aero-Gangplank" (Resim 2.4) 1958 yılında Chicago O'Hare havaalanında hizmete geçmiştir [6].



Resim 2.4. "Aero-Gangplank" [6]

İlk işlevsel olarak kullanılabilen yolcu biniş köprüsü ise American Airlines tarafından San Francisco Uluslararası Havaalanında 14 Temmuz 1959'da hizmete girmiştir. Teleskopik olan bu yolcu biniş köprüsü dikey hareketlerin sınırlı olduğu köprü olarak tarihe geçmiştir.



Resim 2.5. American Airlines'ın geliştirdiği dünyadaki ilk işlevsel modern biniş köprüsü [6]

Amerika Birleşik Devletleri dışında kullanılan ilk yolcu biniş köprüsü ise 1961 yılında Hollanda'da Amsterdam Schiphol Havalimanı'nda kurulmuştur. Resim 2.6'da da görüldüğü gibi bu havaalanında dış hatlar gidişi zemin katta olduğu için yolcular, yolcu biniş köprüsüne giriş yapmadan önce merdivenlerden yukarı çıkmaları gerekmiştir.



Resim 2.6. Amerika Birleşik Devletleri dışındaki ilk yolcu biniş köprüsü Amsterdam Schiphol'de hizmete geçmiştir [6]

2.2. Tasarımın Kullanılacağı Bazı Uçak Kategorileri ve İncelemesi

Günümüzde uçaklar ICAO Annex 8 (Airworthiness) ile uyumlu olacak şekilde ulusal ve uluslararası otoritelerin standartlarına bağlı kalınarak tasarlanmaktadır. Uçak tasarımları Avrupa'da ise EASA (European Aviation Safety Agency - Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı) ile uyumlu olmak zorundadır. Uçak kanadı açısından uçaklar kanat genişliğine göre tasnif edilir ve gruplandırılır [7].

Her uçak tipinin kendine özel füzelaaj tasarımı ve ölçüsü vardır. Yolcu köprüleri, tasarımı açısından uçağa adapte olabilen ve uçağın kapısına yaklaşımda kolaylık sağlayabilen bileşenlere sahiptir. Uçak kapısıyla yolcu köprüsünü birbirine bağlayan uçak temas körüğünün, her uçağa uyum sağlaması gerekmektedir. Bu bakımdan, bu bölümde ve aşağıda farklı uçak kategorileri ve tipleri incelenecektir (genelde uzunluk ile tasnif edilen).

A Kategori A 15 metreye kadar olan uçaklar

B Kategori B 15 metre ile 24 metre arası olan uçaklar

C Kategori C 24 metre ile 36 metre arası olan uçaklar (Şekil 2.1)

D Kategori D 36 metre ile 52 metre arası olan uçaklar (Şekil 2.2)

E Kategori E 52 metre ile 65 metre arası olan uçaklar (Şekil 2.3)

F Kategori F 65 metre ile 80 metre arası olan uçaklar.



Şekil 2.1. C kategorisi uçağı Airbus A220-300 [8]

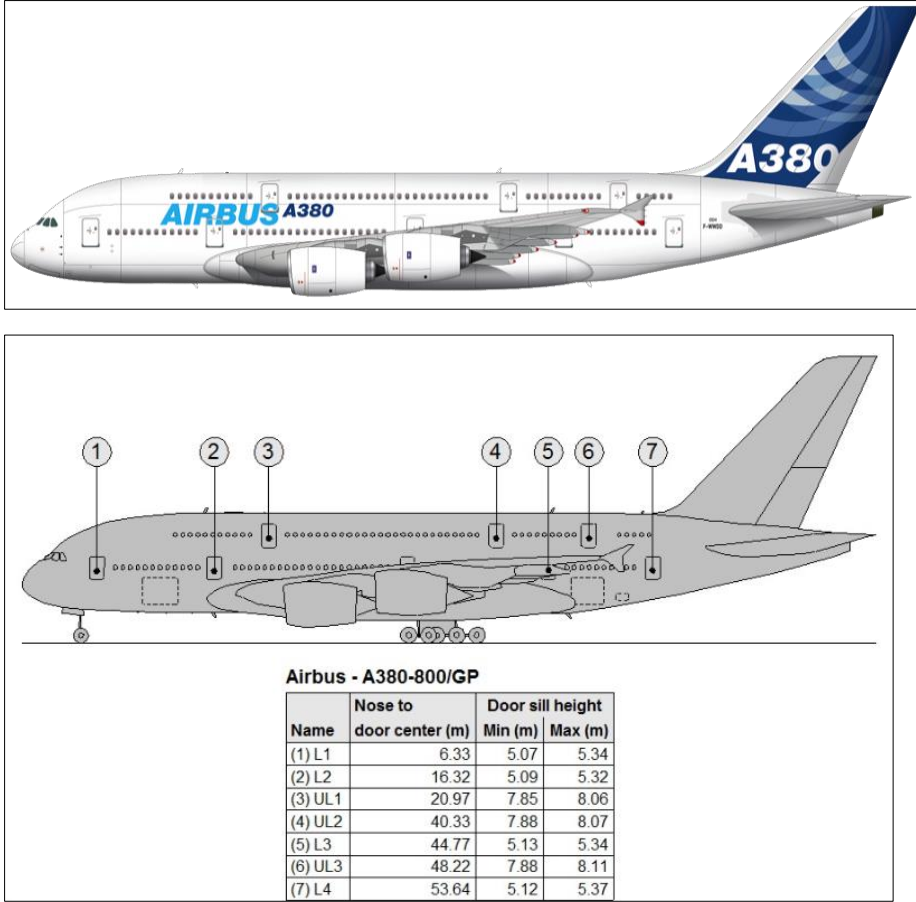


Şekil 2.2. D kategorisi uçağı Airbus A310-300 [8]



Şekil 2.3. E kategorisi uçağı Airbus A340-600 [8]

Araştırma kapsamında yolcu köprüsü uçak temas köruklerinin temas edecekleri kapılar da incelenmiş ve genelde kanat üzerindeki kapılara yolcu köprülerinin yanaşamadıkları belirlenmiştir. Bir istisnai olarak A380 uçağının kanat üzeri üst kapılarına yolcu köprüsü yanaşabilmektedir.



Şekil 2.4. Airbus A380 uçağı [8]

Örnek olarak verilen Airbus A380 uçağının (Şekil 2.4) 4 adet kapısı bulunmaktadır. Bu kapılardan 1, 2 ve 4 nolu olanlara yolcu köprüsü yanaşmaya uygundur. 3 numaralı kapıya ise kanat üzerinde olduğundan yolcu köprüsü yanaşamamaktadır. Bu yüzden uçak temas körüğü profili çıkarılırken bu kapılar dikkate alınmayacaktır.

2.3. Uçak Temas Körüğü Çeşitleri

Havalimanlarının önemli bir parçası olan yolcu köprüleri, bu denli önemli olmasına rağmen dünyada sadece bazı firmalar tarafından üretilmektedir. Araştırmalar göstermektedir ki, firmalar yolcu köprüleri için uçak temas körüğünü kendileri imal etmek yerine üretici firmalardan temin etmektedirler. Bu bölümde temas körüğü çeşitleri incelenmiştir. Her bakımdan istekleri karşılayacak, dayanıklı, havaalanı konumuna uyum sağlayacak en uygun temas körüğü belirlenecektir.

2.3.1. Katlanır körükler

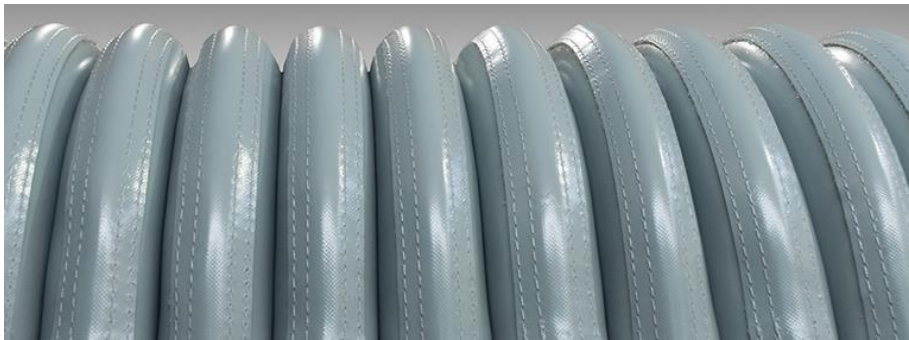
Katlanır körükler (Resim 2.7), oldukça ekonomik ve hafif olmakla beraber genelde otobüslerde, tramvaylarda, metrolarda ve teknik bina uygulamalarında kullanılmaktadırlar. Alüminyum çerçeve ile kullanıldıklarında ekstra sağlam olma olanağına sahiptirler. Enine kayma, ilerleme (transverse offset) olanağı yoktur. Özel uygulamalar ve monoraylar için U-şekilli ve ya özel gergi elemanına sahiptir.



Resim 2.7. Katlanır körükler [9]

2.3.2. Tek oluklu körükler

Metro araçları, monoraylar, yolcu koruma bariyerleri, bölgesel trenler (hava koşullarının normalden çok soğuk veya çok sıcak olduğu bölgelerde çalışan trenler), şehir içi hafif raylı ulaşım araçları, normal genişlikte olan demiryolu ağları kullanım alanları olarak gösterilebilir. Çok iyi ses ve ısı yalıtımına sahiptirler. Oluklu körükler, katlanır körüklerle kıyaslandığında oluklu körüklerin daha iyi ses ve ısı yalıtım özelliklerine sahip olduğu görülmektedir. Basınç altında stabil kalır ve sızdırmazlık özelliklerini korurlar.



Resim 2.8. Tek oluklu körükler [9]

2.3.3. Çift oluklu körükler

Oluklu körükler ailesinden olan çift oluklu körükler de, Resim 2.8’de görünen tek oluklu körüklerde olduğu gibi, metro araçları, monoraylar, yolcu koruma bariyerleri, bölgesel trenler (hava koşulları normalden çok soğuk veya çok sıcak bölgelerde çalışan trenler), şehir içi hafif raylı ulaşım araçları, normal genişlikte olan demiryolu ağları kullanım alanları olarak gösterilebilir. Çok iyi ses ve ısı yalıtımına sahiptirler. Basınç altında stabil kalır ve sızdırmazlık özelliklerini kururlar. Tek oluklulara göre daha iyi yalıtım sağlamaktadırlar.



Resim 2.9. Çift oluklu körükler [9]

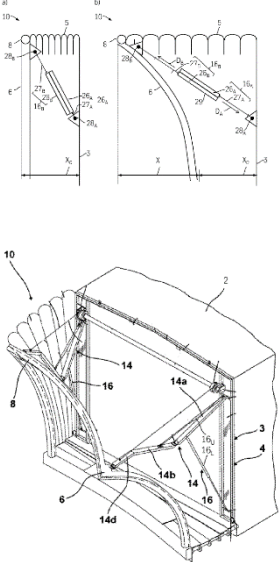
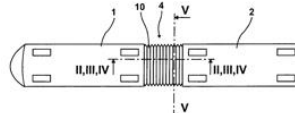
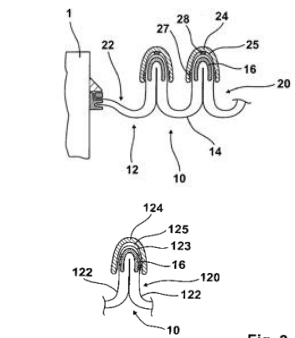
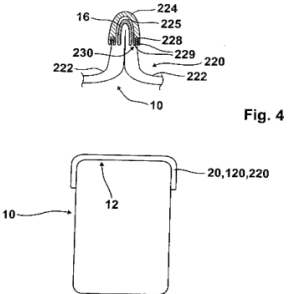
2.3.4. Aerodinamik rüzgar kaplamaları

Aerodinamik rüzgar kaplamalarının kullanım alanı yüksek hızlı trenlerdir. Oluk geometrisi nedeniyle aerodinamiktir ve araç gövdesiyle aynı hizada bağlantı yapmaya müsaittir. Komple entegre körük veya standart kauçuk körük olarak imal edilebilir. %10’a kadar ekstra enerji tasarrufu sağlamaktadır.

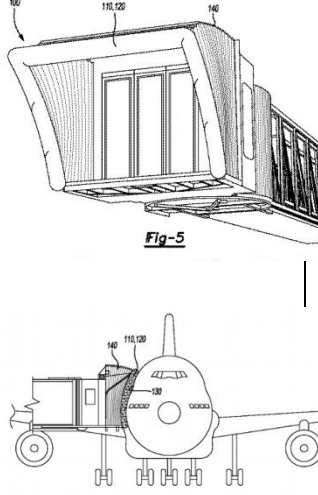
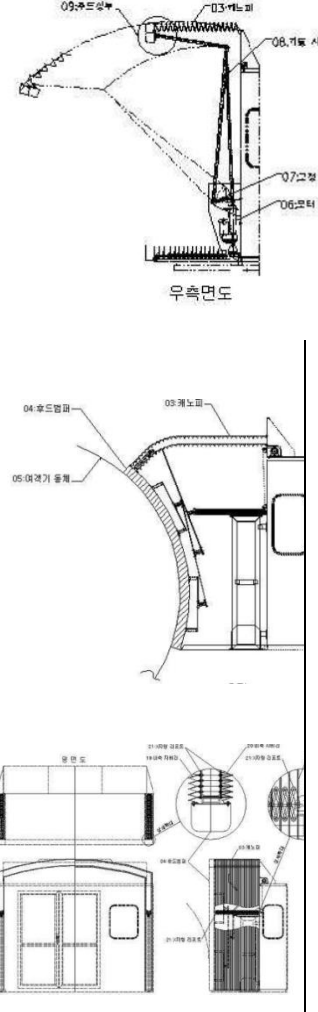


Resim 2.10. Aerodinamik rüzgar kaplamaları [9]

Çizelge 2.1. (devam) Bazı uçak temas körüğü patentleri ve ayırt edici özellikleri
[24 - 28]

US20200149233	Applicants thyssenkrupp Airport Solutions, S.A. thyssenkrupp AG Inventors Manuel HERNÁNDEZ ESPINA Jose Ramón BUSTO FERNÁNDEZ Antonio MURIAS BERMEJO Jose Fermín VIGIL FERNÁNDEZ	06.04.2018	Thyssen köprülerinde kullanılan kayışlı ve makaralı açılıp kapanma mekanizması içerir. Geleneksel mekanizmalara göre operasyon ve kullanım alanı artmış ve askı mekanizması geliştirilmiş ve basit hale getirilmiştir.	 Fig. 1 PRIOR ART
EP28533462	JÜNKE VOLKER GOEBELS ANDRÉ HARZ SEBASTIAN	26.09.2013	Temas körük katları için alüminyum çıtalar içerir. Böylece dış etkilere karşı sistem dayanımı artmış ve daha düzgün bir geometri olmuştur. Metro araçlarından yolcu köprülerine kadar her alanda kullanılabilir.	 Fig. 1  Fig. 3  Fig. 4

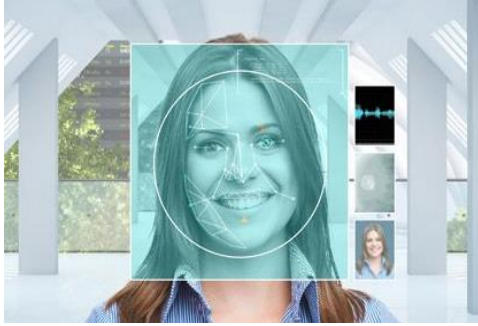
Çizelge 2.1. (devam) Bazı uçak temas körüğü patentleri ve ayırt edici özellikleri
[24 - 28]

JP2011507765A	リオンキ, ジュ ホンリー, ジョ ン	28.12.2007	Yolcu köprüsü temas körüğü ucunda bulunan tamponlar hava besleme ünitelerine bağlanır. Böylece tamponlar uçak füzelayına temasta hava yastığı görevi de görür. Temas stresleri azalır.	 Fig-5
KR20070048826 A	이광성	10.05.2007	Temas körüğü sonunda bulunan tamponlar içine yay konur. Bu da füzelay yüzeyi ile olan bağlantıya pozitif etki sağlar. Sistem, tamponlar içinde olduğu için yolcu ve dış etkilere karşı da korunur. Ters bir durumda bu yaylar tampon etkisi ile uçağın fazla zarar görmesini önler.	

2.5. Havaalanı Sektöründe Teknoloji ve Trend Araştırması

2.5.1. Geleceğin uçuşları

Günümüzde teknoloji çok ileri bir boyut kazanmıştır. Yapılan araştırmalara göre uçakların da 10 sene içerisinde teknolojik olarak çok değişeceği öngörülmektedir. Uçaklarda bulunan kabin görevlilerinin yerini holografik personeller alması beklenirken, yolcular uçuş boyunca arkadaşları ve aileleriyle 3 boyutlu olarak holografik sistemler üzerinden görüşmeler yapabileceklerdir. Yolcu koltuklarına ses engelleyiciler yerleştirilerek diğer yolcuların konuşmalarını duymaları önlenecek ve yolcular duyarlı eldivenleri kullanarak yurtdışında iş yaptıkları partnerleriyle rahatça el sıkışabileceklerdir [10].



Resim 2.11. Geleceğin uçuşları

2.5.2. Geleceğin havalimanı Nanjing (Çin)

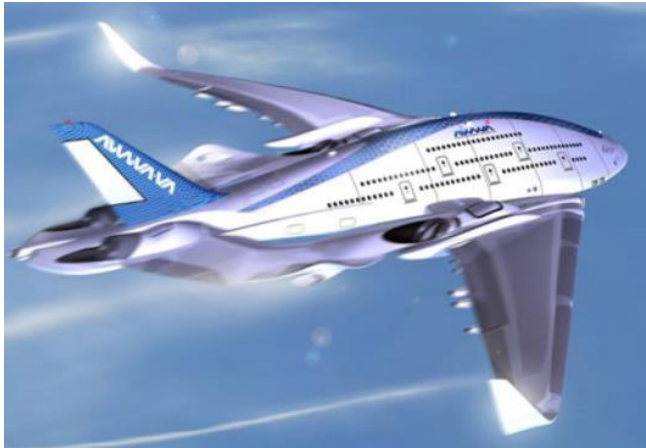
Çin’de hayal edilen havalimanında odak, yolcuların torus (topolojide simit yüzey) benzeri fütüristtik bir yapıda, araçları ile tesise kolayca girip çıkabilmeleri olmaktadır (Resim 2.12). Varışta tüm uçaklar sorunsuz bir şekilde bütünleşmesi sağlanacak ve yolcular inmesi gereken kapılara kolayca ineceklerdir. Bu sistem uçakla bağlantılı durumda ve pilotun kontrolüyle sağlanmaktadır [11].



Resim 2.12. Geleceğin havalimanı Nanjing

2.5.3. İspanyol tasarımı geleceğin uçağı

İspanyol tasarımcı Oscar Vinals tarafından çizilen üç katlı dev uçak büyük ilgi odağı haline gelmiştir. "Gökyüzü Balinası" ismi verilen ve bu hayvandan ilham alınarak tasarlanan uçağın kanat açıklığı 88 metre ve 755 yolcu kapasitelidir. Airbus'ın en büyük uçağı A380'de ise bu uzunluk 80 metredir. Durduğu alanda kalkabilen devasa uçak (Resim 2.13), bu sayede küçük havaalanlarına dahi inebilmeyi vaat ediyor [12].



Resim 2.13. İspanyol tasarımı geleceğin uçağı

3. KAVRAMSAL TASARIM

3.1. Havaalanı Yolcu Köprüsü Uçak Temas Köprüsü Kavramsal Tasarımı

Bu bölümde sistematik tasarım yaklaşımı kullanılarak yapılan havaalanı yolcu köprüsü uçak temas köprüsü kavramsal tasarımı açıklanacaktır [40]. Havaalanlarında yolcu köprülerinin uçaklara tam temas edememesi sonucu gerek uçaklarda meydana gelen kazalar, gerekse köprü içinde bulunan yolcuların dış etkenlerden etkilenmesi bu tasarımın düşünülmesinde etkili olmuştur.

Bu bölüm, havaalanlarında kullanılacak havaalanı yolcu köprüsü uçak temas köprüsü kavramsal tasarımını kapsamaktadır. İşlem şu yedi aşamadan oluşmaktadır [13, 14];

1. İhtiyaç listesi
2. Fonksiyon şeması
3. Alt ve genel tasarımlar
4. Ön değerlendirme
5. Önemli tasarımlar
6. Ek seçim işlemleri
7. Değerlendirme ve son karar

Yapılan tasarım bu başlıklar altında aşağıda ayrıntılı ele alınacak ve açıklanacaktır.

3.1.1. İhtiyaç listesi

Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas köprüsü kavramsal tasarımı için hazırlanmış örnek bir ihtiyaç listesi (tasarım şartnamesi) Şekil 3.1’de görülmektedir. Bu ihtiyaç listesinde tasarlanacak uçak temas köprüsünün; geometrik büyüklüğü, çalışma hızı, işlevini düzgün icra etmesi, enerji kaynağı, seçilecek malzemeler ve koruyucu önlemler, hijyeni, bakımı ve maliyeti gibi özellikler yer almaktadır. Bu aşamada genelde kavramsal tasarım süreci için gerekli ihtiyaçlar vardır ve gerekirse bu ihtiyaçlar tasarımın gelişmesine bağlı olarak değiştirilebilir. İhtiyaç listesinde yer alan özellikler, İhtiyaç ve Arzu (A) şeklinde düzenlenmiştir [13]. Bunlardan ihtiyaçlar tasarım çözümü tarafından kesinlikle karşılanmalı ve arzuların ise teknolojik ve ekonomik şartlar elverdiği ölçüde karşılanması gerekmektedir.

Çizelge 3.1. Tasarlanacak havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü ihtiyaç listesi
(Arzular (A) ile gösterilmiştir)

Sıra No	İstenilen özellikler / ihtiyaçlar (İstek veya Arzu)
1	Modüler tasarım (montaj kolaylığı için)
2	İnsan kullanım ve kontrolüne uygun boyutlar (ergonomik)
3	Temas körüğü ve tüm yolcu uçaklarının konumu uyumlu olmalı.
4	(A) Sistemin uçağa temas etmeye hazır hale gelme süresi 10-15 sn olmalı
5	(A) Tampon kısmı tamamen uçağın alt bölümüyle temas halinde olmaması
6	Enerji kaybı en az seviyede olmalı
7	(A) Güneş enerjisi kullanılmalı.
8	Otonom, yani kendi kendine değil kullanıcısı tarafından kontrol edilebilmeli.
9	(A) Kolay temizlenebilmeli
10	(A) Taşımayla ilgi kısımlar hafif olmalı.
11	Dış etkenlere dayanıklı, insan sağlığına ve doğaya zararı olmayan malzemeden olmalı.
12	(A) Kullanım ve bakımı kolay, basit ve masrafsız olmalı.
13	Parçalar kolay temin edilebilmeli ve maliyeti düşük olmalı.
14	Sızdırmazlık en üst noktada olmalı
15	Üretim maliyeti yolcu köprüsü maliyetinden az olmalı.
16	Ani durumlarda hareket kesilmeli
17	(A) Sistem parçaları uzun ömürlü olmalı
18	+ 70°C ile -25°C arası çalışma sıcaklıkları aralığı

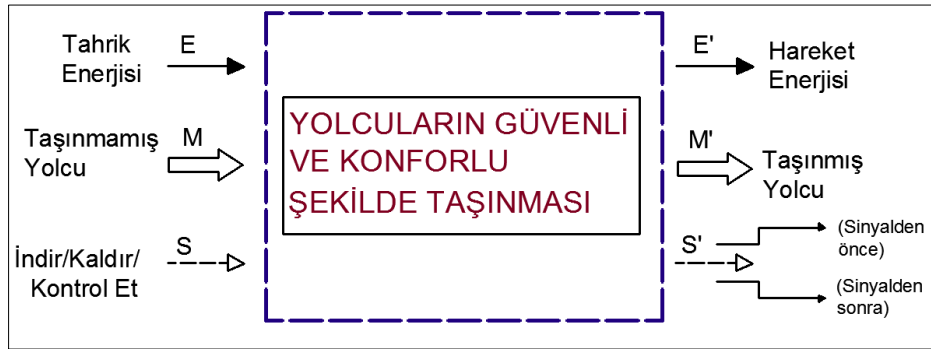
3.1.2. Fonksiyon şeması

Teknik sistemlerde fonksiyon girdi/çıktı(lar) arası bir ilişkidir [13]. Tüm (sistemin tamamı) ve alt (sistemi oluşturan bölümler) fonksiyonlara ayrılabilir. Burada tüm fonksiyon, yolcuların güvenli ve konforlu şekilde taşınması olacaktır. Bu tüm fonksiyonu karşılamak için: “Köprüyü aktif moda al, uçağa yanaş, düğmeye bas, uçağa temas işlemini gerçekleştir,” şeklinde alt fonksiyonlara ihtiyaç vardır. Çizelge 3.1’de verilen ihtiyaç listesine uygun uçak temas körüğü sistemi için örnek bir fonksiyon şeması Şekil 3.1’de görülmektedir.

Soyutlandırma yardımıyla elde edilen problem formülasyonu ile genel problemin kritik noktası belirtilmiş olur. Bu tüm (genel fonksiyon) enerji, malzeme ve sinyal girdi-çıktılarına dayalı bir blok diyagramı şeklindedir. Bu girdi-çıktı ilişkileri mümkün olduğunca hassas dile getirilmelidir.

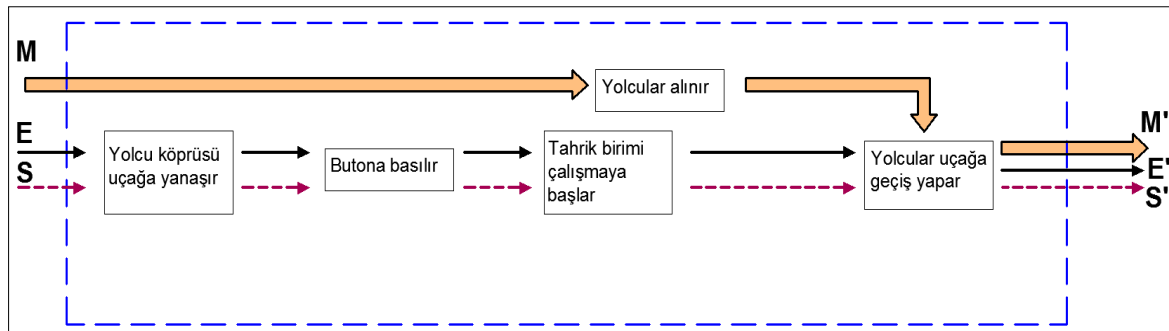
Havaalanı yolcu köprüleri uçak temas körüğü geliştirmede genel problem mümkün olan en dayanıklı malzemeyi seçerek yolcu köprüsü içindeki yolcuları maksimum seviyede

sızdırmazlık ile uçağa taşımaktır. Burada yolcuyu uçağa bindirme işlemi bir malzeme akışı, uçak temas körüğünün çalışması ve uçak füzelay bölgesine temasta sinyal akışı, köprüden alınan tahrik enerjisinin hareket enerjisi ve kayıp enerjilere dönüşümü şeklinde de bir enerji akışı vardır. Göreve ait tüm fonksiyon yolcuyu güvenli ve konforlu biçimde taşımaktır. Bu tüm fonksiyon, çeşitli alt fonksiyonlara bölünerek bunların uygun ve mantıklı bir şekilde birleşimleri ile bazı fonksiyon şemaları oluşturulur.



Şekil 3.1. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü tüm (genel) fonksiyonu

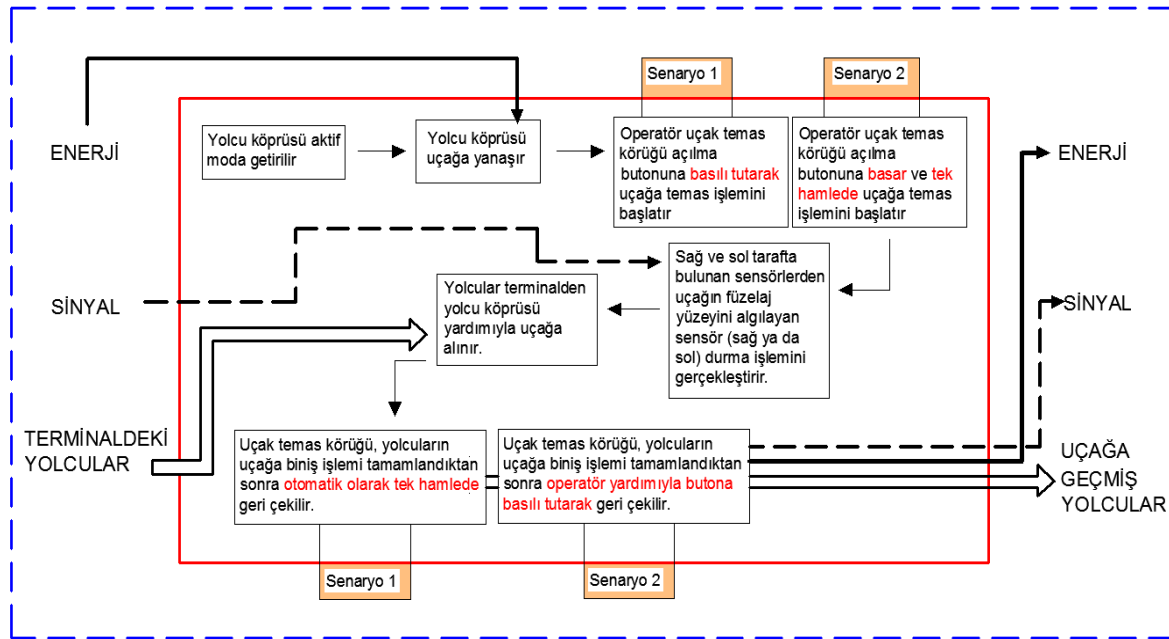
“Yolcuların güvenli ve konforlu şekilde taşınması” genel fonksiyonunu karşılayacak bir sistem şu alt fonksiyonları icra etmesi gerekir; yolcu köprüsünün aktif moda gelmesi, köprü’nün uçağa yanaşması, butona basılı tutulup temas körüğünün hareketinin başlaması, sensörlerin uçak füzelay bölümünü algılayınca durması, yolcuların geçiş işlemi ve geçiş işlemi tamamlandıktan uçak temas körüğünün geri çekilmesi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü alt fonksiyonları

Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğüne ait fonksiyon şemaları iki ayrı senaryo için oluşturulmuştur. Bunlardan ilki uçak temas körüğünün uçak füzelay yüzeyine temas ederken manuel şekilde, geri çekilirken ise tek hamlede otomatik olarak çekilmesidir. Sistem;

başlangıç sinyali, uyarı sistemleri, tahrik birimi ve sensör hareketlerinden oluşmaktadır. Senaryo 1 adımları, kısaca; uçağa yanaşma, butona basma ve uçak temas körüğünün kademeli olarak operatör gözetiminde uçağa temas etmesini içerir. Sistemin çalışmasını sağlayacak bazı sensörler bulunmaktadır. Sol ve sağ uçlar sensör yardımıyla birbirinden bağımsız hareket eder ve uçağı gören sensör durur. Böylelikle uçağa zarar verilmemiş olur. Uçak ile yolcu köprüsü açık havayı optimum seviyede kapatır. Hareket esnasında bir problem olursa sinyal verir. Uçağa yolcu transferi sağlandıktan sonra operatör butona basar ve uçak temas körüğü tek hamlede geri çekilir. İkinci senaryo uçak temas körüğünün uçak füzelayı yüzeyine temas ederken otomatik şekilde, geri çekilirken ise manuel olarak çekilmesidir içerir. Her iki senaryoda da kullanılan enerji, elektrik enerjisi, sisteme dâhil olan taşıma işleminin yapılacağı malzeme, yolcu olarak belirlenmiştir. Sistemi terk eden enerjiler kayıp enerjiler olarak düşünülmelidir.



Şekil 3.2. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü sistem fonksiyon şeması

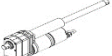
3.1.3. Alt ve genel tasarımlar

Alt fonksiyonlara çözüm ilkeleri araştırmak belli birkaç kurala dayanmaktadır. Bunlar;

- Tüm (genel) çözüm ilkesini belirleyecek ana alt fonksiyonlara ve bunlardan çözüm ilkesi henüz bulunmamış olanlara öncelik verilmez.

- Tasnif ölçütleri ve karakteristikleri, enerji, malzeme ve sinyal akışları arasında belirlenebilir ilişkiler veya ortak sistemlerden çıkartılmalıdır.
- Çalışma ilkesi bilinmiyorsa, bu ilkeler enerji ve fiziksel etkiler üzerinden çıkartılmalıdır. Fiziksel etki belirlenmişse uygun çalışma geometrisi, çalışma hareketleri ve malzemeler seçilmelidir (gerekirse değiştirilebilir). Yeni fikirler kontrol listesi temel alınarak uyarlanabilir.
- Tasarımcılar, sezgisel olarak bulunan çözümleri de değerlendirmelidir. Bunları anahtar tasnif ölçütlerinin, özel çalışma ilkeleri ile olan ilişkilerini analiz edip, bu ölçütleri yeni başlıklar altında alt bölümlere ayırmalı, sınırlamalı veya genelleştirmelidir.
- Seçim işlemine hazırlanmak için önemli bazı çalışma ilkeleri ve özellikleri not edilmelidir [15].

Şekil 3.3'te gösterilen fonksiyon şemasında yer alan önemli alt fonksiyonlar seçilerek bir matrisin ilk sütununa yerleştirilmiştir. Daha sonra bunların olası çözümleri de hizalarına girilmek sureti ile alt tasarımlar elde edilmiştir (morfolojik kart/matris ile). Yani, önce problem küçük işlevsel parçalara bölünmüş, bunlara çözümler aranmış ve bu alt çözümlerin muhtelif birleşimleri ile tüm sisteme ait alternatif çözümler elde edilmiştir [40]. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü için gerekli enerjinin sağlanması ve tahrik mekanizması belirlenebilir. Kullanılacak enerji; köprüden alınan enerji, yer çekimi kuvveti ya da her ikisi de olabilir. Bu sistemde ileri hareket ve geri hareket fazlaca önem arz etmektedir. Herhangi bir olası problem durumunda operatörü uyarmak için görsel uyarı mekanizması da bu bölümde kesinleştirilecektir. Enerji depolama işlemi sistem için önem taşımaktadır. Bu işlem de gazlı piston ya da yay ile yapılacaktır. Bu soruların hepsine alt ve genel tasarımlar bölümünde cevap aranacaktır.

ÇÖZÜM YOLU		1	2	3	4
ALT FONKSİYONLAR					
ENERJİ	1	 YOLCU KÖPRÜSÜ	 YERÇEKİMİ KUVVETİ	 GÜNEŞ ENERJİSİ	
SİSTEM BAŞLATMA	2	 AÇMA SINYALI	 OPERATÖR	 DGS	 PİLOT TALEBİ
KONTROL ETME YÖNTEMİ	3	 PLC KONTROLÜ	 DEVRE KARTI		
ENERJİ DEPOLAMA	4	 GAZLI PİSTON	 YAY		
İLERİ HAREKET TAHRİK MEKANİZMASI	5	 LINEER ACTUATOR	 ELEKTRİK MOTORU	 YERÇEKİMİ KUVVETİ	 MOTOR+KAYIŞ
GERİ HAREKET TAHRİK MEKANİZMASI	6	 LINEER ACTUATOR	 ELEKTRİK MOTORU	 MOTOR+KAYIŞ	
UYARI	7	 LED	 IŞIK VE SES	 SES	
KUMAŞ ÇEŞİDİ	8	 FIBERGLASS KUMAŞ	 PVC KUMAŞ	 HYPALON KUMAŞ	

Şekil 3.4. Havaalanı yolcu köprüleri uçak temas körüğüne ait morfolojik kart (alt tasarım çözümleri)

3.1.4. Çözüm ilkelerini birleştirme

Tüm fonksiyonu karşılamak için daha sonra çalışma ilkeleri, uygun çalışma yapıları oluşturacak şekilde seçilip birleştirilmelidir. Böylece genel çözümler çeşitli seçenekler sağlayacak şekilde oluşturulabilir. Mantıksal ve fiziksel olarak uygun fonksiyon çözümlerinin birleştirilmesi aynı zamanda bir sistem sentezidir [15].

Çözüm ilkelerini birleştirirken;

- Sadece uyumlu alt fonksiyonlar birleştirilmeli.
- Çözümlerden, tasarım şartnamesi isteklerini karşılayanlar ile bütçe sınırları içinde olanlar sürdürülmelidir.
- Umut vadeden birleşimler üzerinde durmak ve geri kalanlara kıyasla bunların sağladığı yararları ve tercih sebepleri belirlenmelidir.

Havaalanı yolcu köprüleri uçak temas körüğü kavramsal tasarımı için hazırlanan görevin alt fonksiyonlarına bulunan çözüm seçenekleri, bir morfolojik matriste gösterilmiştir. Morfolojik matristeki bazı alt çözümlerin muhtelif birleşimleri ile elde edilen genel tasarım seçenekleri (varyantları) aşağıda sunulmuştur;

- (ÇS₁) 1.3 – 2.2 – 3.1 – 4.1 – 5.4 – 6.4 – 7.2 – 8.2
- (ÇS₂) 1.2 – 2.3 – 3.2 – 4.2 – 5.2 – 6.1 – 7.1 – 8.3
- (ÇS₃) 1.1 – 2.3 – 3.1 – 4.1 – 5.1 – 6.1 – 7.2 – 8.2
- (ÇS₄) 1.1 – 2.4 – 3.2 – 4.1 – 5.1 – 6.1 – 7.1 – 8.1
- (ÇS₅) 1.1 – 2.2 – 3.1 – 4.1 – 5.4 – 6.3 – 7.2 – 8.3
- (ÇS₆) 1.3 – 2.3 – 3.2 – 4.2 – 5.2 – 6.1 – 7.1 – 8.1

3.1.5. Ön değerlendirme

Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü tasarımı için; ihtiyaç listesi (problem tanımı), fonksiyon şeması (tasarım formüle etme ve küçük alt işlevsel parçaları), morfolojik matris (alt parça çözümleri ve birleşim varyantları) hazırlanmıştır. Böylece tüm sisteme ait 5 farklı alternatif tasarım çözümü yapılmıştır. Bu alternatif çözüm önerileri havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü için en uygun tasarım seçenekleridir. Ama, bunlar arasından, optimum tasarımı bulmak için bu çözümleri bazı kriterlere göre değerlendirmek gerekir [13]. Bu bağlamda seçim kartı kullanılmış ve optimum çözüme en uygun olan üç tasarım seçeneği belirlenmiş ve diğer üç seçenek ise elenmiştir (Şekil 3.5). Burada; uyum güvencesi, ihtiyaç listesini karşılama, ilke olarak gerçekleştirilebilirlik vb. gibi ölçütler kullanılır.

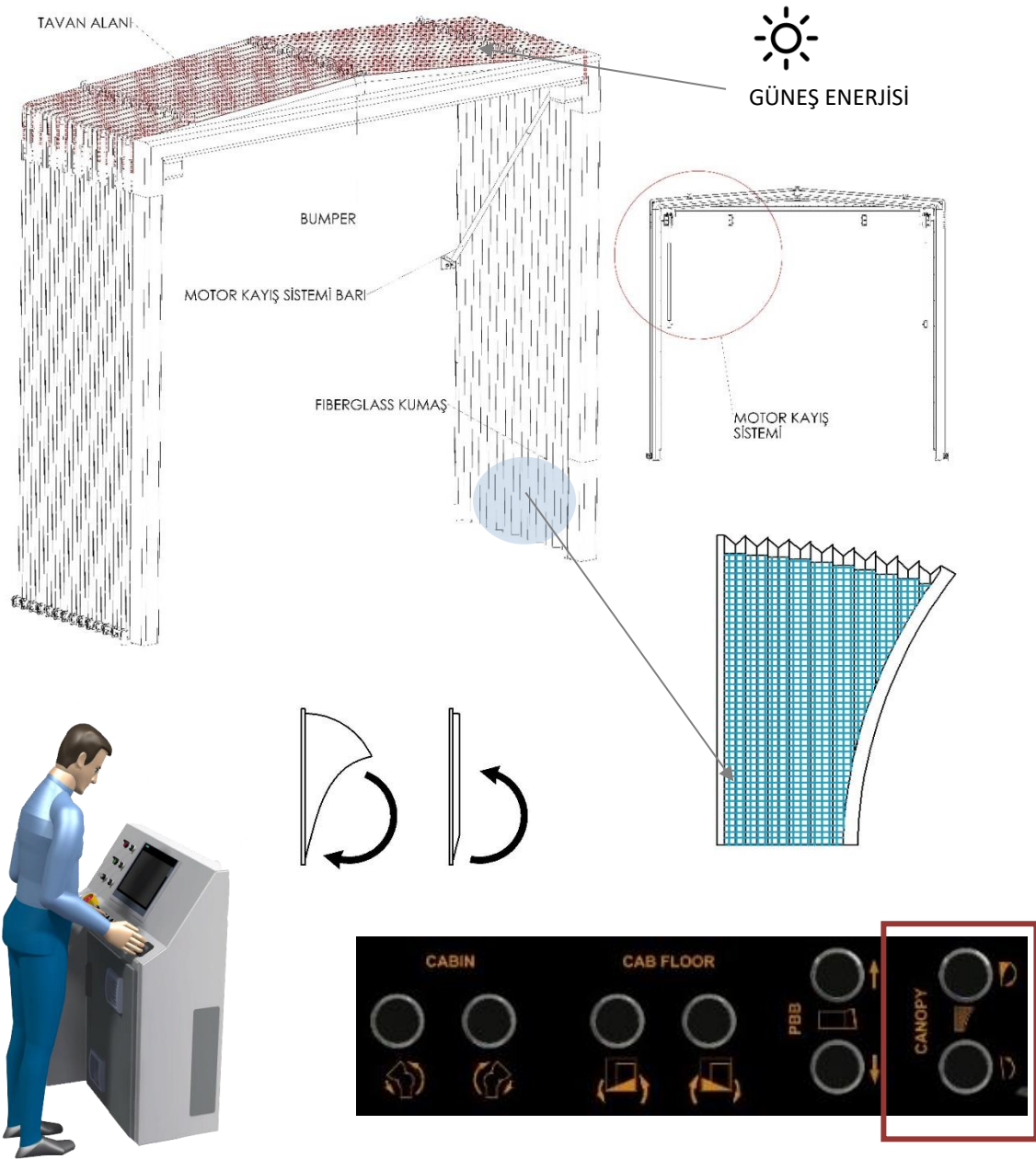
HAVAALANI YOLCU KÖPRÜSÜ UÇAK TEMAS KÖRÜĞÜ		SEÇİM KARTI										
Çözüm Varyantlarını Gir			Seçim kartı şu çözüm seçenekleriyle değerlendirilir: SEÇİM ÖLÇÜTLERİ								KARAR	
			(+) Evet (-) Hayır (?) Eksik bilgi (!) İhtiyaçlar listesini kontrol et								Çözüm seçeneklerini işaretle (+) Çözümü sürdür (-) Çözümü iptal et (?) Bilgi topla çözümü tekrar değerlendir (!) Değişiklikler için ihtiyaç listesini kontrol et	
			Uyum güvencesi									
			İhtiyaç listesini karşılama									
			İlke olarak gerçekleştirilebilir									
			Müsaade edilebilir maliyetler içinde									
			Doğrudan emniyet önlemleri sağlar									
			Tasarımcı şirketlerce tercih edilir									
			Yeterli bilgi									
			A	B	C	D	E	F	G	Notlar (İşaretler, Nedenleri)	KARAR	
V1	1	+	-	+	-	?	-	-	Güneş enerjisi çalışması için yeterli mi?	?		
V2	2	+	-	+	?	+	+	?	Yerçekimi, 12312-4' göre tanımlanan basınca uygun değil.	-		
V3	3	?	+	+	!	+	+	-	İleri hareket mekanizması incelendiğinde lineer aktüatörün dezavantajları mevcut	+		
V4	4	+	!	+	-	+	-	-	Kumaş analizi yapılmalı	-		
V5	5	+	+	+	+	+	+	+		+		
V6	6	-	+	+	-	-	-	-	Fiberglass kumaş standarda uygun değil	-		

Şekil 3.5. Havaalanı yolcu köprüleri uçak temas körüğü kavramsal tasarım ön değerlendirmesi (seçim kartı)

Çözümün bu ölçütleri karşılama durumu, değerlendirme ölçütlerine uygun bir şekilde gözden geçirilir. Eğer bir kavram/çözüm seçeneği bu değerlendirme sonucu yeterli bulunursa bu çözüm seçilmeli ve sonraki aşamalara taşınmalıdır [15]. Ve nitekim yapılan ön değerlendirme sonrası, Şekil 3.5'te de görülen + ile işaretli, V3, V5 ve ? ile işaretli V1 tasarım çözümleri uygun tasarımlar olarak seçilmiştir.

3.1.6. Önemli tasarımlar

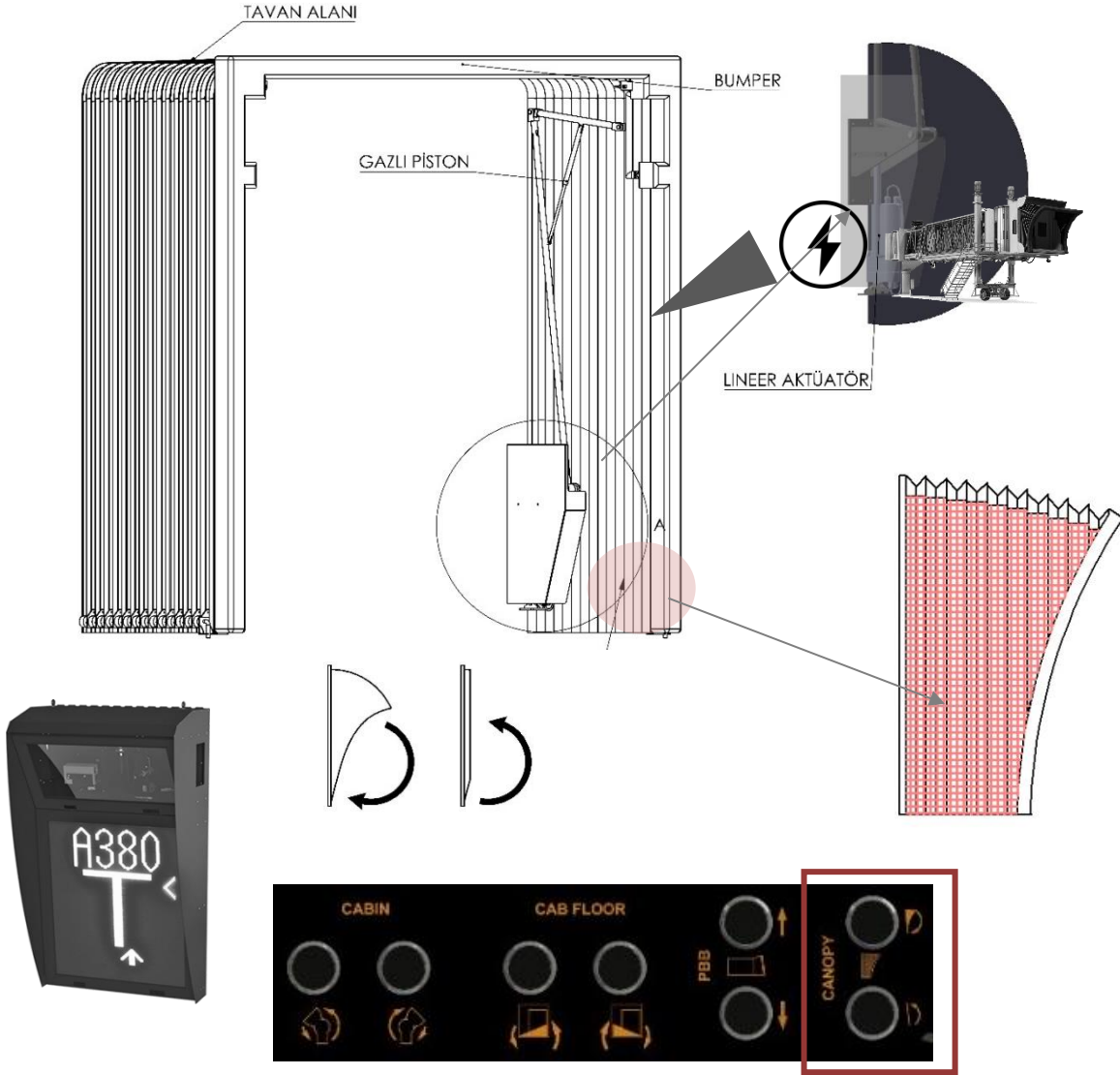
Şekil 3.5'te görülen ön değerlendirme işlemi sonucu belirlenen ilk 6 kavram seçeneği 3'e düşürülmüştür. Nispeten daha iyi ve gelecek vadede bu 3 kavram seçeneklerinin kaba şematik gösterimleri Şekil 3.6 - 3.8'de görülmektedir.



Şekil 3.6. Tasarım seçeneği 1'in kaba çizimi

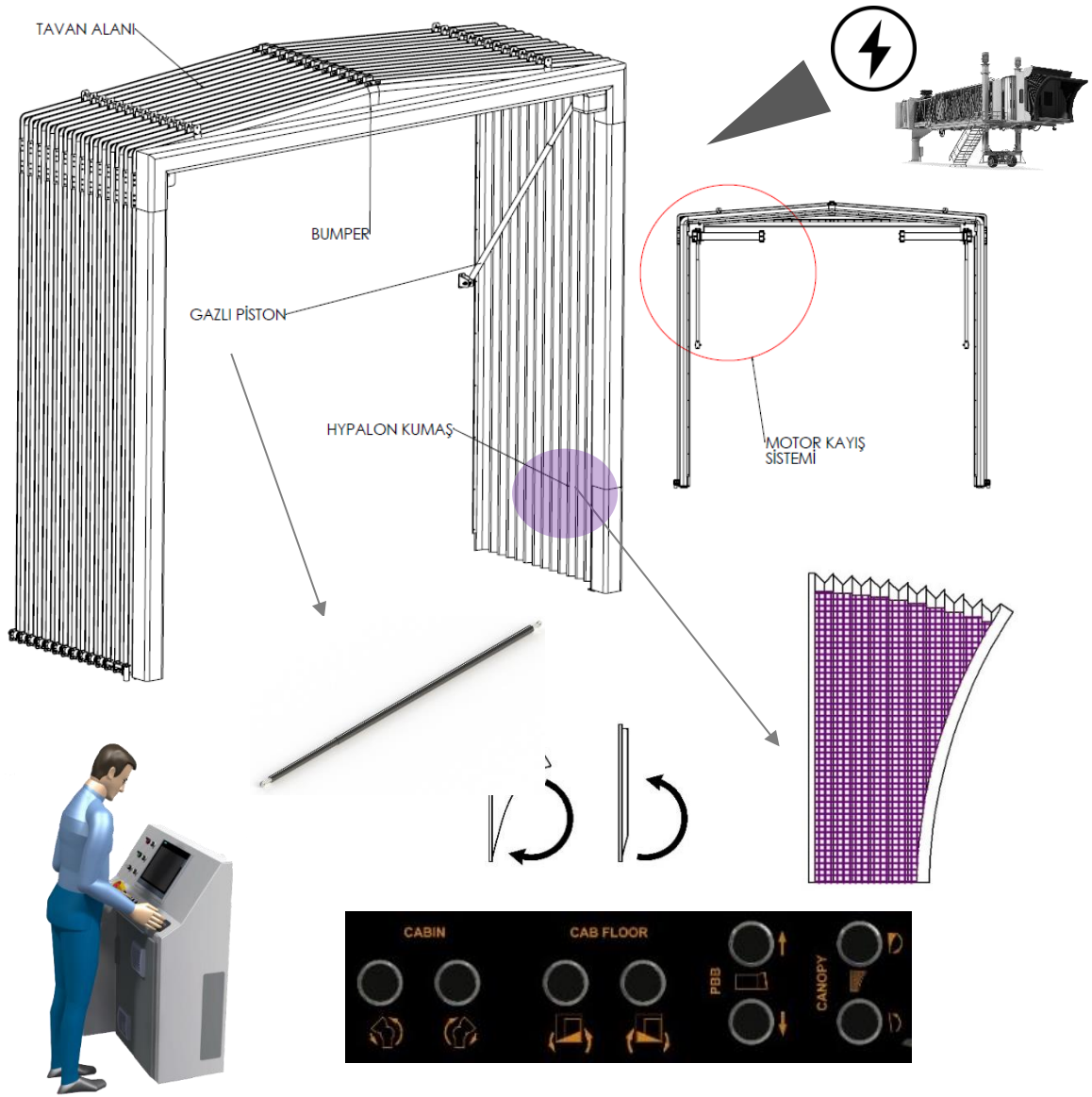
Şekil 3.7'de havaalanı yolcu köprüsü uçak temas köprüğü detayları kavramsal tasarım ilkelerine göre incelenmiştir. Bu aşamada temas köprüğünün enerjisini nereden sağladığı, ileri hareket mekanizmasının nasıl çalıştığı ve kumaş çeşidi göz önünde bulundurulmuştur. Operatör kontrolü ile uçağa temas işlemi gerçekleştirilen bir seçenektir. Operatör, temas köprüğünün kontrolünü kontrol panelindeki butonlardan sağlamaktadır. Güneş enerjisinin bu sistem için uygun olup olmadığı, ileri hareket mekanizmasında motor kayış sisteminin yeterliliği, kullanılacak PVC kumaşın standartta bulunan özellikleri sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. İleri ve geri hareket mekanizmasının çalışma prensibi motor kayış olarak

belirlenmiştir. İleri hareket için motor yardımıyla makaradan öne doğru açılma işlemi gerçekleşir. Geri hareket içinse yine motor yardımıyla makaraya sarılır. Kumaş çeşidi PVC kumaş seçilmiştir.



Şekil 3.7. Tasarım seçeneği 3'ün kaba çizimi

Bu tasarımda temas körüğünün enerjisini köprüden almaktadır. İleri hareket ve geri hareket mekanizması lineer aktüatör yardımıyla yapılmaktadır. Şekil 3.7'de uçak temas körüğü nispeten daha doğru olduğu görülmüş, enerji yolcu köprüsünden alınmaktadır. İleri ve geri hareket mekanizmasının çalışma prensibi lineer aktüatör olarak belirlenmiştir. Kumaş çeşidi PVC kumaş olarak seçilmiştir. Bu kumaşın standartlara uygunluğu gerekli bölümlerde incelenecektir. Uçak temas körüğünün açılıp kapanma işlemi DGS (Docking Guidance System) (Uçak Park Ettirme Sistemi) yardımıyla otomatik modda yapılacaktır.

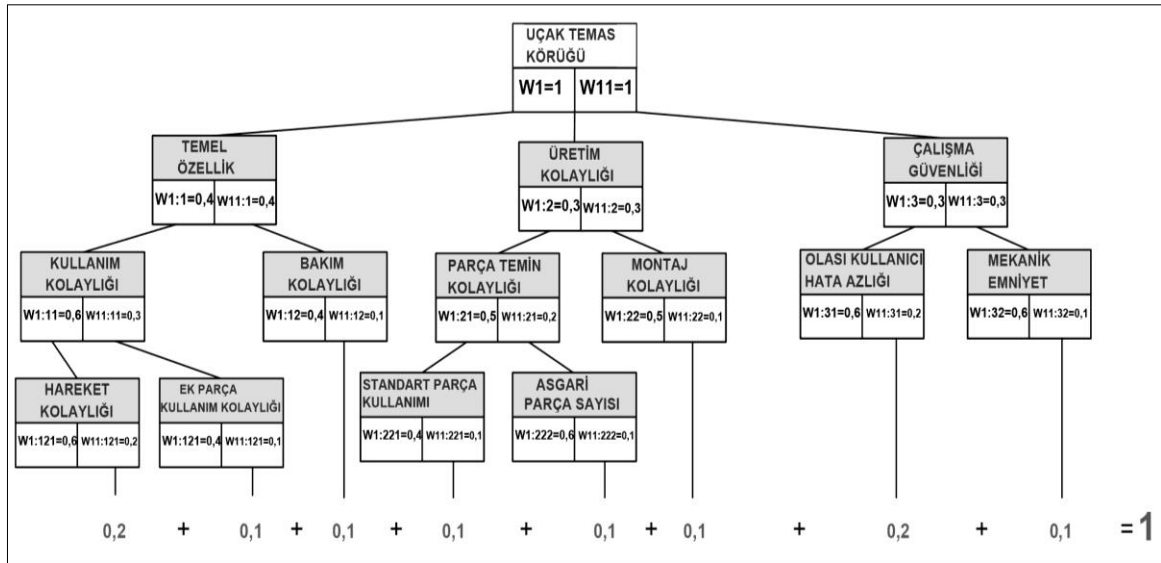


Şekil 3.8. Tasarım seçenek 5'in kaba çizimi

Bu aşamada da temas körüğünün enerjisini nereden sağladığı, ileri hareket mekanizmasının hangi prensiple çalıştığı ve komutu nereden aldığı ve kumaş çeşidi göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 3.8'de uçak temas körüğü nispeten daha doğru olduğu görülmüş, enerji alınmasının en doğru yöntemi yolcu köprüsü enerjisi olarak belirlenmiştir. İleri ve geri hareket mekanizmasının çalışma prensibi motor kayış olarak belirlenmiştir. İleri hareket için motor yardımıyla makaradan öne doğru açılma işlemi gerçekleşir. Geri hareket içinse yine motor yardımıyla makaraya sarılır. Kumaş çeşidi hypalon kumaş olarak seçilmiştir. Bu kumaşın standartlara uygunluğu gerekli bölümlerde incelenecektir. Uçak temas körüğünün açılıp kapanma işlemi operatör desteğiyle kontrollü bir şekilde açılırken manuel, kapanırken otomatik olarak gerçekleştirilecektir.

3.1.7. Ek seçim işlemleri

Yukarıda “ön değerlendirme” kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde oluşturulan 6 farklı tasarım seçeneği 3’e düşürülmüştü. Ama buradaki tasarım sayısı hâlâ fazladır ve bunlardan hangisinin daha optimum olduğu belirlenmelidir. Bu amaçla da ek seçim işlemleri yapmak gerekir. Bu ek seçim işlemleri: (1) Amaçlar ağacı (tasarımın karşılayacağı kriter ve önemelerini belirleme/uygulama), (2) Değer profil diyagramı (kriterleri karşılamada dengeli dağılım) şeklinde iki çeşittir. Bu seçim işlemleri ile mevcut 3 tasarım seçeneği sırayla önce 2 ve sonra da 1’e düşürülerek aralarındaki en optimum seçenek belirlenir. Şekil 4.10’da görünen amaçlar ağacı, havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü tasarımını daha hassas değerlendirecek kriterleri düzenleme ve önemlerini belirleme sağlar. Amaçlar ağacında her kriterin bir ağırlık değeri vardır. En üstte sistemin tümü için tam değer (1 veya 100) alınır. Bir alt basamakta bu tüm değer kriterlere paylaştırılır. Bu işlem en alt basamağa kadar devam eder. En alt katmanda kriter değerlerinin toplamı 1’e eşit olur.



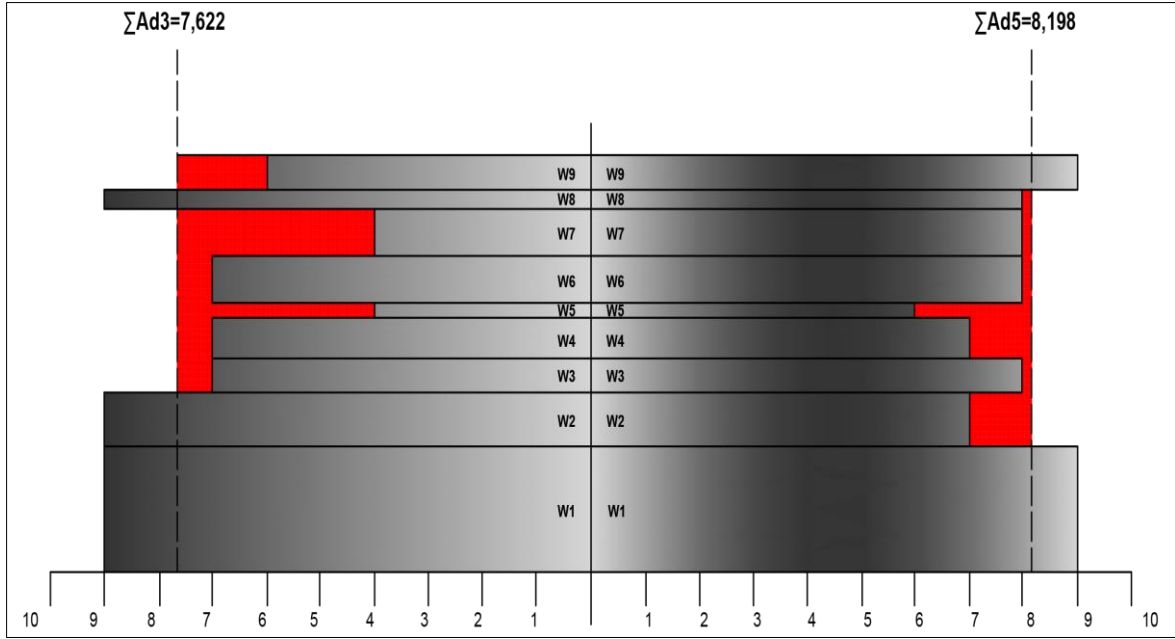
Şekil 3.9. Amaçlar ağacı oluşturma

Amaçlar ağacı ile tasarımı değerlendirmede kullanılacak kriterleri düzenleme ve ağırlıklarını belirleme sonrası bunlar bazı parametrelere dönüştürülür. Ayrıca, mümkünse, bunlara ilişkili birimler de belirlenmelidir. Arkasından da bu parametrelere göre mevcut 3 tasarım seçeneği için bir değerlendirme yapılmalıdır (Çizelge 3.2). Son olarak bu 3 seçeneğinden en az puanı alan tasarım elenir ve diğer 2’si (3, 5) ise bir sonraki aşamaya aktarılır.

Çizelge 3.2. Değerlendirme çizelgesi

Değerlendirme çizelgesi				Seçenek 1			Seçenek 3			Seçenek 5		
Kriter		W	Parametreler	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri
1	Kolay bakım	0.06	Kolay bakım	Fazla	8	0,48	Orta	6	0,36	Fazla	9	0,54
2	Kolay operasyon	0.042	Kolay kullanım	Orta	5	0,21	Fazla	9	0,378	Fazla	8	0,336
3	Ergonomik olma	0.098	Ergonomiklik	Orta	5	0,49	Fazla	4	0,392	Az	8	0,784
4	Hazır parça	0.12	Standart parça	Orta	6	0,72	Orta	7	0,84	Fazla	8	0,96
5	Parça montajı	0.036	Açık montaj işlemi	Orta	6	0,216	Az	4	0,144	Orta	6	0,216
6	Parça sayısı	0.09	Parça sayısı	Orta	5	0,45	Orta	7	0,63	Orta	7	0,63
7	Basit parça	0.054	Basitlik	Orta	5	0,27	Orta	7	0,378	Fazla	8	0,432
8	Parça emniyeti	0.1	Güvenilirlik	Fazla	9	0,9	Fazla	9	0,9	Orta	7	0,7
9	Kullanıcı emniyeti	0.4	Emniyet	Fazla	8	3,2	Fazla	9	3,6	Fazla	9	3,6
ΣWt=1				Σd1=57 ΣAd1=6,936			Σd3=62 ΣAd3=7,622			Σd5=70 ΣAd5=8,198		

Geriye kalan son 2 seçenek arasında da bir seçim yapmak gerekmektedir. Bu seçim yapılırken de amaçlar ağacı ve değerlendirme çizelgesinden yararlanılır. Yani, daha önceki tüm değerlendirme ve seçim işlemlerini geçen 3 ve 5 numaralı seçeneklerin tasarım kriterlerini dengeli karşılama durumu araştırılır. Bu amaçla da değer profili diye adlandırılan (Şekil 3.10'da görülen) bir grafik kullanılır. Burada her iki seçenek için oluşturulan dikdörtgen kalınlıkları kriterin ağırlığını (yüzde oranını) ve uzunluğu ise her bir seçeneğin bu kriterden aldığı puanı gösterir. Bu değer altındaki puana sahip değer ölçütleri, o ölçütleri karşılamada yetersiz olarak kabul edilir. Toplamda daha az yetersiz alana sahip olan çözüm seçeneği diğerine göre daha dengeli dağılıma sahiptir ve optimum çözüm seçeneği olarak adlandırılır. Şekilde tarama çizgileri ile görünen alanlar zayıf noktalardır ve bu alanları fazla olan seçenek (3 numaralı) elenir. Sonuç olarak; tüm bu işlemler sonucu en optimum havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü kavramsal tasarımı olarak 5 numaralı seçenek olur.



Şekil 3.10. Değer profil diyagramı

3.1.8. Değerlendirme ve son karar

Ölçüm ve seçim işlemleri sonucu 5 numaralı seçenek en iyi uçak temas körüğü tasarımı olarak belirlenmiştir. Bu sistem, enerjisini havaalanı yolcu köprüsünden alan bir sistemdir. Güvenli ve görerek yaklaşma sağlayan operatör, park etti sinyaline istinaden kontrollü bir şekilde uçak temas körüğünün uçağın füzelay yüzeyine oturmasına yardımcı olur. Böylece temas işlemi gerçekleştirilmiş olur. Havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüklerinde gerekli tasarımlar yapılacak olup, tampon (bumper) denilen yardımcı elemanlarla uçağa temas işleminde uçağın zarar görmemesi sağlanacaktır. Kontrol etme yöntemi olarak elle manuel yapmaktansa PLC kontrollü bir sürücü ile bu işlem yürütülecektir. Gerginlik için enerji depolanmasında, hareketi daha esnek hale getirip sönümleme yapacağından dolayı gazlı piston tercih edilmiştir. İleri ve geri hareket mekanizması çalışma prensibi motor kayış sistemi yardımıyla yapılacaktır. Herhangi bir problem durumunda operatöre ve apronda çalışanlara destek amaçlı hem görünen hem de duyulan uyarı gidecektir. Kumaş olarak standardı sağlayan Hypalon kumaş tercih edilecektir.

3.1.9. Sonuç

Kavramsal tasarım işlemi bir ihtiyaç listesi belirleme ile başlar. Sınırlayıcı ve istekleri karşılayacak bir çözümle son bulur. Çözüm seçenekleri çoksa bir seçim işlemi uygulanarak

en uygun çözüme ulaşılır. Kavramsal tasarım; yaratıcı, optimum ve doğru çözümler bulmayı amaçlar. Problemi küçük parçalara ayırır ve bunlara çözüm ilkeleri geliştirir. Soyutlaştırmalar yapılarak mevcut çözümlerden farklı yaratıcı çözüm önerileri sunar. Bu çözüm önerileri, değerlendirme yöntemleri (seçim kartı, amaçlar ağacı, değer profili vb.) kullanılarak en doğru tasarıma karar verilir.

Bu çalışmada, kavramsal tasarım kullanılarak havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü tasarımının işlem adımları açıklanmıştır. Uçak temas körüğünün özellikleri ve ihtiyaçları listelenmiş tablo haline getirilmiştir. Tasarım bu istekler rehberliğinde geliştirilmiştir. İhtiyaçların tam ve doğru olarak belirlenmesi ideal çözüme ulaşmada büyük katkı sağlayacaktır. Uçak temas körüğü için en önemli parametreler doğru enerji, hızlı, kolay ve güvenli yönetilebilirlik, uçağa temasta uçağın zarar görmemesi, körüğün esnekliği ve doğru kumaş seçimidir. Soyutlaştırma yapılarak temel fonksiyon ve alt fonksiyonlar belirlenmiştir. Her alt fonksiyona uygun çözüm önerileri geliştirilmiştir. Çözüm önerileri bir morfolojik kartta birleştirilerek yaratıcı çözüm seçenekleri bulmak hedeflenmiştir. Bu kart kullanılarak uçak temas körüğüne uygun seçenekler belirlenerek değerlendirmeye alınmıştır. Çözüm seçenekleri; ihtiyaç listesi ve temel fonksiyona uygun olması için seçim kartı, değerlendirme çizelgesi ve değerlendirme profili ile değerlendirilir ve ideal çözüme ulaşılır.

3.2. Havaalanı Yolcu Köprüsü Uçak Temas Körüğü için Kalite Fonksiyon Uygulaması (QFD)

Bir şirketin ürün ya da hizmeti tasarlarlarken, müşteri gereksinimlerini ve rakip firma ürünlerini göz önünde bulundurarak istek ve arzuları teknik özelliklere dönüştüren bir sistemdir. QFD temel olarak bir işletmenin gelişen teknolojik ihtiyaçlarına ayak uydurma ve problemlere müşteri odaklı bakmasını sağlar. QFD tekniği kullanarak çizelgeler ve matrisler çıkarılır. Böylece kalite yönetimi oluşturulmuş olur.

QFD temel müşteri istekleri olarak depolanan bilgilerin, mühendislik seviyesine aktarılması olarak da düşünülebilir. [16]

QFD' nin amaçları;

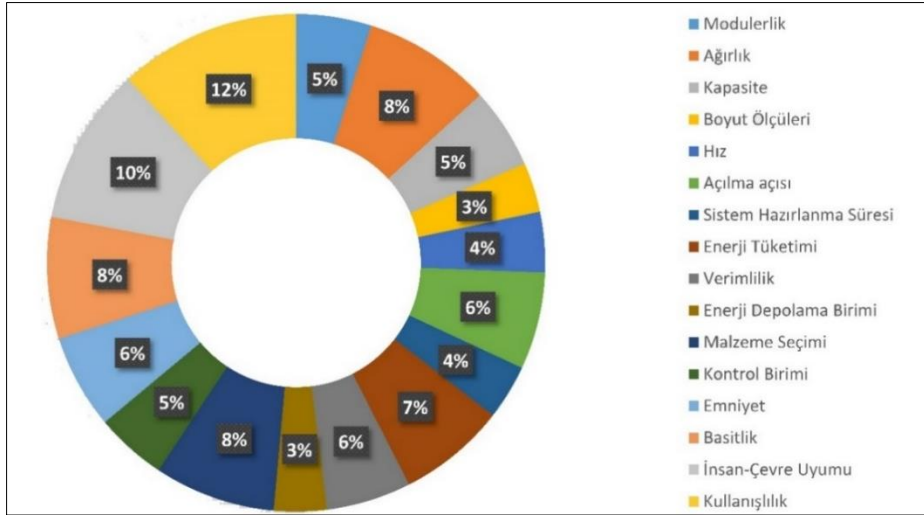
- Müşterinin sesi olabilmek
- Projenin geliştirilmesini sağlamak

- Projenin baştan sona kadar doğru yönetilebilmesi
- Proje sonunda oluşabilecek hataları en aza indirmek
- İşletmelerin gelişmesini sağlamak

Bu bölümde ise kalite boyutundaki kullanıcı talep ve isteklerini ölçülebildiği ve kontrol edilebilir sayısal değerlere dönüştürmeye yarayan, bu sayede alt sistemlerin, üretim ve hizmet parçalarının ve neticede de sürecin kalitesinin arttırılmasına yardım eden QFD yöntemiyle tasarımın kalitesi arttırılmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3.3. Uçak temas körüğü tasarımı için hazırlanan kalite evi uygulaması

	Önem derecesi 0-1	$F_n=A, B, C, D$ $A=9, B=5, C=3, D=1$ $W_{TP}(n) = \prod_{n=1}^n w_{Gn} \cdot F_n$ $\%M_n = \frac{W_{TP}(n)}{\sum_{n=1}^n W_{TP}(n)} \cdot 100$	Tasarım parametreleri	Modülerlik	Ağırlık	Kapasite	Boyut ölçütleri	Hız	Açılma Açısı	Sistem hazırlanma hızı	Enerji tüketimi	Verimlilik	Enerji depolama birimi	Malzeme seçimi	Kontrol birimi	Emniyet	Basitlik	İnsan ve çevre uyumu	Kullanışlılık
No	WG n	Müşteri ihtiyaçları	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8	TP9	TP10	TP11	TP12	TP13	TP14	TP15	TP16	
G1	0,75	Kolay kurulum	A	B		C		C					C			B			
G2	0,6	Ergonomiklik				B								A		B	A	A	
G3	0,9	Minimum ağırlık	A	A						D	B		B			A			
G4	1	Taşıma kapasitesi			A		A			C			C				A	B	
G5	1	Küçük boyutlar	B		A			B		B	A	B				B	B	A	
G6	1	Açılma kabiliyeti		A			A	A	A	A		C			B				
G7	1	Açılma hızı		B	A	B		A							C	D		B	
G8	0,6	Sistem hazırlanma hızı				B	A		A							B		A	
G9	0,9	En az enerji tüketimi		B						A	A	C	C					D	
G10	1	Enerji kaybı		B						A	A	B					D	D	
G11	1	Fazladan enerji depolama birimi				B				B		A			B		C	A	
G12	0,7	Dış kullanıma uygun malzeme		B									A	B	B		A	A	
G13	0,9	Hafif ve sağlam malzeme		A	A					C			A				B	B	
G14	1	Hareket kontrolü						A						A		B	A	A	
G15	1	Acil durum durdurma işlevi		C	C		B							A	A		B	A	
G16	0,8	Sağlamlık	B	C									A				C	C	
G17	0,5	Ayarlanabilirlik	B						B					B	A	B	A	A	
G18	1	Kolay üretim				B		A	B	B			B			A			
G19	0,8	Geri dönüşüm											A			C	A		
G20	0,8	Mekanik tasarım		D				C	B		A			B	A	A	B		
G21	0,8	Kolay kurulum ve söküm	B	A							C				A	A	A		
G22	1	Kolay bakım	B							C								A	
G23	0,8	Üretim maliyeti												C			D		
Mutlak önem			35,35	60,35	38,1	23,25	28,4	45,65	25,9	50,7	40,02	24,7	56,9	33,4	44,4	57,15	74,3	85,21	
Göreceli önem %			4,88	8,34	5,26	3,22	3,93	6,31	3,57	7	5,52	3,41	7,87	4,62	6,13	7,9	10,27	11,77	



Şekil 3.12. Uçak temas körüğü tasarımı ölçütleri ve yüzdelik önemi

Yapılan çalışmalar sonucunda yukarıdaki grafikte de görüldüğü gibi, kullanılabilirlik, basitlik, ağırlık, emniyet ve insan-çevre uyumu böyle bir uçak temas körüğü tasarımı için üzerinde ağırlıkla durulması gereken konulardır.

QFD, müşteri ihtiyaçlarının ilişkili teknik parametrelere, ürün geliştirmenin her bir safhasında uygulanan dönüştürmeye dayalı bir sistematik yaklaşımdır. Sadece ürün performansını sağlamak ve geliştirmek değil aynı zamanda tasarlanan ve üretilen ürünlerin müşteri memnuniyeti ve belirtilmeyen arzularını karşılamayı da sağlamaktadır [14].

3.3. Havaalanı Yolcu Köprüsü Uçak Temas Körüğü Tasarımının TRIZ Yardımıyla Güçlendirilmesi

Tasarım sırasında karşılaşılan ihtiyaçlar arasındaki çelişkilere bağlı çözümü zor bazı problemleri çözmek için yaratıcı problem çözme teorisi TRIZ kullanılabilir [17]. Bu teori aynı zamanda mevcut sistemleri düzeltme / iyileştirme veya bunlara yaratıcı özgün çözümler bulmada da çok faydalı olabilir [18]. Birçok problemin çözümüne katkıda bulunan TRIZ hemen her alanda yaygın olarak kullanılabilir. TRIZ, problemi farklı birçok yoldan kafa karıştırarak çözmek yerine, sistematik adımlarla düzenli olarak çözmeye yardımcı olur. Bu bağlamda TRIZ ile tez kapsamında geliştirilecek sisteme ait özgün ve inovatif bulmaya çalışılacaktır. Bu amaçla önce problemler tanımlanacaktır;

- Havaalanlarında yer alan yolcu köprülerinin uçağa yanaşmasında kullanılan uçak temas körüklerinin hassas temas etmemesi sonucu kazalar olması

- Uçağa geçiş yapan yolcuların dış etkenlere karşı korunamaması
- Yolcu köprülerine tamamen entegre olan bir uçak temas körüğünün bulunamaması
- Uçak temas körüğünün her uçakla temasının sağlanamaması (incelenen ürün gamlarının havaalanlarına inen tüm uçaklarla tam temas kuramaması)

QFD ile müşteri isteklerinden elde edilen (dönüştürülen) tasarım parametreleri arası ilişki bir matrisle ortaya konur (Şekil 3.11). Bu TP arası çelişkiler, matriste “-“ ile gösterilir ve negatif ilişki anlamı taşır. Bu çelişkiler, TRIZ’in çelişki matrisi ve yaratıcı 40 prensibi kullanılarak çözülür. Çelişki matrisi ile çözüm; çelişkileri TRIZ mühendislik parametrelerine çevirme, bunları çelişki matrisinde kesiştirme, kesişen hücredeki yaratıcı çözüm prensiplerini bulma ve değerlendirme şeklinde işlem sürer. Sonuçta çözümü sağlayacak en uygunu yaratıcı prensip seçilir [31]. Tasarıma ait TP çelişkileri ve bunların TRIZ çelişkileri ve uygun TRIZ çözümleri Çizelge 3.4’te verilmiştir. Bu problemler göz önüne alındığında 'havaalanı yolcu köprüsü uçak temas körüğü' yeniliğine gidilecektir.

Çizelge 3.4. TRIZ teknik çelişkileri ve yaratıcı çözümleri [19]

	Teknik çelişkiler (parametre)	Teknik çelişkiler	Yaratıcı çözüm	Uygun çözüm	Problem no
1	Ağırlık-Dayanıklılık	1-15	5, 34, 31, 35	34, 31	P1
2	Ağırlık-Açılma için harcanan enerji	2-20	18, 19, 28, 1	28, 1	P2
3	Boyut ölçüleri-Kontrol Karmaşıklığı	7-36	26, 1	1	P3
4	Açılma açısı-Emniyet	10-27	3, 35, 13, 21	3	P4
5	Hız-Verimlilik	9-39	-	-	P5

P1 ile gösterilen 1-15 çelişkisi için sistem ağırlık artışına bağlı olarak dayanıklılık düşüşü için önerilen çözümlerden “atılan ya da değiştirilen parçalar” ile “gözenekli malzeme” ilkeleri kabul edilmiştir. Problem çözümü, “gereksiz parça kullanmaktan kaçınılmalı”, “gerekli olan parçaların kullanım yerine dikkat edilmeli” ve “iskelet yapıda maksimum dayanım/minimum malzeme seçimi” şeklinde olmalıdır. Burada boyut ölçülerinin artışı kontrol karmaşıklığını giderme çözümü "bölümleme" ilkesinin kullanımı uygun olabilir. Böylece tasarım bölümlere ayrılmış ve kolay kontrol edilebilir yapılardan oluşan bir formda tasarlanabilir. P4 problemi için "cismin her bir parçasını farklı ve kullanışlı duruma getirme" ilkesiyle çözüm bulunabilmektedir. Fonksiyonlara göre organizasyonel bölümleme yapılarak tasarım yapılabilir. P5 problemi için de matriste çözüm bulunamamıştır.

4. ŞEKİLLENDİRME TASARIMI VE AYRINTILI TASARIM

Şekillendirme tasarımı, tasarım işleminin bir diğer parçasıdır. Bu işlem adımı tasarım, temel çözüm veya kavramsal bir tasarımdan yola çıkarak, teknik ve ekonomik bilgilere dayalı, ayrıntılı tasarıma kadar sürer. Tasarım sürecinde genel oluşum tasarımı, parça biçim ve malzemeleri ile üretim işlemleri belirlenir, yardımcı fonksiyonlara çözümler sağlanır. Tasarım ölçekli çizimlerle daha somut bir yapıya bürünür ve bu birkaç farklı seçenek olarak oluşturulur [15].

Şekillendirme tasarımı, kavramsal tasarımdan farklı olarak, analiz ve sentezin sürekli değiştiği ve birbirini tamamlayan adımlar içerir. Böylece eş zamanlı birçok işlemin gerçekleşmesi zor, zaman alıcı ve karmaşık olabilir. Ayrıca parça tasarımı düzeltmeleri, tüm bir sistemde yan etkilere sebep olabilir. Bu sebeple şekillendirme tasarımında sabit bir plan yerine esnek olanı uygun olabilir. Şekillendirme tasarımı (konstrüksiyon) da nitelden nicele, soyuttan somuta ve kaba tasımlardan ayrıntılara doğru ilerler ve gelişir [14, 15].

Birçok işlemin eş zamanlı yapılması, tekrar edilmesi ve yapılan bir değişikliğin diğer alanları etkilemesi şekillendirme tasarımını zorlaştırır. Böylece katı bir plan yerine genel bir şekillendirme tasarımı yaklaşımı önerilebilir [14, 15].

Şekillendirme tasarımın adımları;

- Şekillendirmeye ait ihtiyaçlar (debi, akış yönü, hız, güç, korozyon direnci vb.) ile boyutsal sınırlayıcılar tayin edilir.
- Belirleyici ana fonksiyon taşıyıcıları ve ön konstrüksiyonlar geliştirilir.
- Bunlardan uygun olanları seçilir ve diğer ana fonksiyon taşıyıcılarına göre ön biçim tasarımları geliştirilir.
- Yardımcı fonksiyonlar için çözümler aranır, bu çözümler ana fonksiyon çözümleri ile uyumlu hale getirilir ve tüm çözüm tamamlanır.
- Konstrüksiyon optimize ve imalat dokümanları hazırlanır.

Tasarlanacak sistem havaalanı yolcu köprülerinde kullanılmaya uygun, mümkün olduğunca emniyetli, ergonomik ve kullanışlı bir ürün olmasına çalışılmış olup; her uçağa uyum sağlayacak bir temas körüğü geliştirilmesi amaçlanmıştır. Sistematik tasarım yaklaşımının

önemli aşamalarından biri olan kavramsal tasarım işlemi kullanılarak belirlenen sorunlara en doğru çözüm önerileri sunularak tasarım seçenekleri oluşturulmuştur. Kavramsal tasarım işlemi yapılarak en optimum ve doğru tasarım seçeneği belirlenmiştir. Bu işlemlere ek olarak kavramsal tasarım yaratıcı problem çözme tekniklerinden TRIZ ile güçlendirilmiş, sorunlara mantıklı çözümler getirilmeye çalışılmıştır.

Bu bölümde ise kavramsal tasarım aşamasında belirlenen ve kabaca gösterilen optimum çözüm seçeneklerini detaylandırma ve şekillendirilme işlemi yapılmıştır.

4.1. Gerekli Parametrelerin İncelenmesi ve Kontrolü

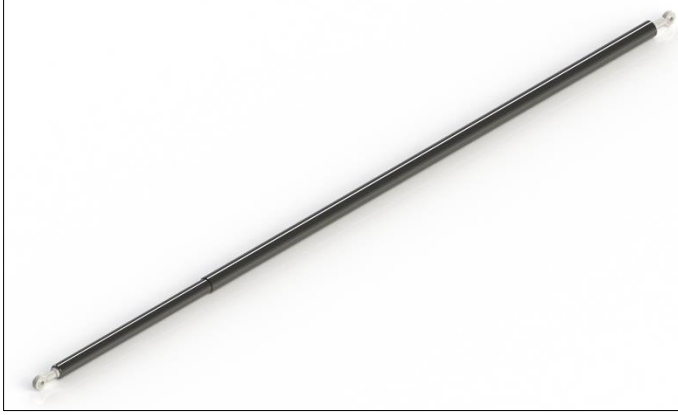
4.1.1. Uçak temas körüğü kontrol etme yöntemi

Sektördeki makinelerin otonom olması makine operatörlerinin yüklerini / yorulmalarını azaltılabilir ve böylece olası insan hataları en aza indirgeyebilir. Bir sistemi kullanan insanın motoru çalıştırmak için yapacağı bir hata operasyonda gecikmeye neden olabilir. Bunu engellemek için en basit çözüm PLC'yi kullanarak motoru otomatik başlatmak olacaktır. Tüm aritmetik ve mantıksal işlemlerin hepsi (zamanlama, sayma, karşılaştırma) burada ve PLC ile yapılabilir [20].

PLC'ler kolayca programlanabilir ve yaygın kullanılır. Daha eski bir yöntem olan devre kartı yerine PLC kullanımı uçak temas körüğünü programlama işlemlerini daha kolay ve basit hale getirebilir. PLC'ler son derece güvenilir ve bakımı kolaydır.

4.1.2. Gerginlik için enerji depolama

Gerginlik için enerji depolanmasında, hareketi daha esnek hale getirip sönümleme yapacağından dolayı gazlı piston tercih edilmiştir. Piston kolu içeri itildiğinde silindirdeki hacim azalır ve gaz sıkıştırılır. Bu şekilde piston kolunun çapına ve silindir hacmine bağlı olarak gazlı amortisörde kuvvet yükselir (ilerler) [21].



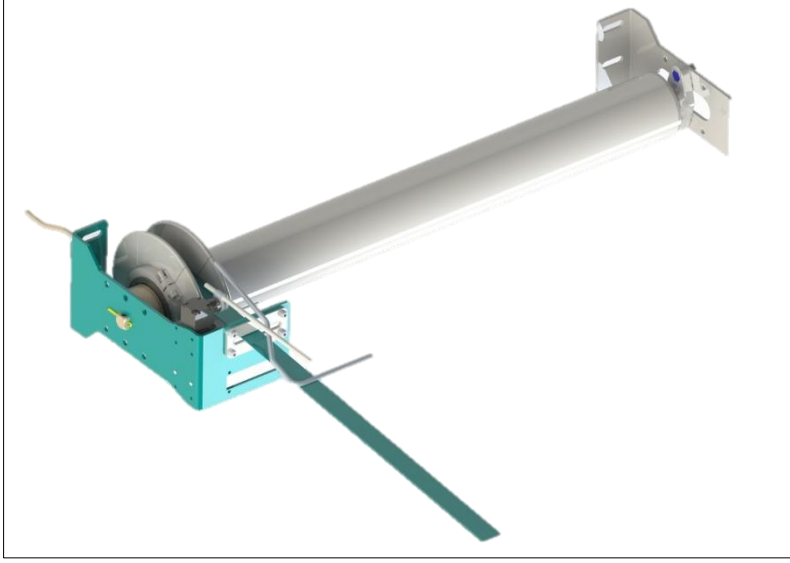
Şekil 4.1. Gazlı piston 3 boyutlu modellemesi

4.1.3. İleri ve geri hareket mekanizması

Uçak temas körükleri uçağın füzelay bölgesine doğru hareketini elektrik motoru ile gerçekleştirir. Geleneksel yöntem olarak kullanılan lineer aktüatörün uygun olduğu mekanizma sayısı elektrik motorundan daha azdır. Ayrıca elektrik motorunun tasarım üzerindeki en önemli avantajı da havalimanında herhangi bir arıza anında uçak temas körüğü manuel olarak saha çalışanları yardımıyla uçaktan uzaklaştırılabilir. Lineer aktüatörün kullanımında uçak temas körüğü kilitlenir, arıza giderilene kadar körük uçakla temasını kesmez. Bu da havayolu şirketlerinin istemediği bir durumdur.

Uçak temas körüğünün sağ ve sol tarafı birbirinden bağımsız olarak motorlar ile tahrik edilmektedir. Böylece uçakla temas körüğü arasında kalan açık hava optimum seviyede kapatılmış olur. Ayrıca uçak temas körüğünün sağ ve sol ucunda birer adet fotosel bulunmaktadır. Sol taraf üzerindeki sensor sol motoru ve sağ taraf üzerindeki sensor de sağ motoru durdurmaktadır. Elektrik motorları aynı anda veya bağımsız olarak çalıştırılabilir.

Bu işlemler tersine uygulanarak da geri hareket mekanizması çalıştırılmış olur.



Şekil 4.2. Motor ve kayış sistemi

4.1.4. Kumaş seçimi

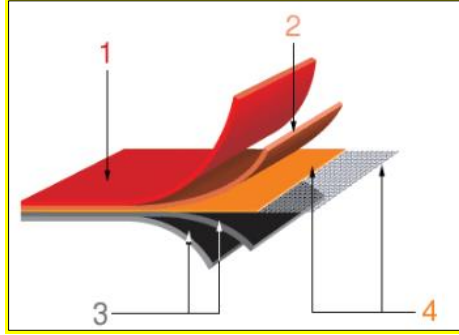
Yapılacak tasarımda en önemli kriterlerden biri de kumaştır. Kumaş, şartları belli olmayan (soğuk ya da sıcak, rüzgarlı ya da yağmurlu ve benzer şartlarda) her havaalanına uyum sağlamalı ve aşınmaya, yırtılmaya dayanıklı olmalıdır. Ayrıca seçilecek olan kumaş NFPA415 (Havaalanı Terminal Binası Standardı) standardına uygun olmalıdır. Bu standardın amacı, havaalanı terminal komplekslerinde yangının meydana getirebileceği can ve mal kayıplarını korumaktır. Mevcut bilgiler ışığında bu bölümde ürün gamları incelemesi baz alınarak kullanılabilir en uygun kumaş çeşitleri incelenmiştir.

Hypalon (CSM) kumaş

Hypalon gibi CSM türü lastikler çeşitli kimyasallara, aşırı sıcaklıklara ve morötesi ışınlar karşı son derece dayanıklı olması ile bilinir ve şişme bot imalatında çok kullanılmaktadır. Bu kumaşların sadece en dış katmanları CSM temelli olup farklı katmanlarda farklı malzemeleri içermektedirler [22].

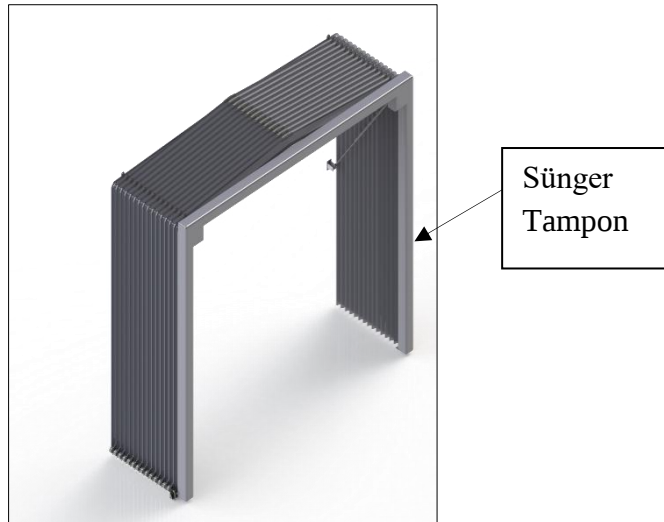
Su, oksijen, ozon ve çoğu kimyasal maddeye karşı mükemmel direnç, sürtünmeye karşı direnç, hava şartlarına karşı direnç, yüksek mukavemet, morötesi (UV) ışınlar karşı direnç, yüksek sıcaklıklara karşı direnç, petrol türevlerine karşı direnç, esneklik ve iyi yapışabilir olması CSM'nin temel özellikleri arasında gösterilmektedir.

Hypalon kumaşlar birden fazla katmanın bir araya getirilmesiyle imal edilir. Azami hava geçirmezlik ve dayanıklılık özelliklerine ulaşabilmek ancak bu şekilde mümkün olmaktadır. Örneğin CSM (hypalon) temelli bir kumaş asgari beş katmandan meydana gelebilmektedir. Bu beş katmanından sadece en dış katman CSM (Hypalon) dan oluşur. İç katmanlarda ise neopren ve kord katmanı kullanılır (Şekil 4.3) [23].



Şekil 4.3. CSM (Hypalon) temelli kumaşın yapısı: 1) CSM (Hypalon) Dış Katman, 2) Neopren ara yapışma katmanı, 3) Neopren iç katmanlar, 4) Kord bezi) [23]

Uçak temas körüğünde uçağa temas eden sünger tampon en önemli bileşen olan uçağa temas edeceği için hypalon kumaştan üretilecektir. Her tür hava şartlarına dayanan bu kumaş ile uçaklar herhangi bir olumsuz durumdan etkilenmeyecektir. Hypalon kumaşın maliyeti yüksek olduğu için yalnızca uçağa birebir temas eden tampon kısmında kullanılacaktır.



Şekil 4.4. Hypalon kumaş kullanılacak sünger tampon

Silikon kaplamalı kumaş

Silikon kaplamalı kumaşlar, yüksek mukavemet, alev engelleme, yüksek sıcaklık direnci, kimyasal direnç, delinme direnci, zehirsiz olması ve benzer birçok avantajlara sahiptir [35]. Uçak temas körüğünün yan duvarları ve tavan kısmı bu kumaştan olacaktır. Hypalon kumaşla benzer özellikler göstermesi ile beraber aynı zamanda da daha az maliyetlidirler. NFPA 415 standardına uygun olan bu kumaş çeşidi, istediğimiz sıcaklık aralıklarına da (+80 °C ~ -40 °C) uygundur.

4.1.5. Uçak temas körüğü kontrol paneli ergonomik testler

Ergonomi, çalışma ortamının olumsuzluklarını barındıran koşulların ortadan kaldırmasına yönelik bir bakış açısına sahiptir. Çalışma ortamının insanın fizyolojik ve psikolojik yapısına uygun olarak düzenlenmesi esastır.

Kumanda kontrol paneli kabinin sol ön kısmına yerleştirilmiştir. Böylece operatör iyi bir görüş açısına sahip olacaktır. Bu da operatörlerin işini daha kolay hale getirir. Kontrol konsolu kabinin solunda ve operatör yerinin önünde bulunur, kapı kapalı olsa bile, yerleştirme alanının tam bir görünümünü sağlar.



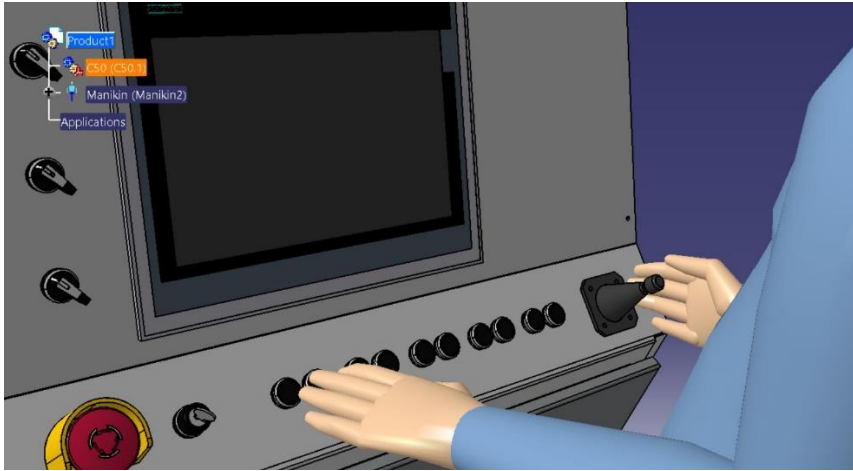
Şekil 4.5. Kontrol paneli

RULA analizi

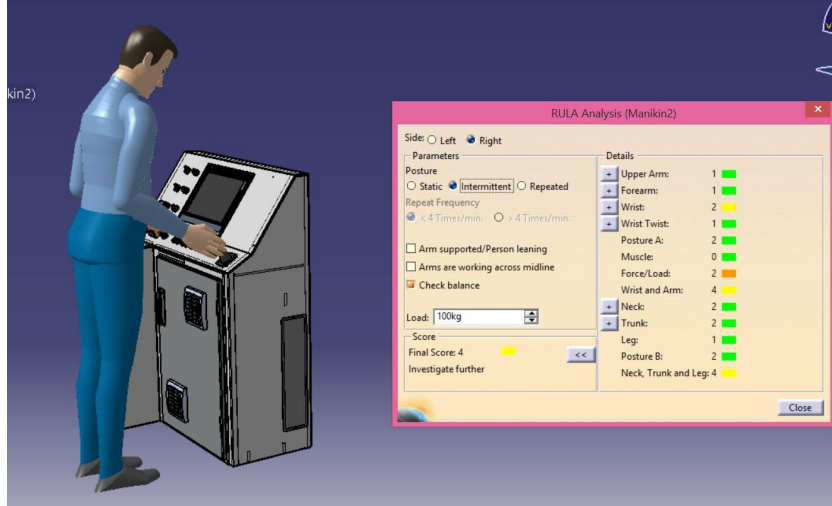
Rula Analizi, Birleşik Krallıklar, Nottingham Üniversitesinden McAtamney ve Corlett tarafından tasarlanmış ve ilk defa 1993`te yayımlanmıştır [33].

RULA, bir işçinin üst uzuvlarındaki baskıları hızlı bir şekilde analiz etmeyi desteklemek için tasarlanmıştır. Vücudun üstündeki baskıların fazla, kalanındaki baskıların yani sırt, bel ve bacaklardaki yükün nispeten daha az olduğu işlerden kaynaklanan kas iskelet sistemi hastalığı risklerini nesnel bir şekilde ölçmeyi sağlar.

RULA, öncelikle üst uzuvları (el, el bileği, dirsek, omuz) değerlendirmekle beraber gövdenin duruşunun değerlendirilmesi ile az da olsa boynu ve beli de değerlendirir. RULA, genellikle işçinin pek fazla hareket etmeden oturarak yaptığı işler gibi öncelikle üst uzuvlarını kullandığı işleri değerlendirmek için kullanılabilir [34]. Rula Analizi, CATIAV5 programının ergonomi modülü ile yapılmıştır.



Şekil 4.6. CATIAV5 ile operator elini kontrol paneli üzerinde konumlandırma



Şekil 4.7. RULA Analizi sonuçları. (EK-1’de detaylandırılmıştır)

Analizi yapılan kontrol panelinin ergonomik olarak operatöre zararı olacak pozisyonu olmadığı tespit edilmiştir. Böylelikle uçak temas körüğünü çalıştıracak operatör tasarım güncellemeleri ve ergonomik analizleri yapılan kontrol panelini kullanacaktır.

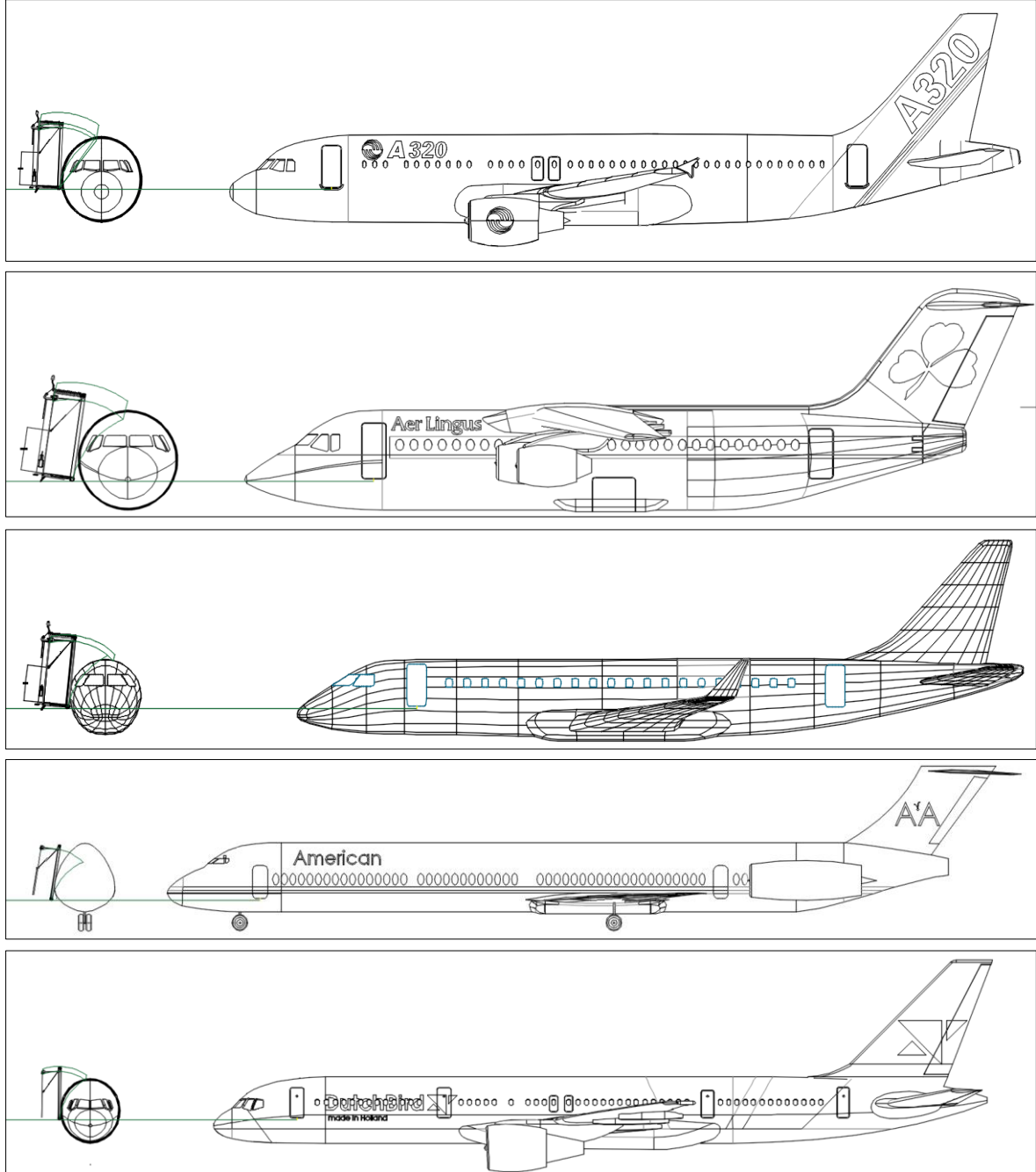
4.2. Tasarımın Kaba Çizimi ve Hesaplamalar

Kavramsal tasarım sonucu nihai tasarım artıları ile oluşmaya başlamış ve soyut bir tasarım meydana gelmiştir. Şekillendirme tasarımı aşamasında ise bu soyut kavram geliştirilerek üretilebilir bir tasarıma dönüştürülmüştür. Bu bölümde işlevsellik, maliyet, emniyet ve ergonomi kriterlerine göre detaylı ele alınmıştır.

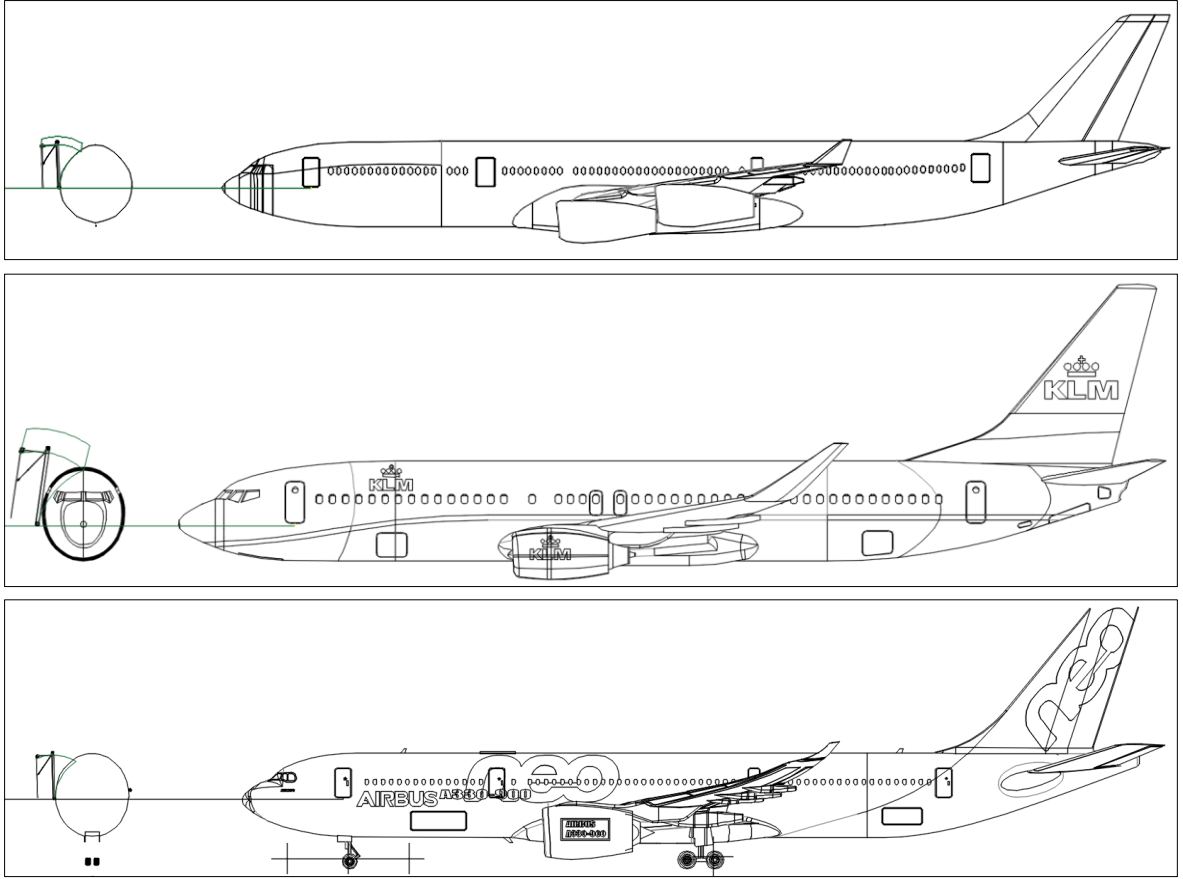
Şekillendirme tasarım işlemine öncelikle havaalanlarına iniş yapan uçakların kesitleri alınarak başlanmıştır. Böylelikle uçak kesitlerinden füzelaaj yüzeyleri belirlenmiş, tasarımı yapılacak olan uçak temas körüğünün temas edeceği yüzeyler ve kaba çizimi ortaya çıkmıştır. Arkasından tüm uçakların füzelaaj yüzeylerine uygun mekanizma tasarımı yapılmıştır. Böylece mekanizma yapısı ortaya çıkmıştır. Son olarak yapılan optimizasyon ve analizler ile alt fonksiyonları oluşturan bileşenlerin nihai şekillerine karar verilmiştir. Hemen hemen tüm uçak marka ve türlerinin 3 boyutlu modelleri incelenmiş ve kesit alınarak füzelaaj yüzeyleri ortaya çıkartılmıştır.

4.2.1. Uçak füzelayı yüzeylerine göre gazlı piston hesaplaması

Havaalanlarına iniş yapan uçakların hangi sıklıkla indiğine göre analiz yapıp, en çok kullanılan uçakların füzelayı yüzeylerine göre piston belirlenmiştir.



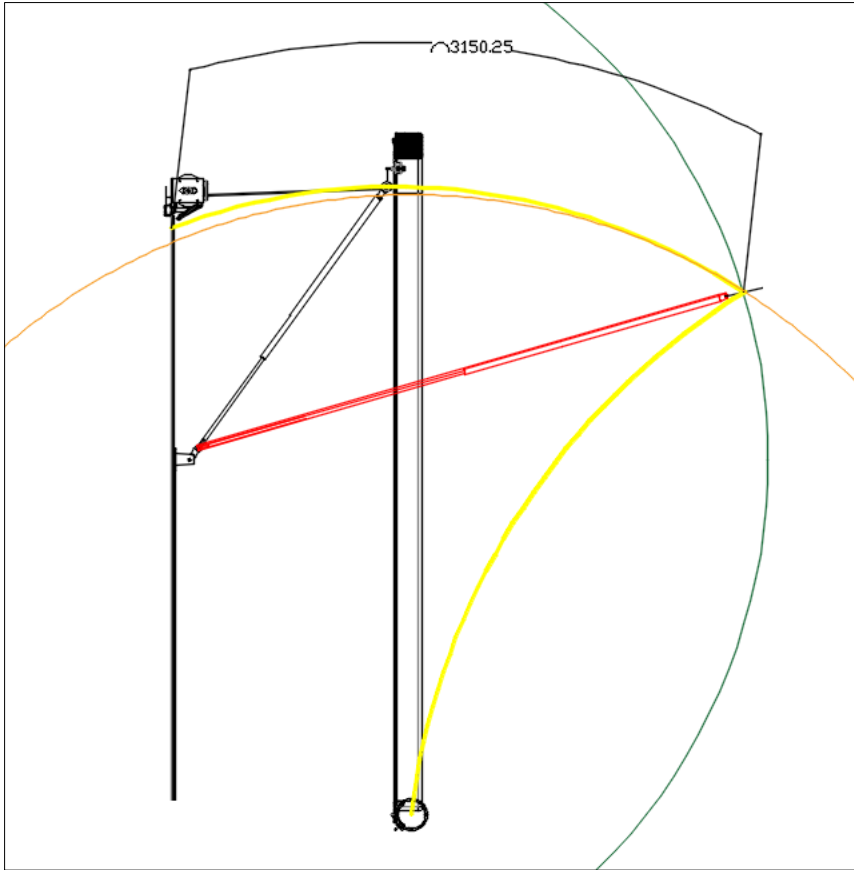
Şekil 4.8. Kesiti alınan uçaklardan bazılarının (A320, BAE146, Embraer170, MD90, Boeing757, A340-300, Boeing737, A330-900) uçak temas körüğü ile teması



Şekil 4.8. (devam) Kesiti alınan uçaklardan bazılarının (A320, BAE146, Embraer170, MD90, Boeing757, A340-300, Boeing737, A330-900) uçak temas körüğü ile teması

Şekil 4.8’de gösterilen uçakların biniş kapılarından alınan kesitlere uygun piston yardımıyla istenilen eğride açılan uçak temas körükleri denenmiştir. Havaalanlarına inen neredeyse tüm uçakların kullanılan kapıları kesit alınmış, böylelikle uygun füzelaaj eğrisi bulunmuştur. Bu eğrilerin maksimum ve minimum açıklıkları çizimde ortaya çıkmış olup, bu eğrileri sağlayacak piston açıklığı çizimle hesaplanmıştır. Yolcu köprüsünün uçağa yanaşma eğim açıları uçaktan uçağa değiştiği için gerekli belgelerden alınan açılar ile körüğün uçağa yaklaşımı yapılmıştır.

Uçak temas körüğünde 16 çıta ve 15 branda aralığı vardır. Çıtalar arası branda aralığı körük açıldığında 200 mm olmaktadır. Füzelaaj yüzeylerinin kesitleri sonucunda piston boyu kapalı haldeyken 1540 mm, hareket aralığı miktarı (stroke) ise 1100 gelmiştir. Bu piston eğrisi yaklaşık olarak 3100 mm’lik bir yayı taramaktadır. Bu miktar da havaalanlarındaki uçaklara yaklaşma için uygundur.



Şekil 4.9. Gerekli eğrilerin kesişimi ile piston uzunluğu çıkarılması

4.2.2. Motor seçimi ve motor kapağının tasarımı

Kavramsal tasarım yardımıyla uygun olarak belirlenen motor kayış sistemi, motorun kayışı serbest bırakarak uçak temas körüğünün uçağa doğru ilerlemesini ve geri çekerken kayışı makaraya sarıp körüğü geri çekme prensibiyle ilerlemektedir. Havalimanlarındaki karmaşanın yanı sıra düz ve basit bir yolla uçağa sorunsuz temas edebilen bu sistem, birçok kolaylığı da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle doğru motoru seçebilmek için bir takım motor hesapları yapılmıştır.

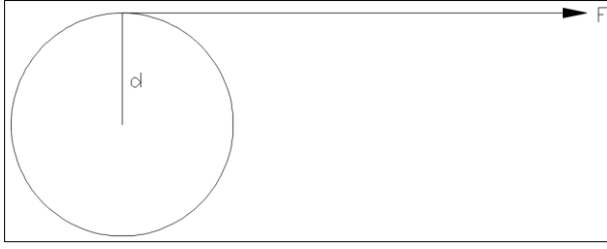
Motor gücü hesaplama:

$$P(kW) = \frac{T(Nm) \times N(dev/dak)}{9550}$$

P: Güç, **T:** Tork, **N:** Devir Sayısı

$$T = F \times d$$

F: Kuvvet, **d:** yarıçap



Şekil 4.10. Kayışın sarılacağı kasnağın şema ile gösterilmesi

$$T = (175 \times 9,81) \times (0,0625)$$

d: 0,0625 metre, **m:** 175 kg, yer çekimi ivmesi 9,81 olarak kabul edilmiştir

$$T = 107,3 \text{ Nm}$$

Kayış uçak temas körüğü kapalı iken 900 mm, açık iken 3050 mm'dir. Kayışın toplanma miktarı yaklaşık 2150 mm olacaktır. Kayışın kasnak üzerine sarımından dolayı, her bir turda yarıçap kayışın kalınlığı kadar artacaktır. 1 turdaki kayış toplama miktarı kasnağın çevresine eşittir.

Kayış kalınlığı: 1,2 mm

$$1. \text{ tur: } 2\pi d = 2\pi(0,0625) = 0,392 \text{ m}$$

$$2. \text{ tur: } 2\pi d = 2\pi(0,0637) = 0,400 \text{ m}$$

$$3. \text{ tur: } 2\pi d = 2\pi(0,0649) = 0,407 \text{ m}$$

$$4. \text{ tur: } 2\pi d = 2\pi(0,0661) = 0,415 \text{ m}$$

$$5. \text{ tur: } 2\pi d = 2\pi(0,0673) = 0,422 \text{ m}$$

$$6. \text{ tur: } 2\pi d = 2\pi(0,0181) = 0,114 \text{ m}$$

(6. tur tamamlanmamaktadır.)

$$\text{Toplanan kayış miktarı} = 2,15 \text{ m}$$

Motor seçimi araştırması yapılırken tasarım için kullanılacak motor araştırmasında devir sayısı seçiminde 2 seçenek olduğu görülmüştür. Bu seçenekler arasından uygun olan 18 dev/dk olacaktır. Böylelikle 18 dev/ dk paralelinde seçilecek motorun gücü de daha fazla olacaktır. Bu da bizim için istenilen bir özelliktir.

1 dakikada 18 tur atabilecek motorlar göz önünde bulundurulacaktır. Bu değer "P" formülündeki N'ye karşılık gelmektedir.

$$P(kW) = \frac{107,3(Nm) \times 18(dev/dk)}{9550} = 0,2 kW$$

Yüzde 86 verimle çalışan elektrik motorundan 0,2 kW'lık gücü alabilmemiz için;

$$0,23 kW = 0,2 / 0,86$$

0,23 kW'lık bir motor seçimi yapmamız uygun olacaktır.

Mekanizmada kullanılan motor 18 dev/dk ile dönmekte ve yarıçapı 125 mm olan kasnağı tahrik etmektedir. Kasnak üzerine sarılan halat uçak temas körüğü sistemine bağlı olup açılıp kapanmayı kontrol etmektedir.

Yukarda görüldüğü gibi tasarımda uçak temas körüğü kapalı durumdayken halat boyu 900 mm'dir. Uçak temas körüğü tam açıldığında ise piston ölçüsü 2638 mm, halat boyu ise 3050 mm olmaktadır.

Mevcut durumda;

- Kasnak çevresi: $A = 2\pi r = 2 \times \pi \times 62,5 mm = 392,7 \frac{mm}{dev}$ (Ç) (Kasnak bir devir döndüğü zaman sarılan/boşaltılan miktar)
- Açık ip boyu: 3050 mm (A)
- Kapalı ip boyu: 900 mm (K)
- Mekanizmanın açılması için gerekli ip boyu:

$$X = K - A = 3050 - 900 = 2150 mm (X)$$

Kasnak bir devirde 392,7 mm'lik ip sarmakta ve sistemin tamamen açılıp kapanması için 2150 mm'lik ip sarılması gerekmektedir. Dolayısıyla sistemin açılması için gereken devir sayısı tasarımsal veriler kullanılarak $X/\text{Ç}$ işlemi yapıp bulunabilir.

$$\frac{X}{\text{Ç}} = \frac{2150}{392,7} = 5,47 devir$$

(Sistemin açılması için motorun dönmesi gereken devir sayısı)

Sistemi tahrik eden elektrik motoru 18 dev/dk hızında dönmektedir. Sistemin açılması için gereken devir sayısı 5,47'dir. Bu veriler kullanılarak sistemin açılması veya kapanması için gerekli süre hesaplanabilir.

$$D(\text{motor}) = 18 \text{ dev/dk}$$

$$T(\text{süre}) = \frac{5,47}{18} = 0,3038 \text{ dakika} = 19 \text{ saniye}$$

Sistem toplamda yaklaşık 38 saniyelik bir sürede açılma ve kapanma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu süre yaklaşık olarak bulunmuştur. Gerçek ortamda bazı parametrelerin sonucunda ± 3 saniye tolerans vardır.

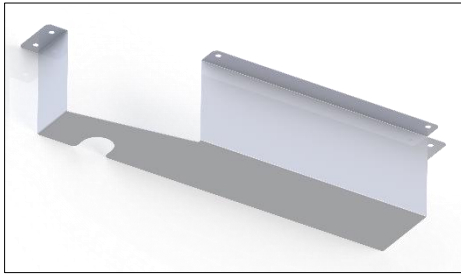
Sistemin açıldığında ise uçak temas körüğü alt kolu 34,95 derecelik bir açı taramaktadır. Sistemin açılma süresi hesaplamalar sonucu 19 saniye bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak uçak temas körüğü alt kolunun açılma hızı şu şekilde hesaplanabilir:

$$W = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = 47,75/19 = 2,513 \text{ derece/sn}$$

Tasarımda işlevselliği önemseydiğimiz kadar estetiğe de önem vermekteyiz. Motorun kabin girişinde bulunması (Şekil 4.11), yolcuların görüş mesafesinde olması ve uçağın yavaşlamasını beklerken hava şartlarına maruz kalması sebebiyle bir kapak tasarlanarak kapatılmıştır. Bu kapak Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Hem koruma odaklı hem de estetiğe önem veren bir tasarım düşünülmüştür. Bu tasarım yapılırken motorun bağlandığı kabin sacı da göz önünde bulundurularak çarpma olmamasına dikkat edilmiştir.



Şekil 4.11. Motor ve kapağının kabin üzerinde gösterilmesi (yeşil bölge)



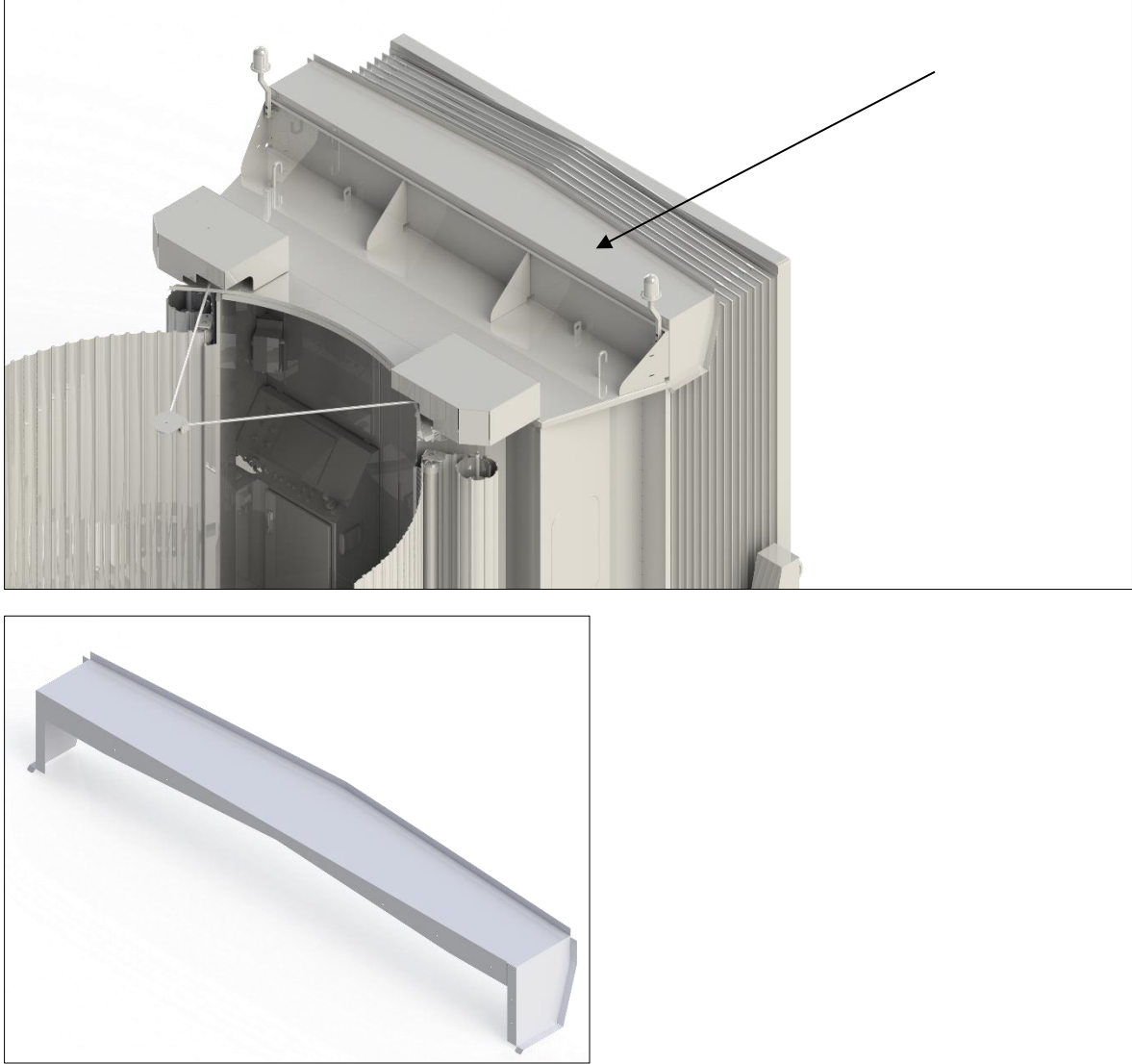
Şekil 4.12. Motor kapağı

4.2.3. Sızdırmazlık için ek tasarım

Havaalanlarında uçaklar kadar önemli sayılan bir diğer bileşen de yolculardır. Yolcuların terminalden uçağa geçişlerinde kullandıkları yolcu köprülerinin uçağa temas ettiği uçak temas köprüğü yolcuların uçağa geçerken bulundukları son noktadır.

Uçak temas köprüğünün sızdırmaz olması, yolcuların uçağa geçerken hava şartlarından etkilenmemesi için oldukça önemlidir. Ayrıca yolcu köprüsü uçağın yanaşmasını beklerken yağmur ya da kar yağması gibi hava şartları söz konusu olmaktadır. Aynı yerde sürekli bekleyen uçak temas köprüğünün girintili çıkıntılı yapısı nedeniyle suyu akıtmadan üzerinde bekletmektedir. Bundan dolayı tasarım yapılırken kullanılan kumaşın standartlara uygunluğunun yanı sıra ek önlemler de alınması gerektiği öngörülmüştür.

Uçak temas körüğü üzerine olumsuz hava şartlarından koruyacak ve üzerinde yağmur kanalları olan bir ek tasarım düşünülmüştür. Bu tasarım Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Böylelikle bekleme anında kumaş üzerinde su birikmeyecek ve kanallar yardımıyla aşağı akıtılacaktır.

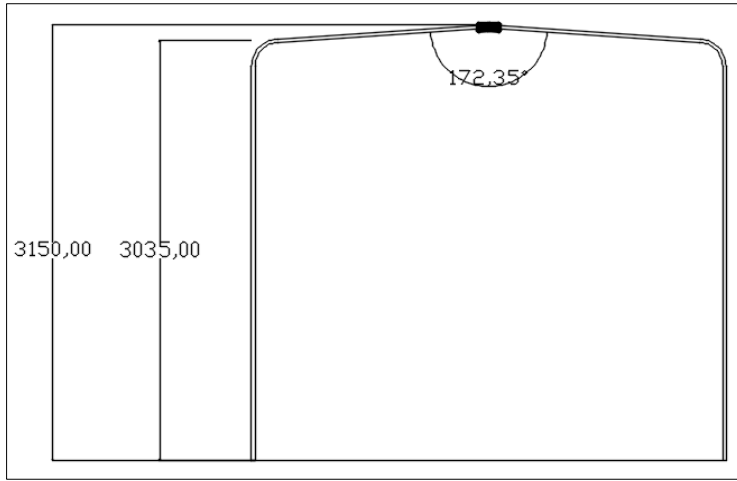


Şekil 4.13. Sızdırmazlık için ek tasarım

4.2.4. Çıta tasarımı, malzeme seçimi ve buckling analizi

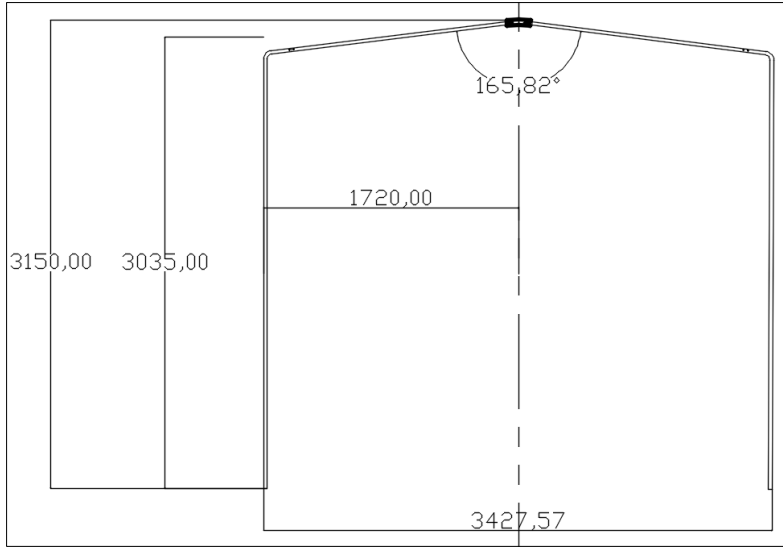
Uçak temas körüğü tasarımında, uçağın füzelaj yüzeyine temas eden brandanın kolay ve istenilen geometride hareket edebilmesi için brandalara belli aralıklarla çıtalar yerleştirilecektir.

Rakip ürünlerin çatıları incelendiğinde bazı eksiklikler göze çarpmaktadır. Şekil 4.14’de gösterilen çatılar arası açı $172,35^\circ$ ’dir. Havaalanlarında yağmur yağdığı zaman uçak temas körükleri üzerinde biriken yağmur suyu istenmeyen bir durumdur. Yaklaşık 8 derecelik açı da yağmur suyunun körük üzerinden akıp gitmesine izin vermemektedir. Geniş eğim sayesinde, yağmur ve kar, mümkün olduğunca hızlı akıp gidecektir. Gerekli araştırmalar sonucu evlerin çatıları da göz önünde bulundurularak optimum eğim açısı 9-20 derece olarak belirlenmiştir. Ayrıca eksiklerden biri de çatıların tek parça halinde üretilmesidir. Bu durum kumaş çatılara sarılırken dezavantaj olarak önümüze çıkacaktır. Bu yüzden çatı iki parçalı olarak tasarlanacaktır.

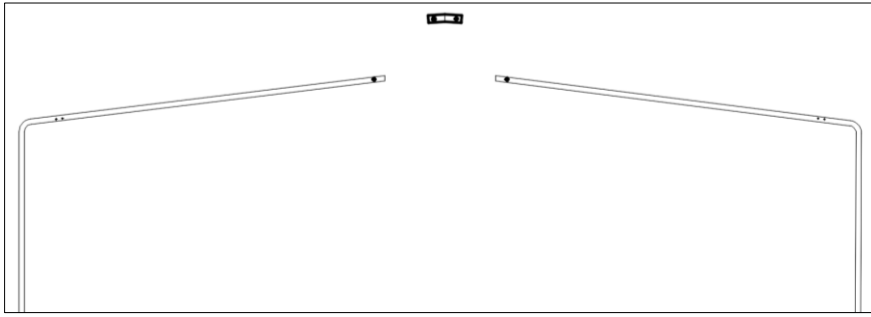


Şekil 4.14. Rakip ürünün çatı ölçüleri

Çıta tasarımı havaalanı yolcu köprüsü genişlik ve yükseklik ölçüleri baz alınarak çıkarılmıştır. Şekil 4.15’te gösterilen çatı yeni tasarıma ait 2 boyutlu çizimdir. Açı $165,82^\circ$ derecedir. Böylelikle yağmur ve kar durumları için verilen optimum eğim açısı aralığında tasarım olmuştur. Ayrıca çatı iki parçalıdır (Şekil 4.16). Bir bağlantı elemanı ile da iki çatı birbirine sabitlenip istenen komponent elde edilecektir. Çatıların köşe kavisleri imalat sürecini zora sokmayacak şekilde düşünülmüştür.



Şekil 4.15. Uçak temas körüğü çıta gösterimi



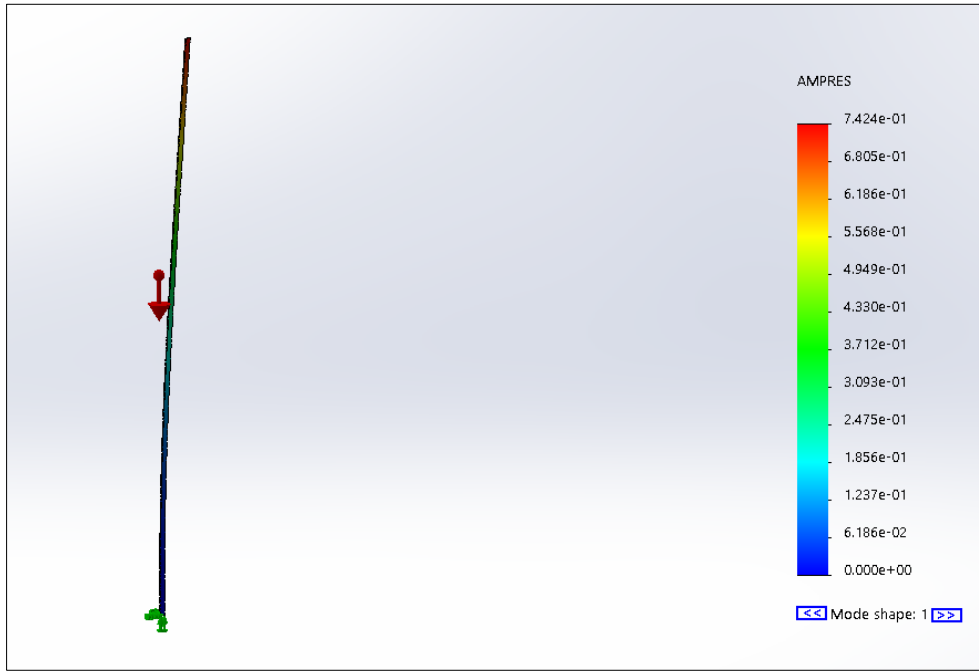
Şekil 4.16. Uçak temas körüğü çıta bağlantı gösterimi

Buckling analizi

Eksenleri boyunca basma kuvvetine maruz ince, uzun ve doğru eksenli elemanlara kolon adı verilir. Bir kolon eksen doğrultusunda yüklendiğinde kolon yanal şekil değiştirmeye başlarsa bu şekil değişme sürekli olarak artar ve bu değişme sonucunda ciddi hasarlara oluşabilir. Buna neden olan mekanizma malzemenin akma noktasının geçilmiş olması değil, sistemin kararlı denge koşullarından kararsız hale geçmesidir. Bundan kaynaklı olarak herhangi bir elemanın taşıyabileceği maksimum yük hesaplanırken malzemenin mukavemeti yanında cismin rijitliği ve yapısal kararlılığı da göz önünde bulundurulmalıdır [29].

Ekseninden baskıya zorlanan bir cismin kesitinin boyuna oranı küçük ise bu sütunda burkulma oluşabilir. Burkulmanın meydana geldiği yük, yapının dayanımına değil, rijitliğine (stiffness) bağlıdır. Bu olay bir stabilite problemi [30].

Çıta, uçak temas körüğünün hareketini sağlayan önemli yapılardan biridir. Körüğün uçak füzelaj yüzeyine uyumu brandanın esnekliği sayesinde olmaktadır. Brandayı yöneten ana parça ise çıtalardır. Bu nedenle çıtaların kesit-uzunluk oranının analiz edilmesi gerekmektedir. Kendi ağırlığının çıta üzerindeki ani deformasyon etkisini görmek ve burkulmadan nasıl etkilendiği çözümlemesini test etmek için buckling analizi yapılmıştır. Aynı zamanda kullanılacak alüminyum malzemenin doğruluğu, doğru ise dayanıklılığı da test edilecektir.



Şekil 4.17. Çıta buckling analizi

Model name: C70-504
 Study name: Buckling 1(-Varsayılan-)
 Plot type: Buckling Amplitude1
 Mode Shape : 1 Load Factor = 3.1481
 Deformation scale: 0.401674

Şekil 4.18. Solidworks 2018 programında yapılan buckling analizi verileri

Analiz sonucunda yük faktörü (load factor) 3,14 çıkmıştır. Burkulma yük faktörü 1'den büyük ise bu burkulma olmadığı anlamına gelmektedir. Uygulanan yükler tahmini kritik yüklerden azdır, bu nedenle bükülme beklenmemektedir. Çıta üzerine kendi ağırlığı kadar yük uygulandığını göz önünde bulundurursak, kendi ağırlığı çarpı 3,14'ten yapı, kendi

ağırlığının yaklaşık 3 katı kadar ağırlığı taşıyabilecek durumdadır. Böylelikle seçilen malzemenin uygun olduğu görülmüştür. Sonuç detayları EK-2’de gösterilmiştir.

6063 T5 alüminyum malzeme

Çıta için korozyon dayanımı yüksek, kaynak kabiliyeti çok iyi, yorulma dayanımı yüksek, T4 ısıtıl işlem formunda iyi soğuk şekillenebilir özelliğine sahip alüminyum malzeme araştırması yapılmıştır [31]. Böylece beşinci dereceden temperlenmiş 6063 alüminyum malzemenin olumsuz durumları tolere edeceği görülmüştür.

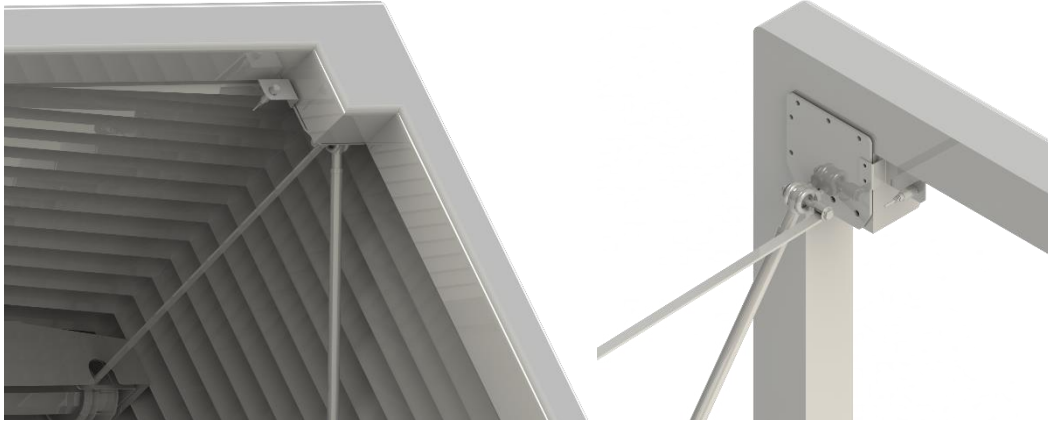
Çizelge 4.1. 6063 Alüminyum malzeme mekanik özellikleri [31]

Temper	Akma Mukavemeti (Mpa) Min-Max	Çekme Mukavemeti (Mpa) Min-Max	Uzama (%50) Min-Max	Sertlik (Brinel) Min-Max
0	50	100	26	25
T1	90	150	24	45
T4	90	160	21	50
T5	110-175	150-215	12	60
T6	170-210	205-245	12	75
T8	240	260	9	80

4.2.5. Uçak temas körüğü sensörü

Uçak temas körüğü, kontrol panelinden ilgili butonlara basılıp açılma işlemi başladığında uçağa doğru hareket eder. Uçağa yaklaştığını algılayan ve motora dur komutunu verecek bir sensör ihtiyacı vardır. Bu sensör sayesinde uçağa yaklaşan uçak temas körüğü uçağı algıladığında yavaşlayarak durur.

Uçak temas körüğünde bağımsız iki motor vardır. Bu motorlar tek butonla kontrol edilir (sağ ve sol tek butonla idare edilir). İki motor birbirinden bağımsız çalışır. Uçak temas körüğü motorlarının içerisinde dahili limit switchler vardır. En ileri veya en geriye gelince kendi kendine durur. Uçak temas körüğünün fazla germe hareketi yapıp kopmaması için limit swithler daha önceden belirlenen mesafelere gelince uçak temas körüğü hareketini durdurur. Uçak temas körük uçlarındaki sensörler uçağa temas ettiği zaman ilgili motorun ileri hareketini durdurur. Uçağı önce algılayan motor durur. Butona basılmaya devam edildikçe diğer uç uçağı algılayıp durana kadar hareket devam eder.



Şekil 4.19. Uçak temas körüğü sensör braketi

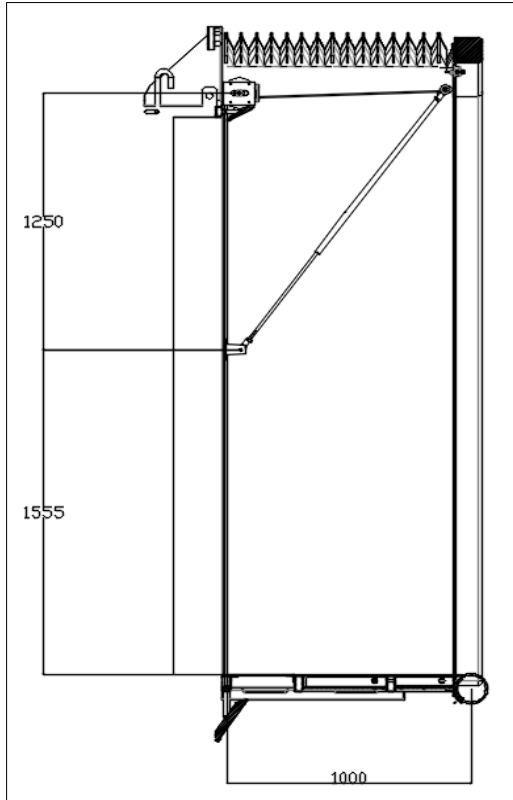
Sensörlerin aynı konum ve pozisyonda hareketsiz durması için bir braket tasarımı yapılmıştır. Aynı zamanda bu braket hem sensörleri, hem motora sarılarak gelen kayışı hem de gazlı pistonu montajlayacak şekilde tasarlanmıştır.

4.3. Sistemin Matematiksel Modellemesi ve Kinematik Analizi

Kinematik analiz, mevcut mekanizmanın konum, hız ve ivme gibi kinematik parametrelerin elde edilmesidir. Kinematik analiz mekanizmaların dinamik analizi için ilk basamak teşkil ettiği gibi, mekanizmaların sentezi için de temel teşkil eder [32].

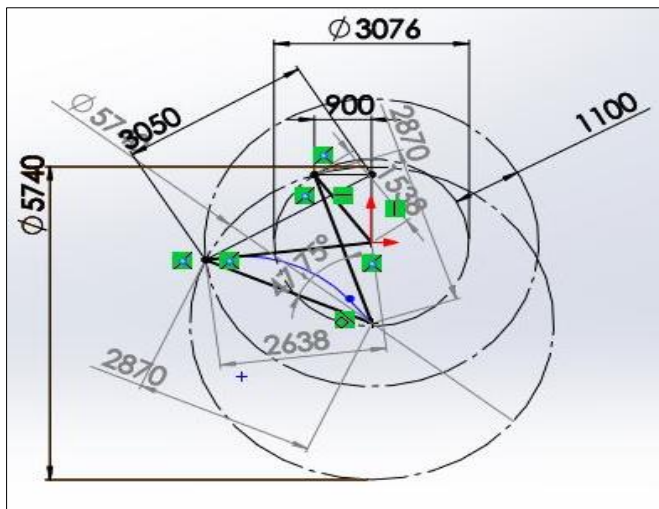
Bu bölümde, sistem tasarımı, (1) motor, (2) halat ve (3) gazlı piston olmak üzere üç ana parçadan oluşmaktadır. TRIZ uygulamasının çıktılarından olan basitleştirme metodu ile sistem bu üç ana parçadan oluşacak şekilde düzenlenmiştir.

Platformun taşıyacağı en fazla yük miktarı olan 175 kg'a kadar uçak temas körüğü sisteminin düzenli ve emniyetli çalışabilmesi gerekmektedir. Sistem boyut sınırları içerisinde en uygun kaba tasarım yapılmış ve bu ürün üzerinde yoğunlaşmıştır. Ürünün teknik ölçüleri ile teknik verileri Şekil 4.15'de verilmiştir.



Şekil 4.20. Sistem tasarımı kaba teknik ölçüleri

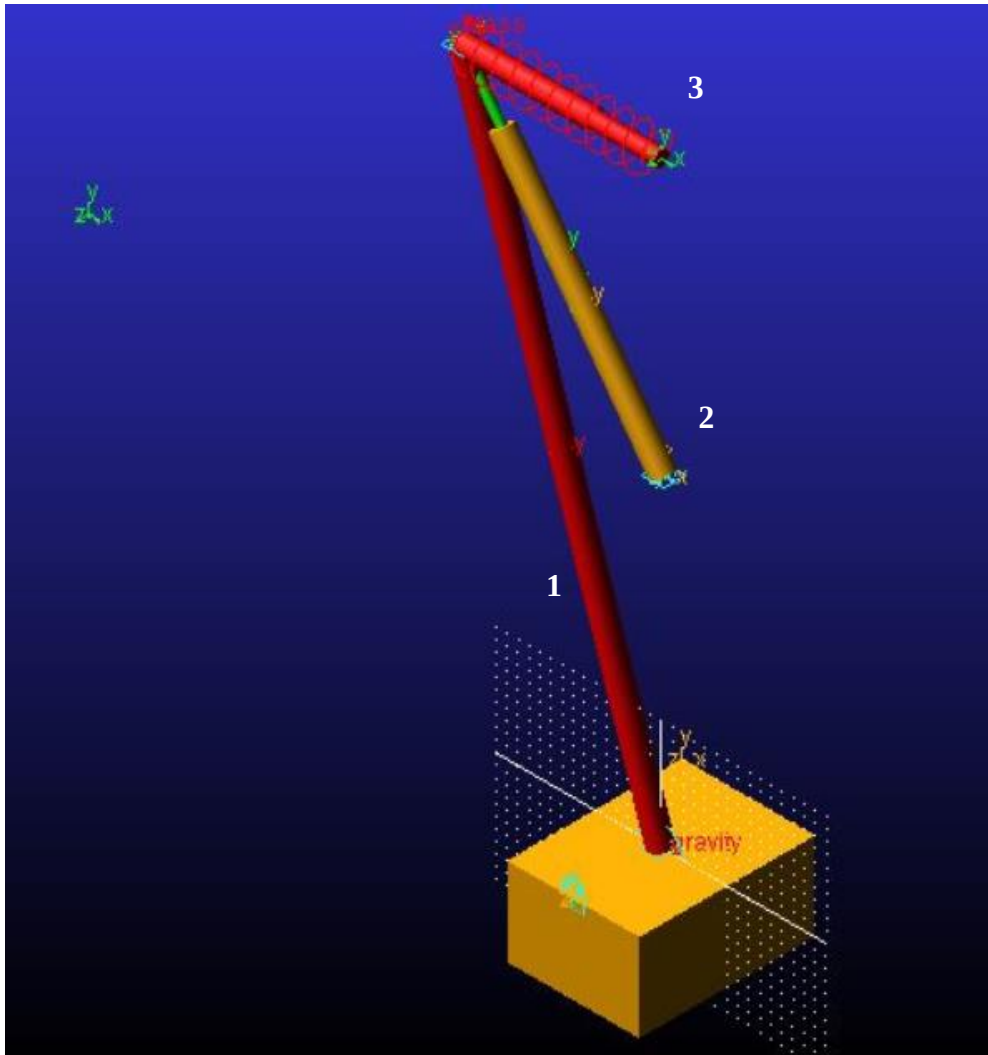
Simulasyon modellemesi aşamasına geçmeden önce bir ölçü sketchi oluşturulmuş ve bu sketch programa aktarılmıştır. Bu sketchte uzunluk çalışması yapılan pistonun açık ve kapalı iken ölçüleri, uçak temas körüğü kaba uzunlukları ve dönme merkezinden pistonun yer değiştirme ölçüleri çalışılmıştır.



Şekil 4.21. Sistem tasarımı sketch çalışması

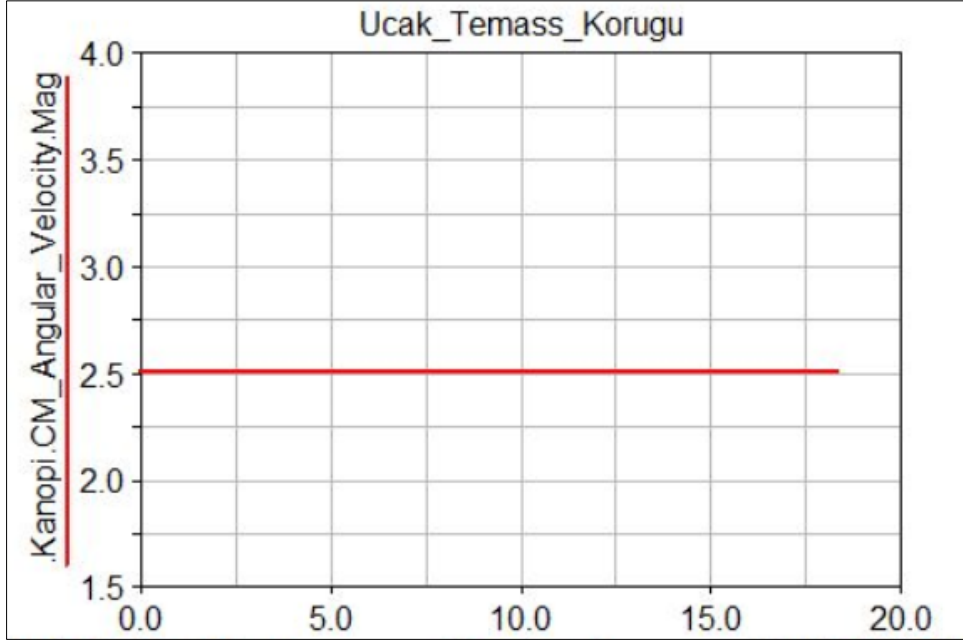
Genel ölçüleri verilen ve sketch çalışması yapılan (piston açık ve kapalı uzunlukları ve dönme eksenine) uçak temas körüğü açılma mekanizmasına ait bilgisayar destekli mekanizma analizi Adams-View x64 2014 programında yapılmıştır. Öncesinde ise sistem tasarımı el ile modellenmiş ve genel hatları çıkarılmıştır.

Sistemde taban üzerinde modellenmiş 1 adet uçak temas körüğü rotasyon kolu, 1 adet gazlı piston ve elektrik motoruna bağlı taşıyıcı halat bulunmaktadır (Şekil 4.17). Elektrik motorunun çalışmasıyla halat boşa çıkmakta ve uçak temas körüğü ağırlığı piston kuvvetini yenerek sistemi uçak temas körüğü rotasyon kolunun dönme merkezi etrafında 47,75 derece döndürmektedir.



Şekil 4.22. Rotasyon kolu, gazlı piston ve taşıyıcı halatın modellemesi

Yapılan kinematik analiz sonucunda uçak temas körüğü koluna ait açısal hız grafiği Şekil 4.18’de görüldüğü gibidir. Ortalama açısal hız, 2,513 derece/sn olup sistemin tamamen açılması yaklaşık 19 saniye sürmektedir. Böylelikle açısal hız teyidi imal etme süreci bittikten sonra karşılaştırılarak yapılacaktır. Analiz sonucu çıkan verilere göre uçak temas körüğü açılıp-kapanma süresi havalimanı şartlarına uygundur.



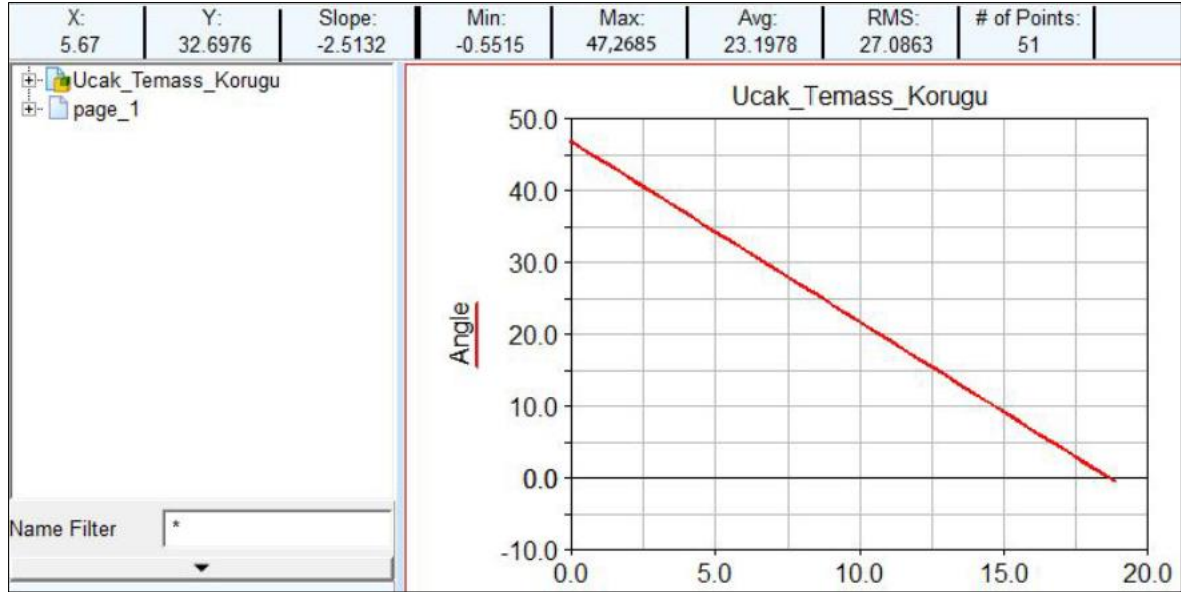
Şekil 4.23. Uçak temas körüğü açısal hız analiz sonuçları

Elektrik motorunun çalışmasıyla halat boşa çıkmakta ve uçak temas körüğü ağırlığı piston kuvvetini yenerek sistemi, uçak temas körüğü rotasyon kolunun dönme merkezi etrafında 47,75 derece açı taramaktadır.

Şekil 4.19’da uçak temas körüğü kolunun uzayda belirlenen referans doğrultusuyla açılma boyunca yaptığı açılara ait grafik verilmiştir. Görüldüğü gibi açılma başlangıcında 47,2685 derece olan açı, açılma tamamlandığında -0,5515 derece olmaktadır.

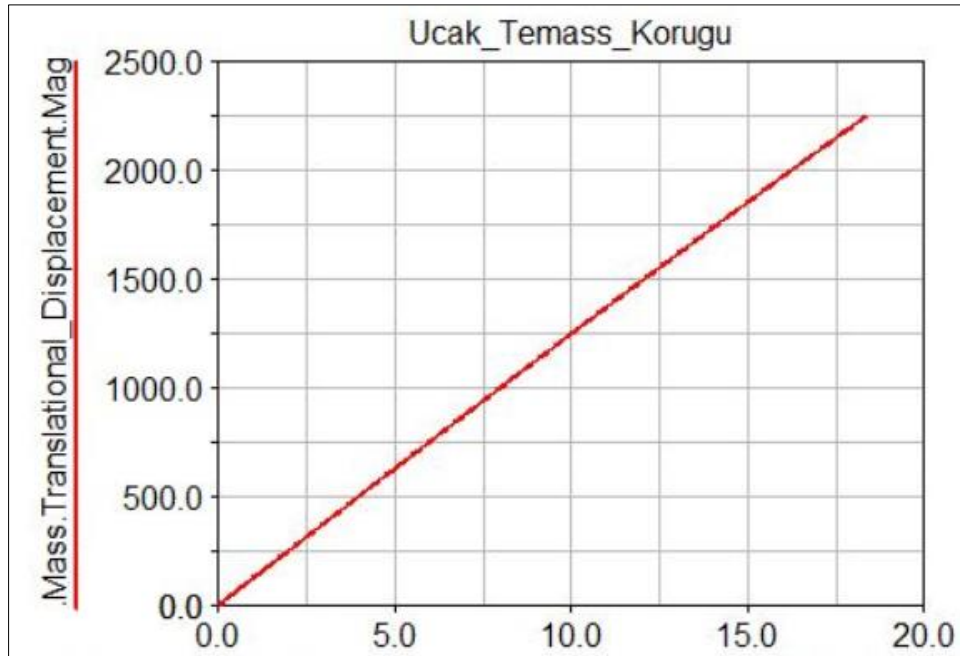
$$\theta = 47,2685 - (-0,5515)$$

Böylece çıkan sonuç ile (47,82 derece), 47,75 dereceyi taradığının analiz programında teyidi yapılmıştır.

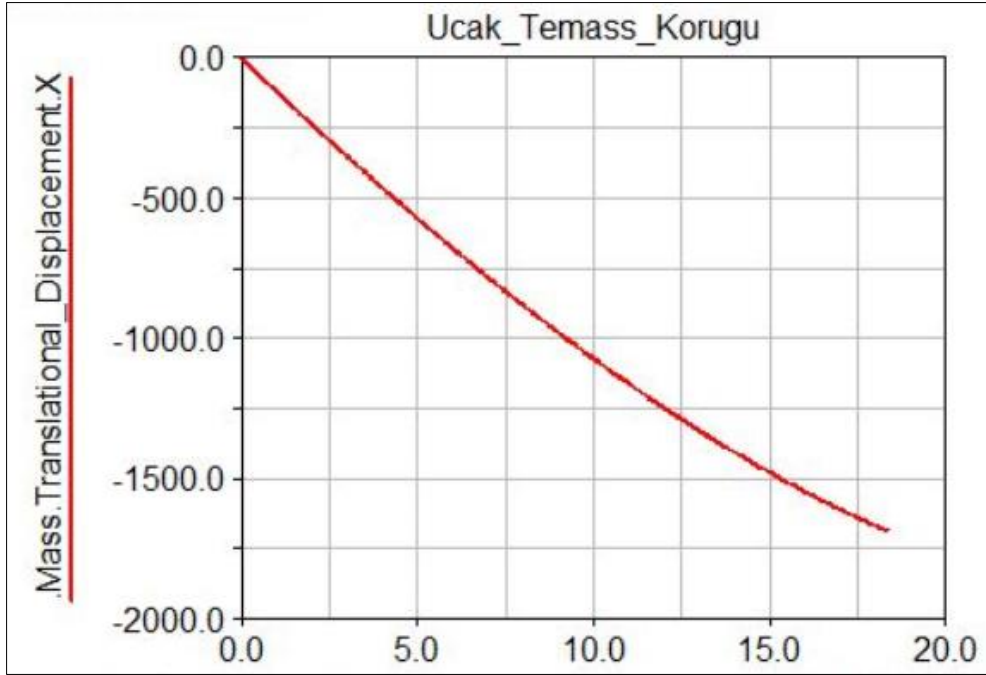


Şekil 4.24. Uçak temas körüğü tarama açısı analiz sonuçları (min ve maks değerler ile)

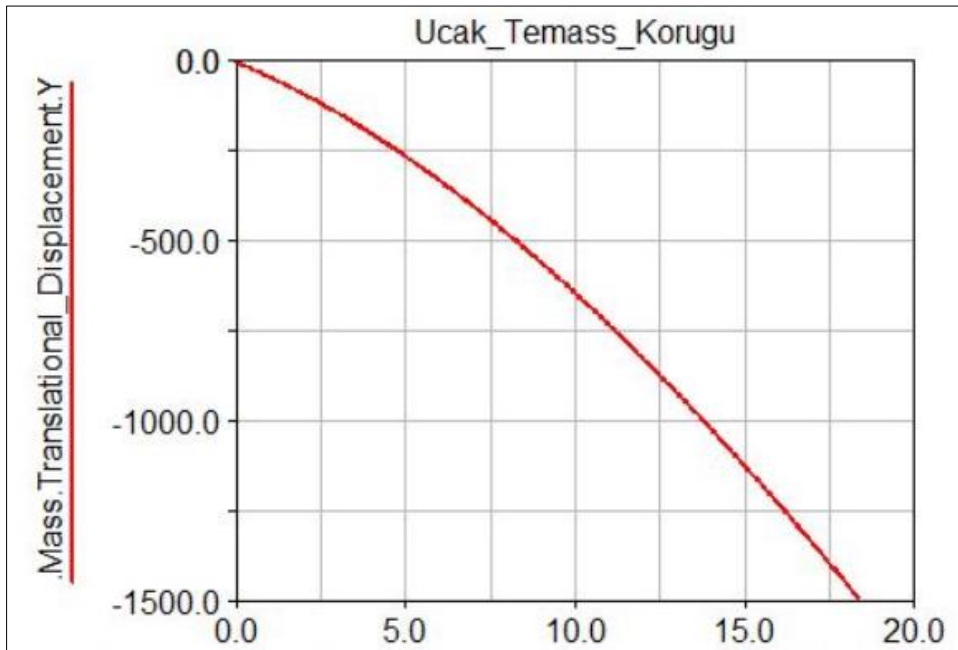
Sistem açıldığında 1100 piston hareket aralığı olan (stroke) silindirin tamamen açılması gerekmektedir. Şekiller 4.24 - 4.26'da silindire ait, hareket boyunca yer değiştirme grafikleri yer almaktadır (sırasıyla; toplam yer değiştirme, x ve y eksenlerine göre)



Şekil 4.25. Uçak temas körüğü toplam yer değiştirme analiz sonuçları

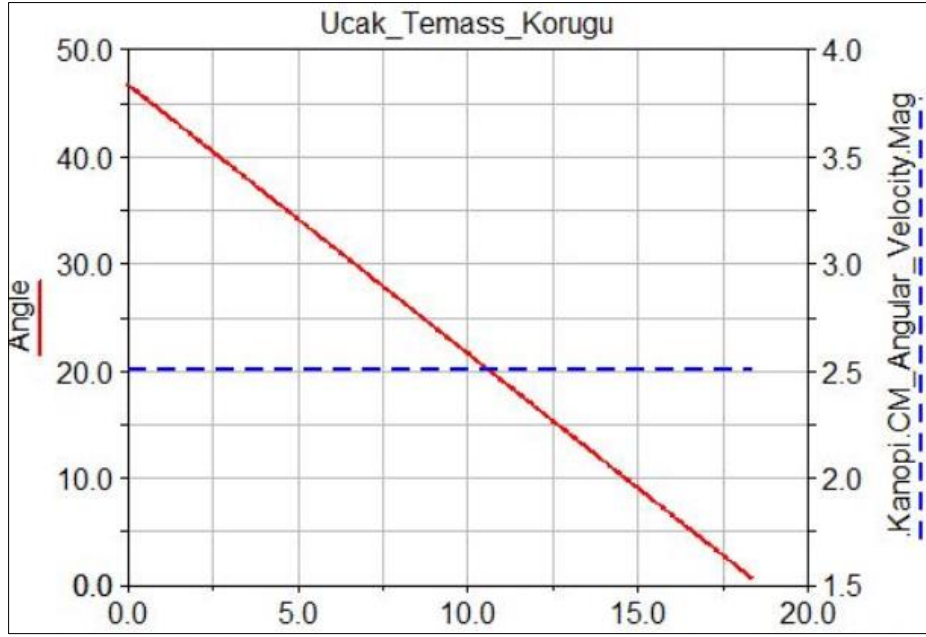


Şekil 4.26. Uçak temas körüğü x eksenine göre yer değiştirme analiz sonuçları

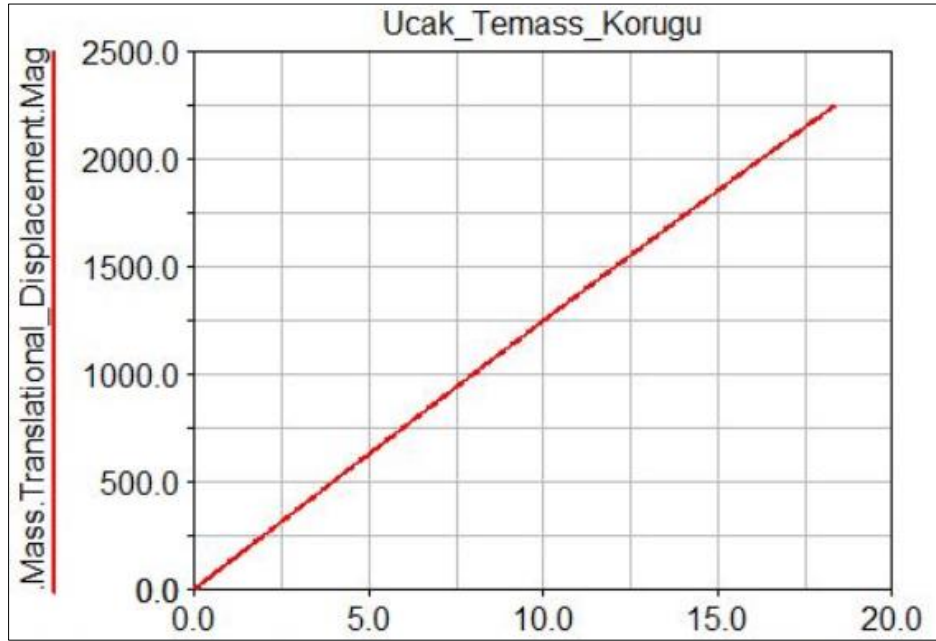


Şekil 4.27. Uçak temas körüğü y eksenine göre yer değiştirme analiz sonuçları

Analiz kurgusunda açısal hız sabitken açının değişimi Şekil 4.27’de gösterilmiştir. Açısal hız sabit olduğu için açı değişimi lineer olarak değişmektedir. Bu grafik sistemin düzgün çalıştığını teyit etmektedir.



Şekil 4.28. Uçak temas körüğü açısal hız ve açı karşılaştırması



Şekil 4.29. Uçak temas körüğü toplam halat boyu değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

20. yüzyıldan itibaren gelişen teknolojiyle birlikte ilerleme gösteren havacılık sektörü, modern hayatta önemli bir yer teşkil eder. Havayolu ulaşımının maliyet, hız, güvenilirlik, emniyet ve konfor gibi ön plana çıkan özellikleri diğer ulaşım sistemlerine göre daha çok tercih edilmesine sebep olmuştur.

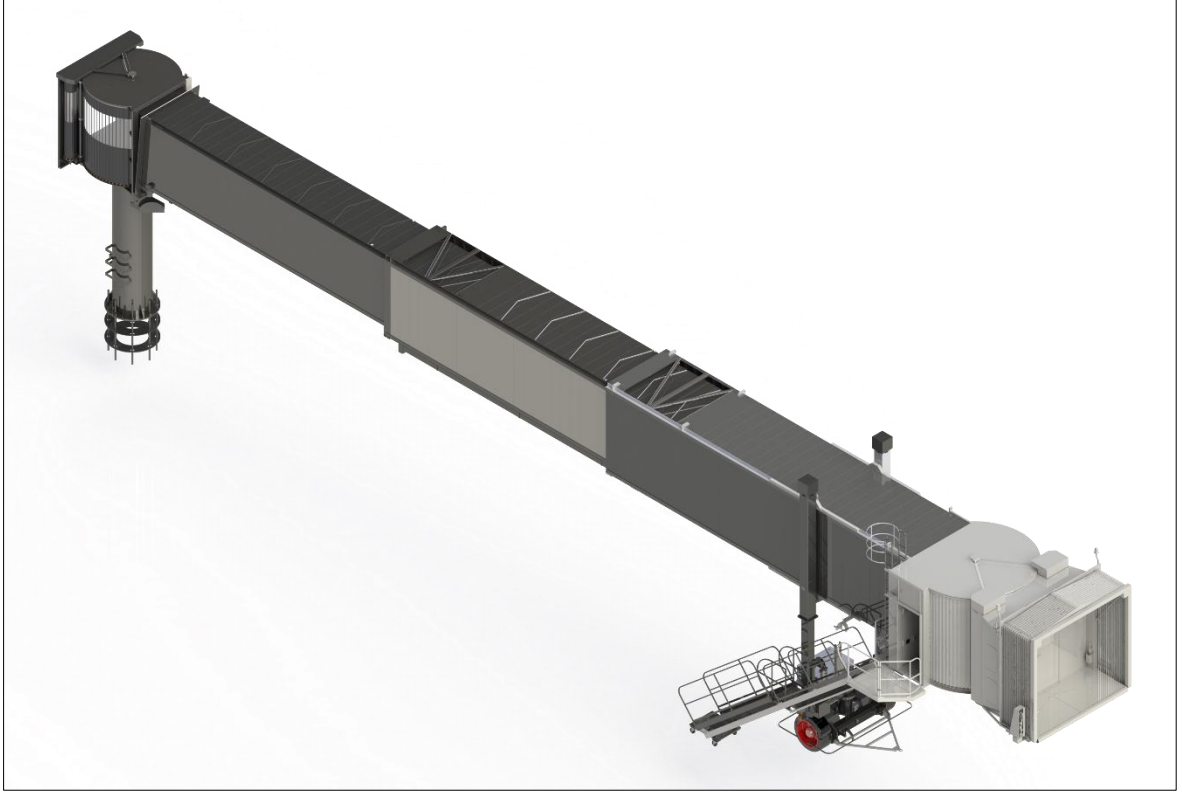
Gelişen teknolojiyle birlikte havalimanlarında da benzer yeniliklere sahne olmuştur. Örneğin yolcuların uçağa binmeleri işleminde apron otobüsleri kullanmak yerine yolcu köprüleri devreye girmiştir. Uçak ile seyahat eden yolcularla yapılan anketlerde genelde yolcu köprüleri istendiği ve tercih edildiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca havalimanları, uçaklar yolcu köprüsüne yanaştıklarında yolcular binış yaparken, havayolu şirketinden park kirası almaktadır. Bu da havalimanı için bir gelir kaynağı oluşturmaktadır.

Yolcu köprüleri kullanımı ile alakalı en önemli hususlardan biri bunun uçağa yaklaşması ve temas etmesidir. Bu amaçla da uçak temas köprüleri kullanılmaktadır. Uçak temas köprüleri uçağa duyarlı olmalı ve sıfır zararla hareket etmelidir. Çünkü hiçbir havalimanı ve havayolu şirketi uçağa zarar gelmesini istemez.

Bu tür yardımcı ürünler üzerine çalışma yapan yerli bir ticari firma da bulunmamaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için yerli yolcu köprüsü imalatı yapan firma ile çalışılmış, bu kapsamda da tez hazırlanmıştır. Araştırma çalışmasının ilk aşamasında uçak temas köprüleri için bir kavramsal tasarım yapılmıştır. Bu çalışma bir ürün tasarlarken veya geliştirme / değiştirme yapılırken izlenecek yöntemler için örnek teşkil etmektedir. Üzerinde yapılacak geliştirmelere de açıktır. Kavramsal tasarım sürecinde yapılan işlemler şu şekildedir: Problemin belirlenmesi, müşteri ihtiyaçlarının teknik parametrelere dönüştürülmesi, bunlar arası çelişkilerin çözülmesi, ihtiyaç listesi hazırlanması, problemin formüle edilmesi, alt fonksiyonlar oluşturulması ve alt çözümlerin bulunması, bunların çeşitli birleşimleri ile alternatif ön tasarımlar yapılması ve bazı eleme yöntemleri ile bunlardan optimum seçeneğe ulaşılmasıdır.

Sistematik yaklaşımın bir sonraki adımı şekillendirme tasarımıdır. Tez kapsamında şekillendirme tasarımı, tüm sistemi gruplara ayırıp basitleştirerek, bunların kaba çizim ve

hesaplamalarının yapılması, Mekanik dayanım analizlerinin ve kinematik analizlerinin gerçekleştirilmesi, malzeme seçimi ve tasarım iyileştirmeleri aşamalarını kapsamaktadır. Sonuçta daha somutlaştırılmış belli ölçüleri ve bileşenleri arasında kesin ilişkileri olan bir tasarım ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.1. Montajlı halde son ürün

Firma ile beraber yürütülen çalışmaların sonucu olarak da, kavramsal tasarımın baz alındığı prototip üretimine başlanmıştır (Resim 5.1). Firma heyet kontrolleri ve incelemeleri de olumlu geçmiştir (Resim 5.2). Ürün sanal ortamda yapılan modelleme ve analizler doğrultusunda sonuçlar vermiş ve eksiksiz çalışmıştır.



Resim 5.1. Tasarlanan uçak temas körüğünün imalatı



Resim 5.2. Nihai ürün detayları

Bu tez kapsamında yapılan araştırmanın devamı olarak řu içerik ve istikametlerde yeni araştırma çalışmaları yapılabilir.;

- Mükemmel vakumlama için dört kol mekanizmalı bir sistem tasarımı montaj kolaylığı ve maliyeti göz önünde bulunduracak şekilde tasarlanabilir.
- Uçak temas körüğü enerjisini yolcu köprüsünden alamama durumuna karşın güneş enerjisiyle çalışan ek bir sistem geliştirilebilir.
- Kiřiselleřtirilebilir ya da sosyal sorumluluk içeren dış boyama ve tasarımlar, renkli kumaşlar tercih edilebilir.

Bu gibi geliştirilmeye açık bir konu olmakla birlikte hizmet ettiği amaç göz önünde bulundurulduğunda oldukça değerli bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

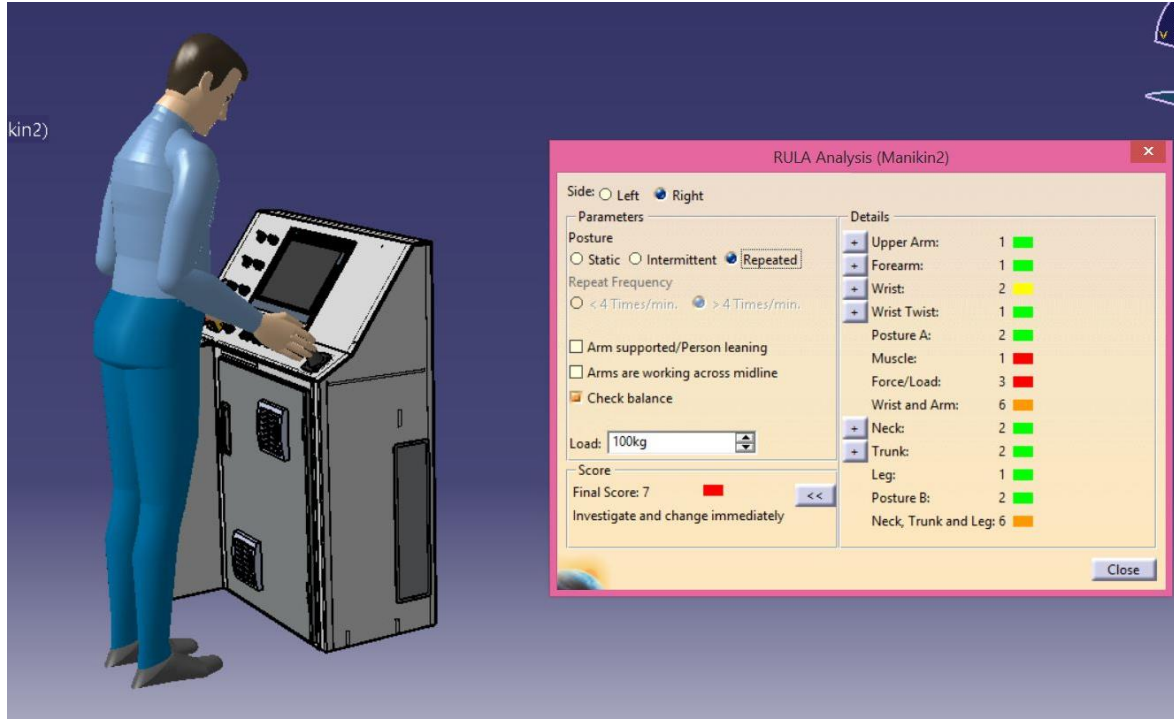
1. İnternet: Yolcu Biniş Köprüsü URL:
<https://www.turna.com/sikca-sorulan-sorular/ucak-exit-cikis-kapisi>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
2. İnternet: Yolcu Biniş Köprülerinin Tarihçesi URL:
<https://www.turna.com/sikca-sorulan-sorular/ucak-exit-cikis-kapisi>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
3. İnternet: Fixed Boarding Bridge URL:
<https://www.airport-suppliers.com/product/fixed-boarding-bridge/>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
4. İnternet: Apron Tanımı URL:
<https://www.lafsozluk.com/2012/03/apron-nedir-ne-demektir.html>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
5. İnternet: Apronda Otobüslerle Ulaşım URL:
<https://www.havayolu101.com/2019/10/25/thy-super-baglayici-niteligini-koruyor/>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
6. İnternet: A History of the Boarding Bride URL:
<https://www.airporthistory.org/boarding-bridge-1.html>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
7. İnternet: ICAO / EASA Aerodrome Reference Code, FAA Airplane Design Group and Aircraft Approach Category for Airbus Aircraft URL:
<https://www.havayolu101.com/2019/10/25/thy-super-baglayici-niteligini-koruyor/>, Son Erişim Tarihi: 26.05.2021.
8. İnternet: Yolcu Uçakları URL:
<https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/>, Son Erişim Tarihi: 23.08.2020.
9. İnternet: Körük Çeşitleri URL:
<https://www.hubner-group.com/B%C3%A4lge-p-2502-path-1,2440,2936,2978.html>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
10. İnternet: Gelecekte Havaalanları URL:
<https://www.kargohaber.com/havaalanlari-yasam-alanlarina-donusecek-2354h.htm>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
11. İnternet: Gelecekte İlgi Çekecek Olan Havaalanları URL:
<https://www.kargohaber.com/havaalanlari-yasam-alanlarina-donusecek-2354h.htm>, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
12. İnternet: Geleceğin Uçağı URL:
http://www.guncelposta.com/TEKNOLOJI/15849Ispanyol_tasarimi_gelecegin_ucagi.html, Son Erişim Tarihi: 01.06.2020.
13. Börklü, H.R. (Türkçeye Çeviren), Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, G., Grote, K.H., Mühendislik Tasarımı: Sistemik Yaklaşım Hatiboğlu Yayınları:152, Ankara, 2010.

14. Mayda, M., ve Börklü, H.R., An integration of TRIZ and the systematic approach of Pahl and Beitz for innovative conceptual design process, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 36:859–870, 2014.
15. Pahl, G. ve Beitz, W. (2010). *Mühendislik Tasarımı; Sistematiik Yaklaşım* (çev. Prof. Dr. H. Rıza Börklü) (Birinci Baskı). Ankara: Hatiboğlu yayınları, 141-335.
16. İnternet: Kalite Yayılım Fonksiyonu URL:
http://ybsansiklopedi.com/wpcontent/uploads/2014/11/ybs_ansiklopedi_v1_is4_Dember_2014_6.pdf, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
17. İnternet: Toplam Kalite Yönetimi ve Teknikleri URL:
[http://www.mova.com.tr/images/files/egitim/Toplam_Kalite_Yonetimi_ve_Teknikleri_Egitimleri/\(2_1_2_8_\)Yaratıcı%20Problem%20Cozme.pdf](http://www.mova.com.tr/images/files/egitim/Toplam_Kalite_Yonetimi_ve_Teknikleri_Egitimleri/(2_1_2_8_)Yaratıcı%20Problem%20Cozme.pdf), Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
18. İnternet: Yaratıcı Problem Çözme Tekniğı URL:
<https://industryolog.com/triz-yaratıcı-problem-cozme-teorisi/>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
19. İnternet: TRIZ Çelişki Matrisi URL:
<https://medium.com/@metinokaya/triz-39x39-çelişki-matrisi-türkçe-c1a6e944b945>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
20. İnternet: Programmable Logic Controller URL:
<https://www.mediatick.com.tr/blog/plc-nedir>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
21. İnternet: Gazlı Amortisörler URL:
https://www.norelem.com.tr/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/Technische_Hinweise/26200-Gasdruckfedern/26200-Gazli-amortisorler-icin-teknik-bilgi_TR.pdf, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
22. İnternet: Hypalon Kumaş URL:
<http://www.asilmarine.com/tr/sss/14-hypalon-nedir>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
23. İnternet: Hava Tüpü Kumaşlarının Yapısı URL:
<http://www.asilmarine.com/tr/faydali-bilgiler/20-hava-tupu-kumaslarinin-yapisi>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
24. İnternet: Patent URL:
<https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US294693057&tab=DRAWING>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
25. İnternet: Patent URL:
<https://patents.google.com/patent/EP2853462A1/en>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
26. İnternet: Patent URL:
<https://patents.google.com/patent/US20040088805A1/en>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.

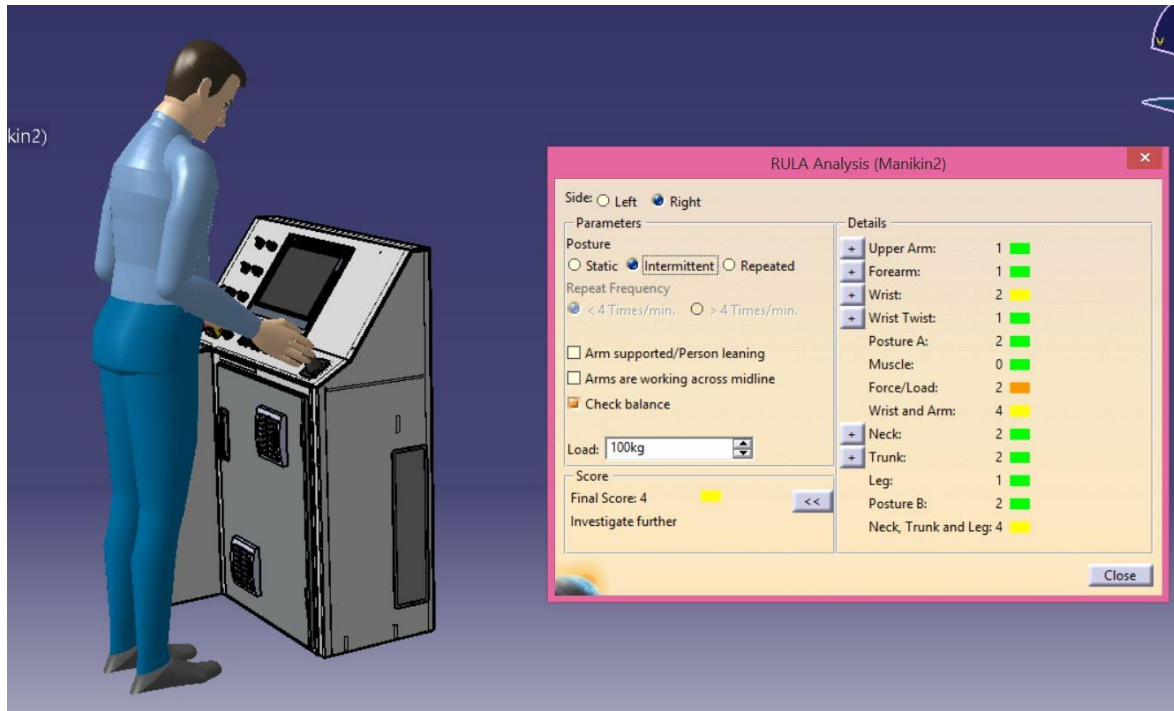
27. İnternet: Patent URL:
<https://patents.google.com/patent/JP2011507765A/en?q=passenger+boarding+bridge+canopy&oq=+passenger+boarding+bridge+canopy>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
28. İnternet: Patent URL:
<https://patents.google.com/patent/KR20070048826A/en?q=passenger+boarding+bridge+canopy&oq=passenger+boarding+bridge+canopy&page=1>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
29. İnternet: Buckling Analizi URL:
<https://blog.tekyaz.com/burkulma-flambaj/>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
30. İnternet: Buckling Analizi URL:
<https://www.serdarkorkut.com/2017/05/30/burkulma-buckling-nedir/>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
31. İnternet: 6063 Alüminyum Özellikleri URL:
<https://avasmetal.com.tr/?/aluminyum/6063-aluminyum>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
32. İnternet: 6063 Alüminyum Özellikleri URL:
<https://avasmetal.com.tr/?/aluminyum/6063-aluminyum>, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.
33. Mert A. E. (2014). Ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması ve bir çanta imalat atölyesinde uygulanması, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
34. McAtamney, L., Corlett, E.N., “RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders”, *Applied Ergonomics*, 24 (2) : 91-99 (1993).
35. İnternet: 6063 Alüminyum Özellikleri URL:
http://3ssizdirmazlik.com/Urun_Detay/1589-silikon-kapli-cam-elyaf-kumas.aspx, Son Erişim Tarihi: 23.05.2020.

EKLER

EK-1. RULA analizi verileri

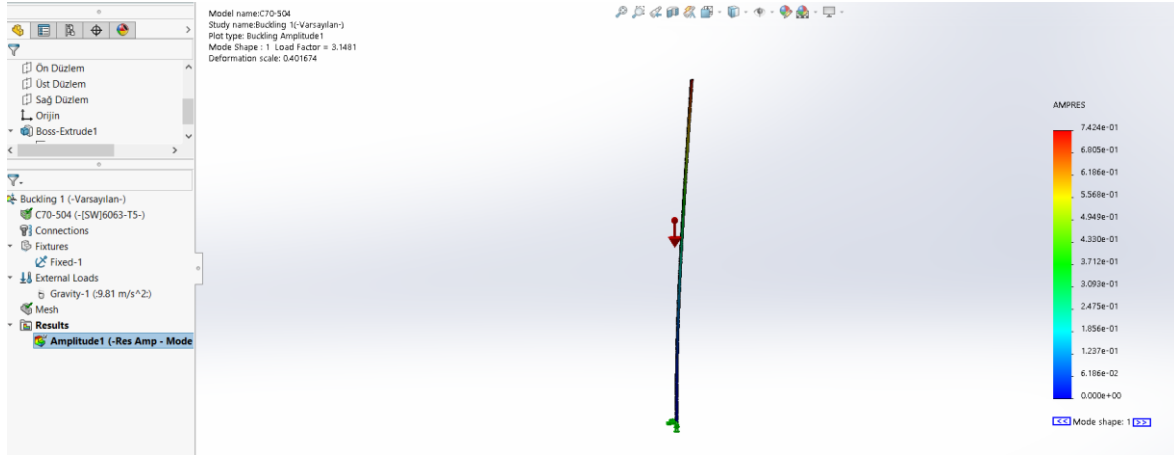


Şekil 1.1. RULA Analizi Sonuçları

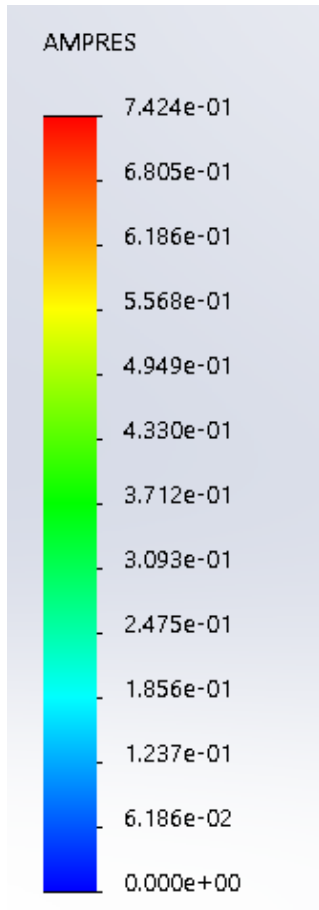


Şekil 1.1. RULA Analizi Sonuçları 2

EK-2. Çıta buckling analizi verileri

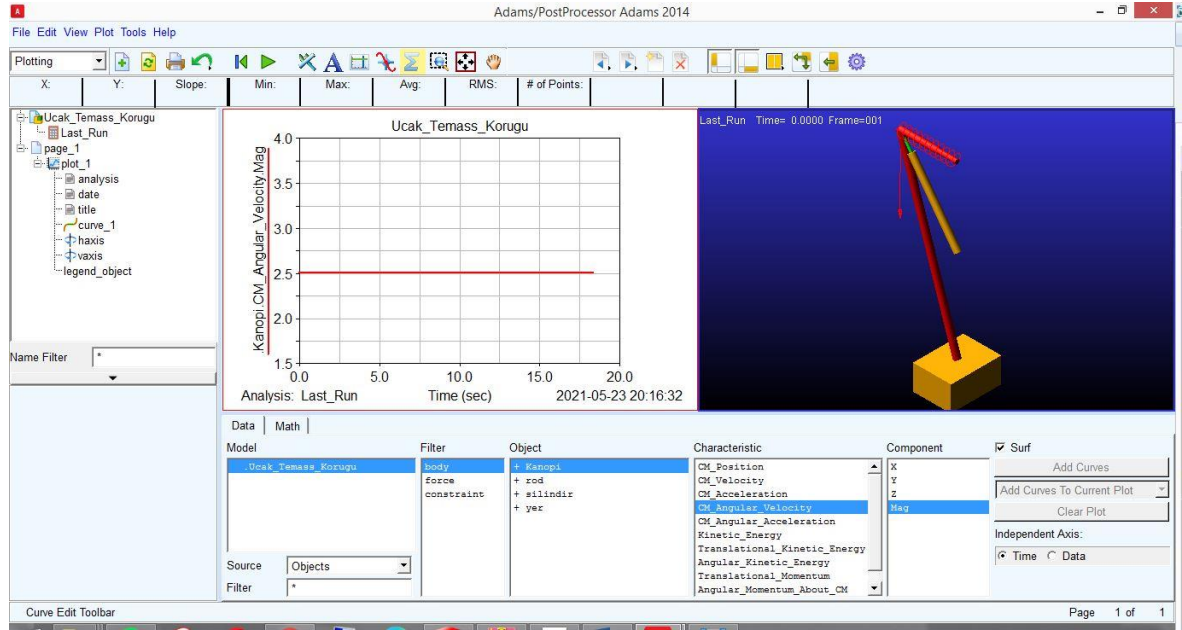


Şekil 2.1. Buckling Analizi Sonuçları

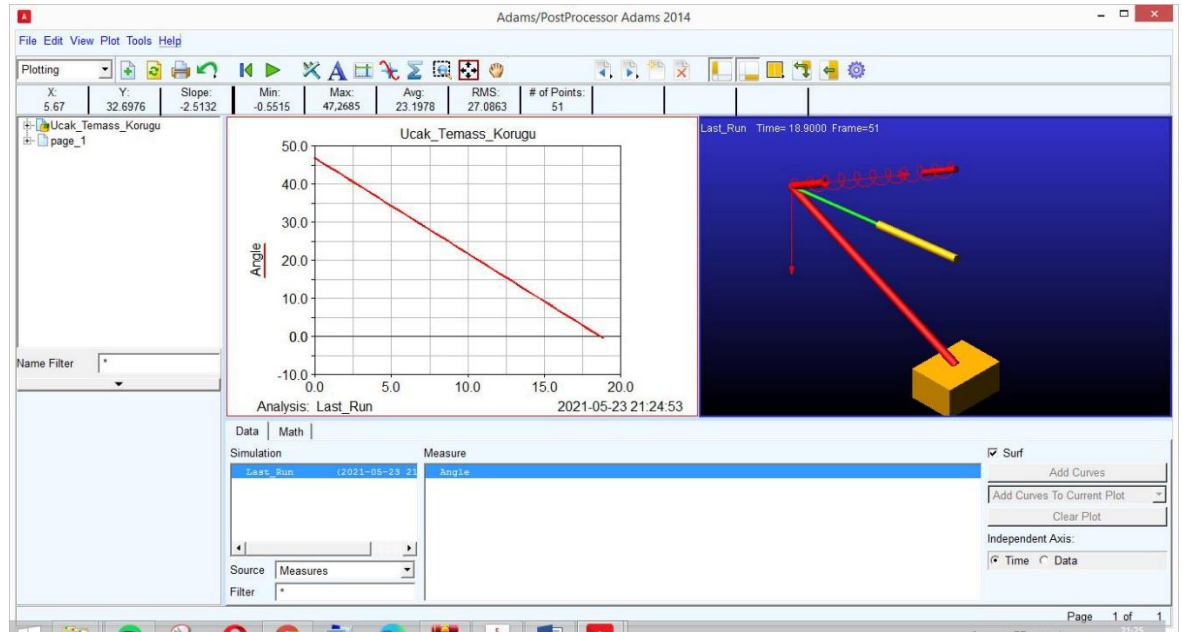


Şekil 2.1. Buckling Analizi Sonuçları 2

EK-3. Adams-View x64 2014 kinematik analiz verileri

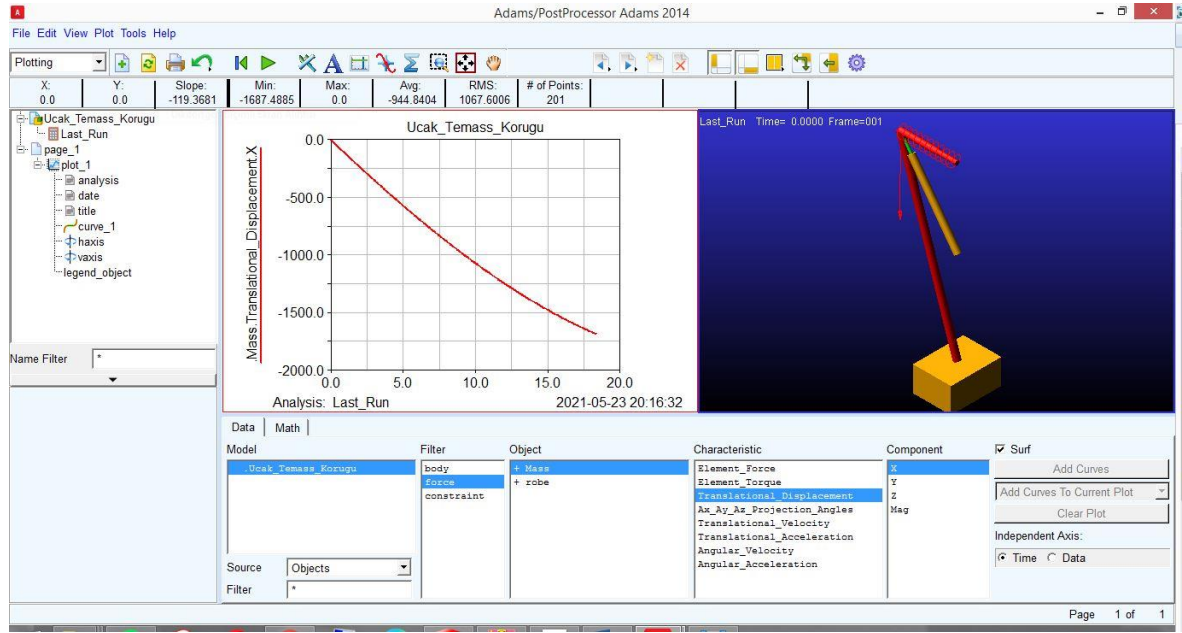


Şekil 3.1. Açısal Hız

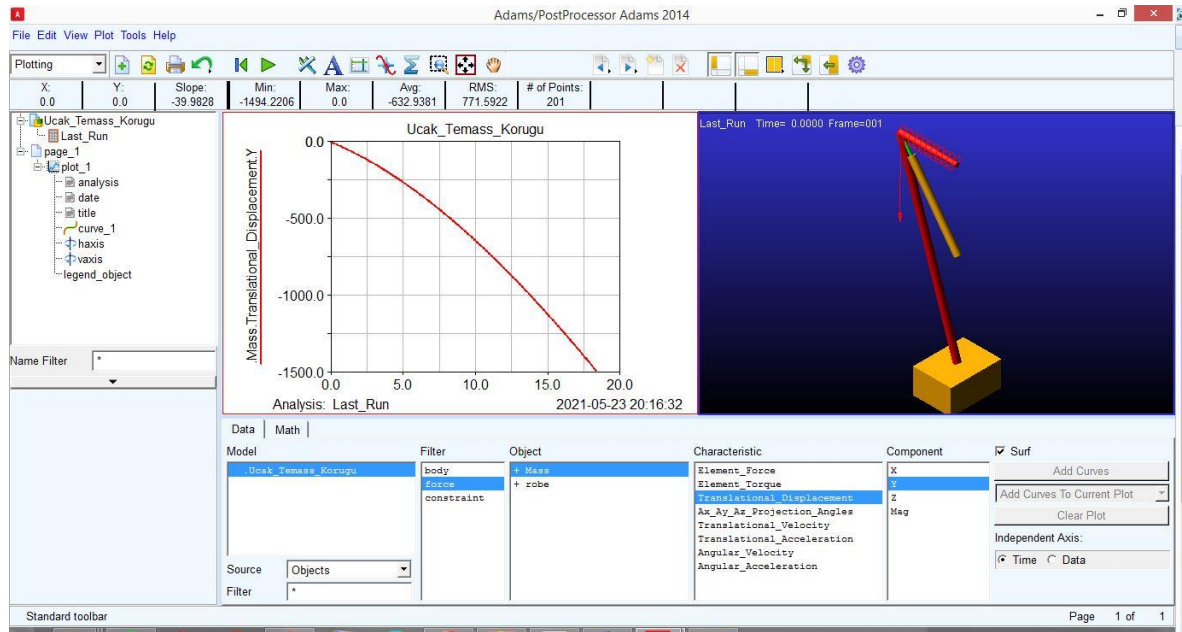


Şekil 3.2. Uçak Temass Körüğü açısal değişim

EK-3. (devam) Adams-View x64 2014 kinematik analiz verileri

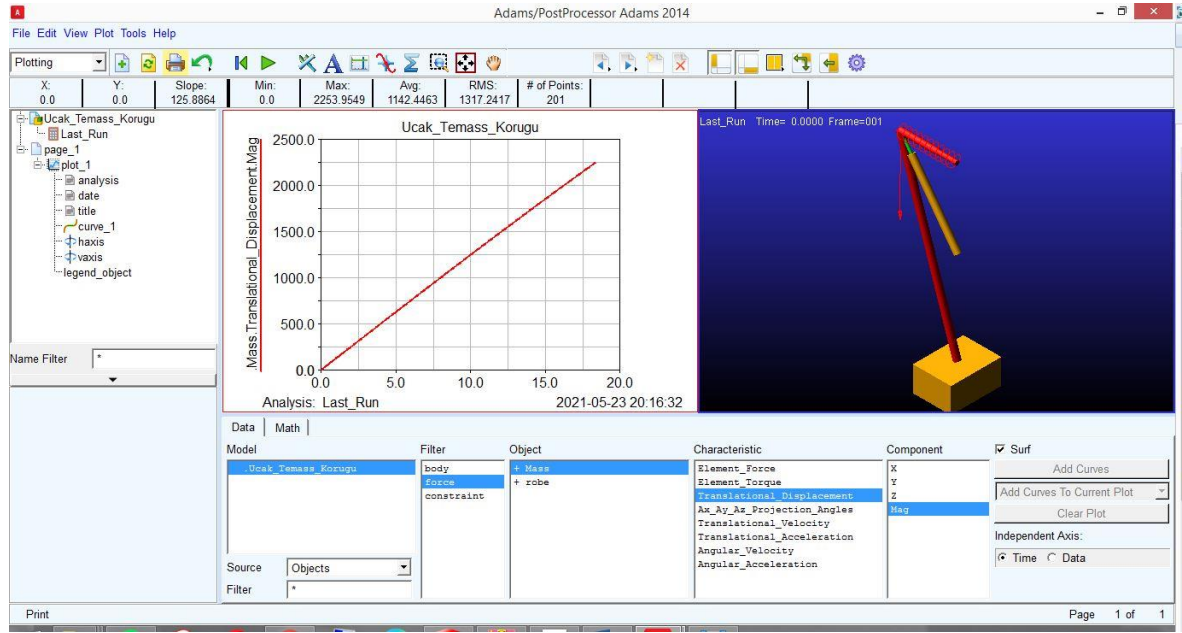


Şekil 3.3. Pistonun x ekseninde yer değiştirmesi

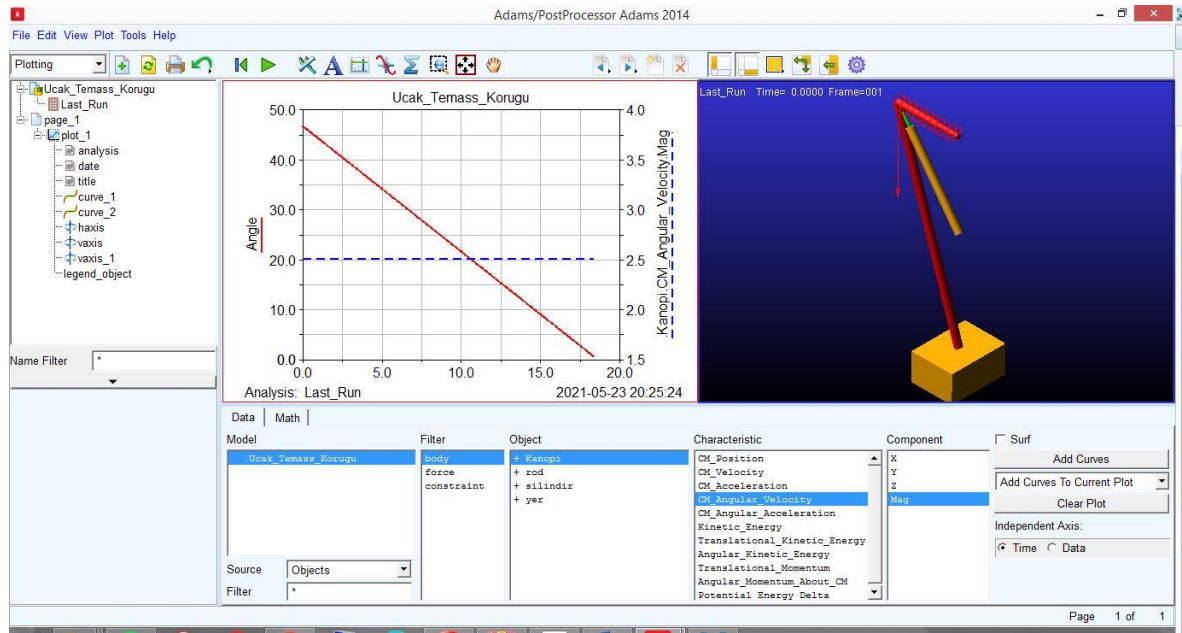


Şekil 3.4. Pistonun y ekseninde yer değiştirmesi

EK-3. (devam) Adams-View x64 2014 kinematik analiz verileri

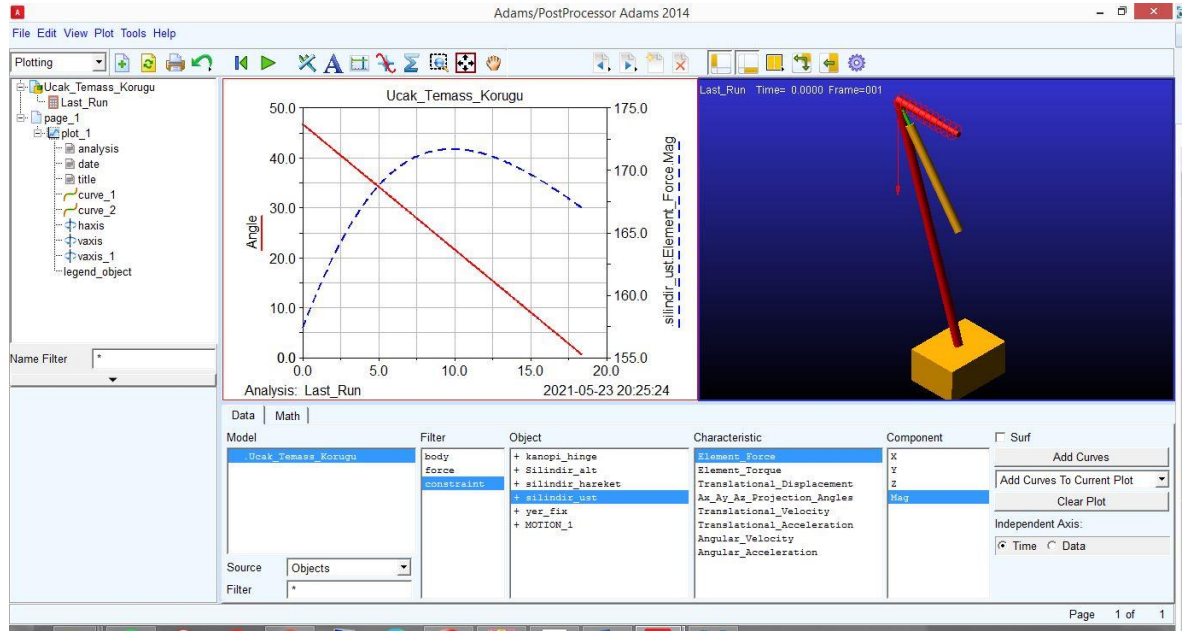


Şekil 3.5. Pistonun toplam yer değiştirmesi

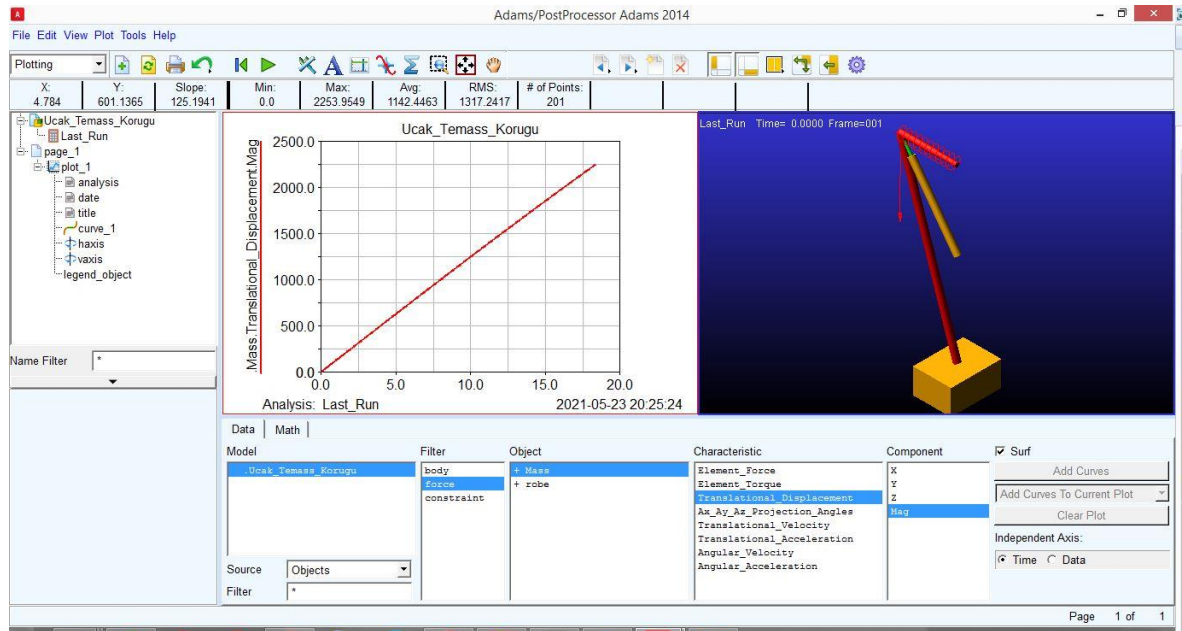


Şekil 3.6. Açı ve açısal hızın aynı grafik üzerinde değişimi

EK-3. (devam) Adams-View x64 2014 kinematik analiz verileri

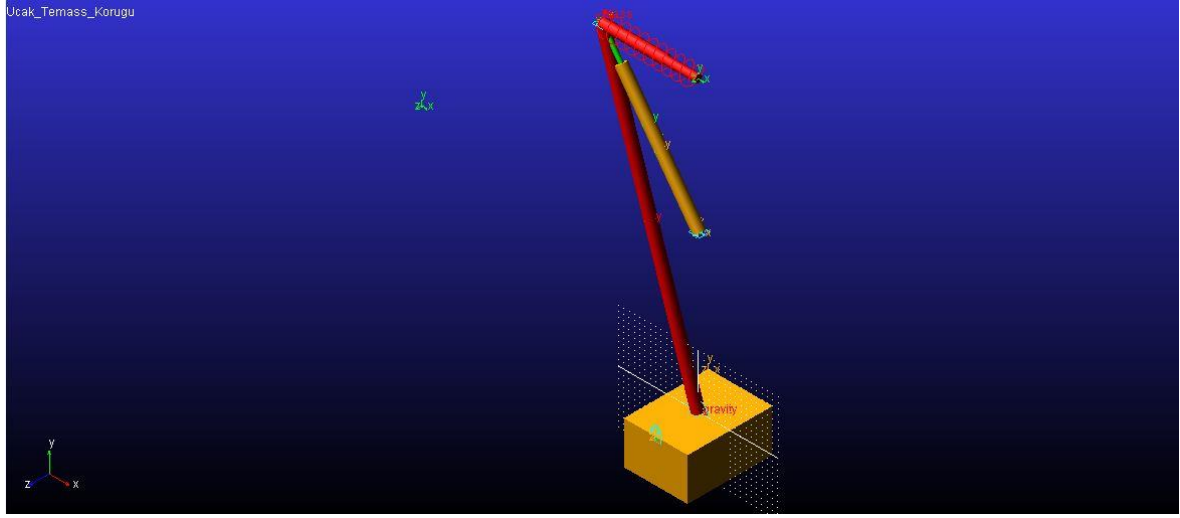


Şekil 3.7. Açılal değişimi ve silindire binen yük karşılaştırılması



Şekil 3.8. Toplam ip boyu değişimi

EK-3. (devam) Adams-View x64 2014 kinematik analiz verileri



Şekil 3.7. Kinematik analiz 3 boyutlu modellemesi perspektif görünüş



GAZİ GELECEKTİR...