

HAVA HARP OKULU
HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ

AKTİF KONTROLLÜ FAYDALI YÜK TAŞIMA SİSTEMLERİNİN
PARAŞÜT, YAPI VE MEKANİZMA AÇISINDAN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümit MERCAN

Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Başkanlığı

Uydu Teknolojileri Programı

HAZİRAN 2013



**HAVA HARP OKULU
HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ
ENSTİTÜSÜ**



**AKTİF KONTROLLÜ FAYDALI YÜK TAŞIMA SİSTEMLERİNİN
PARAŞÜT, YAPI VE MEKANİZMA AÇISINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümit MERCAN

(511103)

Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Başkanlığı

Uydu Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Gökhan İNALHAN

HAZİRAN 2013

Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsünün 511103 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, **Ümit MERCAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**AKTİF KONTROLLÜ FAYDALI YÜK TAŞIMA SİSTEMLERİNİN PARAŞÜT, YAPI VE MEKANİZMA AÇISINDAN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Gökhan İNALHAN**

İstanbul Teknik Üniversitesi



Jüri Üyeleri :

Prof.Dr. İbrahim ÖZKOL

İstanbul Teknik Üniversitesi



Prof.Dr.Hv.Müh.Alb. Abdurrahman HACIOĞLU

Hava Harp Okulu

Teslim Tarihi : **31 Mayıs 2013**

Savunma Tarihi : **26 Haziran 2013**

Bu tez çalışmasında belirtilen görüş ve yorumlar yazara aittir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ya da diğerk kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz. Ayrıca bu tez çalışması bilimsel ahlak ve etik değerkler uygun olarak yazılmış olup, yararlanılan tüm eserler kaynaklarda gösterilmiştir.

Haziran 2013


Ümit MERCAN

ÖNSÖZ

Tezin başından itibaren sınırsız anlayışı ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile öncülük eden tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Gökhan İNALHAN'a, yoğun faaliyetlerine rağmen bana vakit ayırıp, paraşüt konusunda yerinde eğitim imkanı sağlayan Türk Hava Kurumu İnönü Eğitim Merkezi Başkanlığı paraşüt öğretmen ve idarecilerine, Hv.K.K.lığının yük taşıma pleyti temininde dışa bağımlılığını azaltmak adına çalışmalar yapan Kayseri 2'nci HİBM K.lığında görevli kimya mühendisi Mehmet KAVAK ve ekibine, tasarım ve çizim konularında her an destek olan Cengiz AVCI'ya, paraşüt ve kanopi hakkında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Süleyman SOYER ve Gökhan KARAKÖSE'ye , JPADS alanında öncü firmalarla koordine kurmama yardımcı olan Nazan KONUK'a, en zor anlarımda maddi, manevi, teknik, teorik destek ve danışmanlığını benden esirgemeyen sevgili eşim Z. Burcu MERCAN'a, aldığım kararlara saygı duyan, yetişmemde büyük emeği geçen annem Gülnar MERCAN ve babam İzzet MERCAN'a teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mayıs 2013

Ümit MERCAN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Paraşütün Tarihçesi ve Genel Bilgi	1
1.2 Sistem Entegre Yapısı ve Çalışma Prensibi	5
1.2.1 Sistem entegre yapısı	5
1.2.2 Sistem çalışma prensibi	6
1.3 Önceki Çalışmalar ve Literatür Araştırması	11
1.3.1 HDT Global Airborne Systems	11
1.3.1.1 FireFly™	12
1.3.1.2 MicroFly™	14
1.3.1.3 2K1T™	17
1.3.1.4 DragonFly™	18
1.3.2 MMIST Sherpa™	22
1.3.2.1 Sherpa Provider™	22
1.3.2.2 Sherpa Ranger™	24
1.3.3 Wamore	26
1.3.3.1 Ultrafly™	26
1.3.4 Uçman Havacılık	27
1.3.4.1 Kuzgun™ 150 kumandalı kargo paraşüt sistemi	27
1.4 TURAF Sistem	30
2. SİSTEME GENEL BAKIŞ	31
2.1 Görevin Amaçları	31
2.2 Gereksinim ve Kısıtlar	32
2.2.1 Gereksinimler	32
2.2.2 Kısıtlar	34
2.3 Sonuçlar	35
2.4 Görev Karakterizasyonu	35
2.4.1 Uygulanabilir konseptler (kavramlar)	36
2.4.1.1 Konsept 1	37
2.4.1.2 Konsept 2	38
2.4.1.3 Konsept 3	38
2.4.1.4 Konsept 4	39
2.4.1.5 Konsept 5	39
2.5 TURAF Sistemi Uygunabilir Tasarım Konsepti	39

3. AKTİF KONTROLLÜ FAYDALI YÜK TAŞIMA SİSTEMİ.....	41
3.1 Paraşüt	41
3.2 Ram Air Tipi Paraşüt Çalışma Prensibi	42
3.3 Ana Sistemler	46
3.3.1 Ram air tipi paraşüt sistemi	46
3.3.1.1 Pilot paraşüt (Kılavuz paraşüt)	48
3.3.1.2 Navlaka.....	50
3.3.1.3 Kanopi	51
3.3.1.4 Askı yön ve fren ipleri.....	53
3.3.1.5 Slider	56
3.3.1.6 Riser (Kolon).....	57
3.3.2 Faydalı yük taşıma sistemi	59
3.3.2.1 Taşıma pleyti	60
3.3.2.2 Taşıma ağı	61
3.3.2.3 Bağlama tokası (strap).....	63
3.3.2.4 Bağlama zinciri	64
3.3.2.5 Pleyt ek cihazı	65
3.3.2.6 Termal örtü	66
3.3 Sistemlerde Kullanılan Malzeme Standartları ve Özellikleri.....	68
3.3.1 Kanopi	68
3.3.2 Askı, yön ve fren ipleri.....	70
3.3.3 Riser	71
3.4 Sistem Test ve Metotları	73
3.4.1 Kanopi, askı, yön ve fren ipleri, riser test ve metotları	73
3.4.2 Air guidance unit sistem test ve metotları	75
3.4.2.1 Environmental certification (MIL-STD-810-F)	75
3.4.2.2 Electromagnetic interference (EMI) (MIL-STD-461-F)	76
3.4.2.3 Electrostatic discharge (ESD) (MIL-STD-1686-C)	81
3.4.2.4 Human factors	82
3.4.3 Depolama kasası.....	83
4. TURAF SİSTEM TASARIMI.....	85
4.1 TURAF Kanopi Tasarımı.....	85
4.2 TURAF Paraşüt Sistemi Malzeme Tasarımı	86
4.3 TURAF Faydalı Yük Taşıma Sistemi Tasarımı	88
4.4 TURAF Air Guidance Unit Tasarımı	94
5. TURAF SİSTEM TASARIM, ÜRETİM VE TEDARİK PROJE PLANI... 101	101
5.1 Doğrudan Satın Alma Tedarik Planı	101
5.1.1 Sistem ihtiyacının belirlenmesi	102
5.1.2 Tedarik kaynağı araştırması, teknoloji takibi ve ar-ge çalışması	103
5.1.3 Planlama	106
5.1.4 Programlama	107
5.1.5 Bütçeleme.....	107
5.1.6 İhale ve tedarik etme	107
5.1.7 Son kabul işlemi	109
5.1.8 İş paket süreçleri.....	109
5.2 Alt Sistem Bazında Tedarik Planı	111
5.3 Milli İmkan ve Kaynaklarla Üretim Planı.....	114
5.3.1 Proje bilgilendirme	114
5.3.2 Proje geliştirme faaliyetlerinde takip edilecek iş paketleri :	115

5.3.2.1 Kavram geliştirme.....	116
5.3.2.2 Teknoloji takibi	116
5.3.2.3 Teknolojik, teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü	116
5.3.2.4 Üretim kaynaklarının belirlenmesi.....	117
5.3.2.5 Laboratuvar çalışmaları.....	117
5.3.2.6 Tasarım geliştirme.....	118
5.3.2.7 Standart sağlama ve uyumluluk testleri	118
5.3.2.8 Prototip üretim ve ürün geliştirme	118
5.3.2.9 Nihai ürün şekillenmesi	118
5.3.2.10 Planlama, programlama, bütçeleme	118
5.3.3 İş paket süreçleri	119
5.3.4 Alternatif iş planı (B planı)	123
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	127
6.1 Sonuçlar	127
6.2 Öneriler	129
KAYNAKLAR	131
EKLER.....	135
ÖZGEÇMİŞ.....	137

KISALTMALAR

AGU	: Airborne Guidance Unit
CFM	: Cubic Feet Per Minute Per Square Meter
CE	: Conducted Emission
CS	: Conducted Susceptibility
EMC	: Electromagnetic compatibility
EMI	: Electromagnetic Interference
ESD	: Electrostatic Discharge
FED-STD	: Federal Standarts
GPS	: Global Positioning System
GPADS	: Guided Precision Aerial Delivery Systems
HAHO	: High Altitude High Opening
HALO	: High Altitude Low Opening
HİBM	: Hava İkmal Bakım Merkezi
HUTEN	: Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü
IMU	: İnertial Measurement Unit
İTU	: İstanbul Teknik Üniversitesi
JPADS	: Joint Precision Aerial Delivery Systems
MIL-C	: Military Cloth
MIL-W	: Military Webbing
NVIS	: Lighting, Aircraft, Night Vision Imaging System
PTD	: Proje Tanımlama Dokümanı
PVC	: Polyvinyl Chloride
RE	: Radiated Emission
RS	: Radiated Susceptibility
RC	: Radio Controlled
SAASM	: Selective Availability Anti-Spoofing Module
TAI	: Turkish Aerospace Industry
TEKAÇAG	: Tedarik Kaynağı Arama Çalışma Grubu
TEMPSET	: Transmitted Electro-Magnetic Pulse / Energy Standards & Testing

TUAF : Turkish Air Forces
TUSAŞ : Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : FireFly sistem özellikleri.....	14
Çizelge 1.2 : MicroFly sistem özellikleri.	16
Çizelge 1.3 : MicroFly güdüm kiti özellikleri.	16
Çizelge 1.4 : MicroFly uzaktan güdüm kiti özellikleri.....	17
Çizelge 1.5 : 2K1T sistem özellikleri.	18
Çizelge 1.6 : DragonFly sistem özellikleri.	20
Çizelge 1.7 : Airborne sistemleri karşılaştırma tablosu.	21
Çizelge 1.8 : Sherpa ranger ve provider özellik karşılaştırması.	25
Çizelge 1.9 : Kuzgun 150 sistem özellikleri.....	28
Çizelge 1.10 : Mevcut sistemlerin TURAF ihtiyaçları ile karşılaştırılması.	29
Çizelge 3.1 : HCU-6E taşıma pleyti.	61
Çizelge 3.2 : Termal örtü özellikleri.....	67
Çizelge 3.3 : Kanopi kumaşı standartları.....	69
Çizelge 3.4 : İp karakteristiği.....	70
Çizelge 3.5 : İp standartları.....	71
Çizelge 3.6 : Riser standartları.....	72
Çizelge 3.7 : Riser standartları.....	72
Çizelge 3.8 : Kanopi kumaşı test ve metotları.	73
Çizelge 3.9 : İp ve kolon test ve metotları.	74
Çizelge 3.10 : Air guidance unit sistem test ve metotları.	75
Çizelge 3.11 : Environmental certification (MIL-STD-810-F) test ve metotları.	76
Çizelge 3.12 : Elektromanyetik enterferans test metotları.....	80
Çizelge 3.13 : Depolama kasası test tablosu.....	84
Çizelge 4.1 : TURAF kanopi özellikleri.....	85
Çizelge 4.2 : Malzeme tasarım özellikleri.	87
Çizelge 4.3 : Yerli pleyt üretiminde kullanılan kimyasallar.....	90
Çizelge 4.4 : TURAF faydalı yük taşıma sistemi tasarım özellikleri.	93
Çizelge 4.5 : TURAF air guidance tasarım özellikleri.	99
Çizelge 5.1 : Tahmini fiyat bilgisi.	108
Çizelge 5.2 : Doğrudan satınalma iş paket süreçleri.....	110
Çizelge 5.3 : Alt sistem bazında tedarik kaynak ve maliyetleri.	113
Çizelge 5.4 : Milli imkan ve kaynaklarla üretim iş paket süreçleri.	122
Çizelge 5.5 : Alternatif iş planı (B planı).	123

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Abbas Kasım İbn Firnas'ın bir çizimi.....	2
Şekil 1.2 : İtalyan Leonardo da Vinci'nin 1485 yılında tasarladığı paraşüt.....	3
Şekil 1.3 : Sistem entegre yapısı.....	5
Şekil 1.4 : Sistem entegre yapısı.....	6
Şekil 1.5 : Sistem çalışma prensibi.....	9
Şekil 1.6 : FireFly.....	13
Şekil 1.7 : MicroFly.....	15
Şekil 1.8 : 2K1T.....	17
Şekil 1.9 : DragonFly.....	19
Şekil 1.10 : DragonFly uzaktan kontrol ünitesi.....	20
Şekil 1.11 : Sherpa provider özellikleri.....	23
Şekil 1.12 : Sherpa ranger.....	24
Şekil 1.13 : Ultrafly.....	26
Şekil 1.14 : Kuzgun 150 kargo paraşüt sistemi (havada).....	27
Şekil 1.15 : Kuzgun 150 kargo paraşüt sistemi (yerde).....	28
Şekil 3.1 : Parafoil yapıya etki eden kuvvetler.....	43
Şekil 3.2 : Bernoulli prensibi.....	44
Şekil 3.3 : Parafoil üzerinde oluşan basınçlar.....	45
Şekil 3.4 : Ram air tipi paraşüt sistemi.....	47
Şekil 3.5 : Alt sistemlerin ram air tipi paraşüt üzerinde yerleşimi.....	47
Şekil 3.6 : Pilot paraşüt.....	49
Şekil 3.7 : Pilot paraşüt ana paraşüt bağlantısı.....	49
Şekil 3.8 : Navlaka.....	50
Şekil 3.9 : Uçuş sürecinde navlakanın pozisyonu.....	50
Şekil 3.10 : Kanopi.....	51
Şekil 3.11 : Hücre ağzı.....	52
Şekil 3.12 : Hücre geçiş delikleri.....	52
Şekil 3.13 : Kanopi hücre standartı.....	53
Şekil 3.14 : İplerin kanopi üzerindeki yerleşimi.....	54
Şekil 3.15 : Kevlar.....	55
Şekil 3.16 : Vectran.....	55
Şekil 3.17 : Spectra.....	55
Şekil 3.18 : Hma.....	55
Şekil 3.19 : Dacron.....	55
Şekil 3.20 : Slider.....	56
Şekil 3.21 : Metal halka.....	57
Şekil 3.22 : Riser ön görünüm.....	57
Şekil 3.23 : Riser yan görünüm.....	58
Şekil 3.24 : Metal kelepçe.....	58
Şekil 3.25 : Faydalı yük taşıma sistemi alt sistemleri.....	59

Şekil 3.26 : Taşıma pleyti.	60
Şekil 3.27 : Taşıma ağı.	62
Şekil 3.28 : Düğümsüz ağ.	62
Şekil 3.29 : Bağlama tokası.	63
Şekil 3.30 : Bağlama tokası ve halatı.	63
Şekil 3.31 : Bağlama kancası.	64
Şekil 3.32 : Zincir bağlama aparatı.	64
Şekil 3.33 : Zincir kancası.	65
Şekil 3.34 : Pleyt ek cihazı yan görünüm.	65
Şekil 3.35 : Pleyt ek cihazı üst görünüm.	66
Şekil 3.36 : Termal örtü.	67
Şekil 3.37 : Electromanyetik enterferans test yöntemleri.	78
Şekil 3.38 : Depolama kasası.	83
Şekil 4.1 : Yerli pleyt iç dizaynı.	89
Şekil 4.2 : Pleyt son hali.	90
Şekil 4.3 : Polietilen köpük malzemesi.	95
Şekil 4.4 : Basınç dengeleyici valf.	96
Şekil 4.5 : TURAF air guidance unit tasarımı.	97
Şekil 4.6 : TURAF aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemi.	100

AKTİF KONTROLLÜ FAYDALI YÜK PARAŞÜT SİSTEMLERİNİN PARAŞÜT YAPI VE MEKANİZMA AÇISINDAN İNCELENMESİ

ÖZET

Türkiye'nin coğrafi şartları ve jeostratejik konumu göz önünde bulundurulduğunda zamana karşı hızlı hareket etmenin önemli olduğu doğal afet, kara ve deniz üzeri arama kurtarma, operasyon bölgesine mühimmat ve erzak nakli görevlerinin insansız paraşüt sistemi ile icra edilmesi bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı, bu ihtiyaç karşısında havacılık ve uzay bilimleri alanında gelişen teknoloji ve çağın gereksinimlerine uygun insansız yeni nesil sistem ve cihazlara sahip olma yarışında yerini almıştır. Bu kapsamda, uzaktan kumandalı ve otonom olmak üzere iki farklı opsiyonda çalışabilen aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemi teknolojisini yakından takip etmekte olup, mili imkan ve kaynaklarla üreterek envantere dâhil etmeyi amaçlamaktadır.

Dünya genelinde bu amaçla aktif olarak kullanılmakta olan sistemler GPADS (Guided Precision Aerial Delivery Systems) kavramı ile bilinmektedir. Sistemi kullanan ve geliştirmeyi amaçlayan ülkeler, bu konuda özel bir ar-ge çalışması ve ciddi yatırım planları yapmaktadır.

Türkiye'de henüz kullanım alanı bulunmayan GPADS teknolojisi, bu çalışma ile detaylı olarak incelenmiş olup, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ihtiyaç duyduğu sisteme ilişkin kavram tanımlaması yapılarak tasarıma yönelik sistemin sahip olması gereken teknik özellikler ile proje planları ortaya konulmuştur. Sisteme sahip olan yerli ve yabancı firmalar ve tedarikçiler ile görüşmeler yapılmış, elde edilen bilgi ve tecrübe doğrultusunda Türkiye'deki kurum ve kuruluşların imkân ve kabiliyetleri dikkate alınarak ortak bir çalışma sonucunda sistemin milli olarak yapılabilirliği değerlendirilmiştir.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, paraşütün tarihçesi ile sisteme ilişkin yapılmış olan önceki çalışmalar araştırılmıştır. İkinci bölümde, genel bir bakış yapılarak sisteme olan gereksinim ve kısıtlar ortaya konulmuştur. Üçüncü bölümde, paraşüt çalışma prensibi kavramsal olarak incelenmiştir. Dördüncü bölümde, aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi, paraşüt, yapı ve mekanizma açısından sistem ve alt sistem bazında incelenmiş, sistemin ihtiyaç duyduğu askeri standartlar ve bu standartların sağlanmasında kullanılan test ve metotlar anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ihtiyaç duyduğu GPADS tasarımı yapılmıştır. Altıncı bölümde ise sistemi envantere dâhil etmek için takip edilecek tedarik etme yöntemleri ve projelendirme detaylarına ilişkin iş paketleri üzerine ayrıntılı bir çalışma yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, Türkiye’deki kurum ve kuruluşların ortak çalışması ile sistemin milli olarak üretilebileceği ve en iyi uçuş performansını veren ram air tipi paraşüt sisteminin askeri standartlara bağlı kalmak koşuluyla tasarım aşamasında kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

A STUDY OF THE ACTIVE CONTROLLED USEFUL LOAD PARACHUTE SYSTEMS IN TERMS OF PARACHUTE, STRUCTURE AND MECHANISM

SUMMARY

Taking into account the geograhya and the geostrategic location of Turkey, it has become a necessity to perform tasks which are time sensitive such as natural disaster, search and rescue and airlift of ammunition and supplies to operation zones by using unmanned parachute systems.

Turkish Air Force (TURAF) Headquarters, in response to this necessity, has claimed its place in the race of possessing new generation unmanned systems and devices which are suitable for developing technology and other improvements of the era in the fields of aviation and space sciences. Within this scope, TURAF closely follows the active controlled useful load-carrying system technology which can be operated in two different options, remote controlled and autonomous, and aims to possess this technology by producing it using local means and sources.

Across the World, the system actively used for this purpose are known as Guided Precision Aerial Delivery Systems (GPADS). The countries using and aiming to improve these systems have been carrying out research and development studies and making serious investment plans. GPADS technology, which has not been used in Turkey yet, has been studied in detail with this thesis. In this context, a description of the concepts regarding the system TURAF needs has been made, and the technical specifications and project plans that the system on draft requires have been put forward. Meetings have been held with the national and foreign firms and suppliers owning the system. In the direction of the information and experiences gained and considering the possibilities and capacities of the institutions and organizations in Turkey, feasibility of producing the system nationally has been evaluated with a joint study.

The study consists of seven sections. In the first section, previous studies related to history of parachute and the GPADS have been analyzed. In the second section, we discuss the requirements and restrictions regarding the system from a general viewpoint. In the third section, the working principles of parachute have been explained conceptually. In the fourth section, the active controlled useful load parachute system has been examined in terms of parachute, structure and mechanism on the basis of system and sub-system, and the military standards needed by the system and the tests and methods used to establish these standards have been stated.

In the fifth section, the design of TURAF GPADS needs has been put forward. In the sixth section, a comprehensive study has been performed on the work packages regarding supplying methods and project details in order to acquire the system.

At the end of the study, it has been concluded that the system can be produced domestically with the cooperation of institutions and organizations in Turkey, and that the ram air canopy which produces the best flight performance results should be used during the design phase provided that the compulsory military standards are met.

1. GİRİŞ

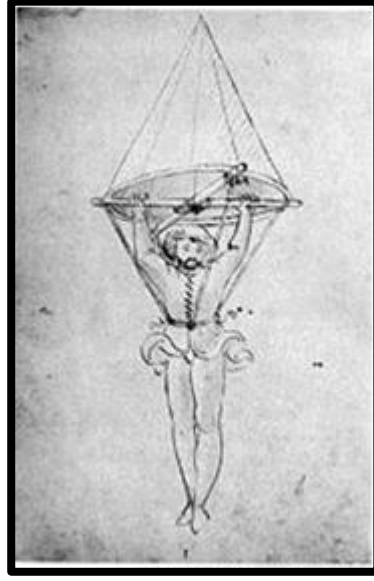
Günümüzde teknolojinin herhangi bir alanında ar-ge çalışmasına başlanılmadan önce, mevcut çalışmaların, kullanılan teknolojinin ve bu çalışmalar sonucunda elde edilen ürünlerin neler olduğunu araştırmak başlangıç için oldukça önemlidir. Buradan hareketle, Türk Hava Kuvvetlerinin ihtiyaçlarına cevap verebilecek “Aktif Kontrollü Faydalı Yük Taşıma Sistemi” tasarımına başlamadan önce, havacılık ve uzay sektöründe öne çıkan bazı firmaların sistemlerine kısaca göz atmak faydalı olacaktır.

Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde paraşütün tarihi safahati ve genel çalışma prensipleri ile kullanım alanlarına değinilecek, sonrasında ise HDT Global Airborne Systems, MMIST, Wamore ve Uçman Havacılık firmalarının tasarladığı sistemler üzerinde durulacaktır.

1.1 Paraşütün Tarihçesi ve Genel Bilgi

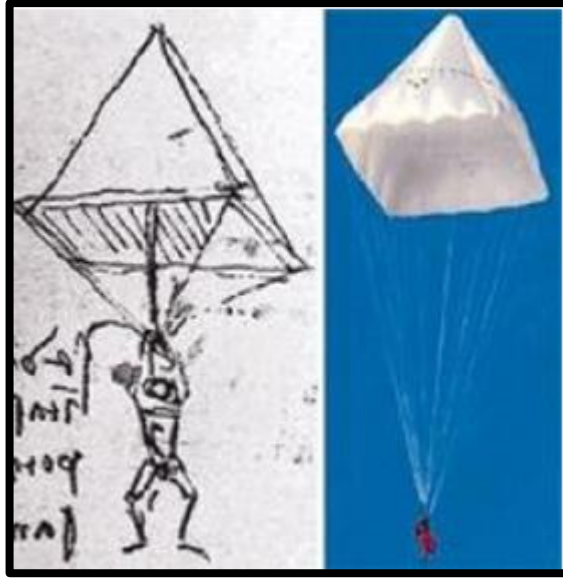
Yerçekimi kuvveti havadan yeryüzüne doğru düşmekte olan cisim üzerinde etkili olmaktadır. Bu etki düşen cismin hızını artıracak şekildedir. Cismin hızı arttıkça doğru orantılı olarak havanın direnci de artar. Cisim üzerinde etkili olan yer çekimi kuvveti söz konusu hava direnci ile eşit oluna kadar cismin düşüş hızı artarak devam eder, eşitlik sağlandığında ise cismin düşüş hızı sabitlenir ve cisim bu hız ile yeryüzüne düşer. Bu hız havadan yere düşen cismin son hızı olarak ifade edilir. Son hız ile cisim yoğunluğu arasında doğru orantı bulunmaktadır. Havadan yeryüzüne atlayış yapan bir canlının kütlesi artırılmadan, ilave teçhizat ile düşüş anında karşılaşacağı hava direnci artırılabilir. Artan hava direncine paralel olarak son hızı azaltılabilir ve canlı düşük hızlarda emniyetli bir şekilde yere iniş yapabilir. İşte son hızı azaltmak amacıyla ilave olarak kullanılan bu teçhizata paraşüt adı verilmektedir.

Paraşütün eski tarihlerde kullanımına bakılacak olursa; Arap mucit Abbas Kasım İbn Firnas'ın M.S. 810-887 yılları arasında paraşüte benzeyen alet kullandığına dair kayıtlarla karşılaşilmektedir (Şekil 1.1).[1] Çin'de bulunan kayıtlarda ise 1306 yılında tahta çıkan Çin imparatorunun onuruna Pekin'de bir cambazın yüksek bir yerden atlayış yaptığı belirtilmektedir. İtalyan sanatçı Leonardo da Vinci 1452-1519 yılları arasında bir paraşüt tasarımı yapmış ve piramit şeklindeki bir çadırın altına iplerle bağlanmış insan taslağı çizmiştir (Şekil 1.2).[1]



Şekil 1.1 : Abbas Kasım İbn Firnas'ın bir çizimi.

Güneş'ten korunmak amacıyla kullanılan şemsiyeden esinlenen insanlar paraşütün günümüzde kullanıldığı şekle benzer bir yapıyı ortaya koymuştur. Fransız baloncu Joseph Montgolfier'in 1770'lerde bir kuleden paraşütle canlı koyunu aşağıya bırakması, Louis Sebastien Lenormand 1783'te bir kuleden paraşütle atlaması ve Jean Pierre Blanchard'ın 1785'te balondan bir köpeği paraşütle aşağı atması, şemsiye şeklindeki paraşüt kullanımının tarihteki örnekleridir. Ardından Andre Jacques Garnerin'in 1797'de paraşüt kullanarak Paris'in üzerinden balondan atlaması kendisine bu alandaki en başarılı atlayış gerçekleştiren ilk kişi olma ünvanını kazandırmıştır. İnsanların merakına bağlı olarak gerçekleştirilen atlayış denemeleri ile balondan paraşütle atlamak 19'uncu yüzyılda insanlar tarafından çok sevilen bir eğlence haline gelmiştir.



Şekil 1.2 : İtalyan Leonardo da Vinci'nin 1485 yılında tasarladığı paraşüt.

Tarihte şemsiyeye benzeyen ve kubbe tipi olarak bilinen paraşütler en iyi performansı veren paraşütler olarak nitelendirilmektedir. Bu tarz bir kubbe tipi paraşüt ilk olarak 1880 civarında dizayn edilmiştir. Kubbe tipi paraşütler, atlayış sonrasında çantadan çıkarılarak ya da atlayış öncesi açılarak kullanılmaktaydı. Bu atlayışlarda meydana gelen sıkıntıları farkederek Amerikalı L. Stevens 1908 yılında farklı tarzda atlayışlar denemiştir. Atlayış yapan kişinin belirli bir süre serbest düşme gerçekleştirdikten sonra bir çanta içinde yanında taşıdığı kubbeye bağlı ipi çekerek paraşütü açma yöntemi bunlardan bir tanesidir.

Bu zamana kadar yüksek bir yerden ya da balondan atlamak suretiyle gerçekleştirilen atlayışlar, bu tarihten sonra yerini uçaktan atlayışa bırakmıştır. Bu alanda ABD'li Yüzbaşı Albert Berry uçaktan paraşütle ilk başarılı atlayışı gerçekleştiren kişi olarak 1912 yılında kayıtlara geçmiştir.

Paraşütün muharebe alanında kullanılması I. Dünya Savaşı'nda balon mürettebatına ve pilotlara temin edilmesi ile başlamıştır. 1918 yılında Floyd Smith tarafından havada ipi çekilerek serbest bırakılan tipteki çantalı paraşütlerin patenti alınarak pilotların ve mürettebatın acil durumlarda uçaktan kurtulma aracı olarak kullanılması fikri doğmuştur. Leslie Irvin tarafından ise bu paraşütler geliştirilerek dünya çapında kullanımı yaygınlaştırılmıştır.

Paraşütün II. Dünya Savaşı yıllarındaki gelişimine bakıldığında ise geliştirilen uçuş mürettebatının paraşüt yardımıyla kazalardan kurtuldukları anlaşılmaktadır. Bu dönemlerdeki üstünlük savaşları ve gelişen teknoloji karşısında uçaklar da gelişim sürecine girmiş ve yüksek hızlara ulaşabilen makinalara dönüşmüşlerdir. Ancak yaşanan acil durumlarda pilotların böylesine yüksek hızlı uçaklardan bu tarz paraşütlerle kurtulamaması, insanları paraşüt teknolojisinde yeni arayışlara yönlendirmiştir. II. Dünya Savaşı'nın etkili güçlerinden biri olan Almanya bu konuda çalışmalarını hızlandırmış ve bazı avcı uçaklarında yaylı bir mancınık düzeneği kullanmaya başlamıştır. Ancak yaşanan mekanik aksaklıklar, pilot koltuğu altına yerleştirilen fişeklerin ateşlenmesi ile koltuğun uçak dışına fırlatılmasının en iyi çözüm olduğunu ortaya koymuştur. İhtiyaç halinde pilotu uçaktan ayıran bu sisteme sahip fırlatma koltukları ilk kez İngiltere'de geliştirilmiş olup, günümüzde otomatik olarak çalışmaktadır. [1,2]

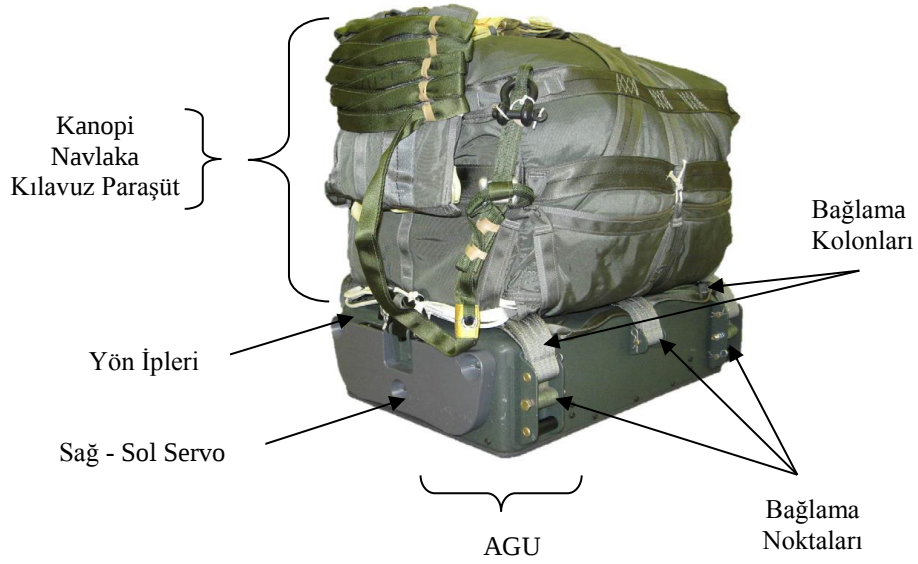
Havacılık sektöründeki gelişmelere paralel olarak paraşütlerin kullanım alanları da yaygınlaşmaktadır. Örneğin, yüksek iniş hızına sahip jet uçakları, pist başına teker koyduktan sonra duruncaya kadar uzun mesafe katetmektedir. Bu mesafenin olabildiğince kısa olması için, F-4 gibi bazı uçaklar frenleme yaparak yavaşlamayı sağlayan paraşütlerle donatılmıştır. Paraşütün uzay alanında kullanımına en güzel örnek ise görevini tamamlayarak Dünya'ya dönen uzay araçlarıdır. Yüksek süratlerde atmosfere girerek yere yaklaşan bu araçlarda yavaşlayarak güvenli bir biçimde yere inilmesi için diğer yapılara ilave olarak paraşütler kullanılmaktadır.

Paraşütçülük havacılık alanında sürekli ilgi görmüş ve kısa zamanda insanlar tarafından üzerinde araştırma yapılan bir spor dalı haline gelmiştir. Uçurtma üreticisi Domina Jalbert tarafından tasarlanan sportif paraşüt 1970'li yıllarda yoğun ilgi görmüştür.[2] Daha önceden konumu bilinen bir hedefin üzerine yüksek doğrulukla ineilmeyi amaçlayan aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemi konseptinde özel tasarım paraşütler geliştirilmiştir. Söz konusu paraşütler, insansız hava aracı kategorisinde olup, uzaktan kumada ve konumlama sistemi yardımıyla otonom olarak hareket etmektedir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte son zamanlarda çeşitli sistemlerle donatılmış özel tasarımı ileri teknoloji kullanan bu paraşütler, ordu ve sivil toplum örgütleri tarafından lojistik ihtiyaçları havadan belirli bir irtifa ve mesafeden insansız olarak ulaştırmak için kullanılmaya başlanmıştır. Devam eden bölümde, bu sistemlerin çalışma prensibi ile üretimini ve geliştirilmesini yapan bazı önde gelen havacılık firmalarının paraşüt sistemleri incelenecektir.

1.2 Sistem Entegre Yapısı ve Çalışma Prensibi

1.2.1 Sistem entegre yapısı



Şekil 1.3 : Sistem entegre yapısı.

Kanopi katlanmış halde navlaka içerisinde bulunmaktadır. Navlakanın ucunda ilk olarak açılmak üzere hazır bulunan kılavuz paraşüt mevcuttur. Kanopi riserlar (bağlama kolonları) vasıtası ile 4 noktadan bağlanarak AGU üzerine yerleştirilmektedir. Riserlar birleşme noktalarından geçerek yüke bağlanırlar. Böylece riserlar doğrudan yükü taşımakta, bunun yanı sıra AGU'yu 4 noktadan dengelemektedir. Sistem entegre yapısı (Şekil 1.3) ve (Şekil 1.4)'te gösterilmiş olup, AGU üzerine herhangi bir yük binmemektedir. [3,4]



Şekil 1.4 : Sistem entegre yapısı.

1.2.2 Sistem çalışma prensibi

Sistemin bir bütün halinde uçaktan atılarak yeryüzüne temas edene kadar geçecek süre içerisinde takip edilen işlem adımları (Şekil 1.5)'te belirtilmiştir. [4]



Paraşüt, yük ve kontrol ünitesi birbirine irtibatlandırılmış şekilde serbest bırakılır.



İlk önce kılavuz paraşüt açılır, bu esnada sistem düşüşe devam eder.



Kılavuz paraşütün dolması ile birlikte navlaka içindeki kanopi serbest kalır.

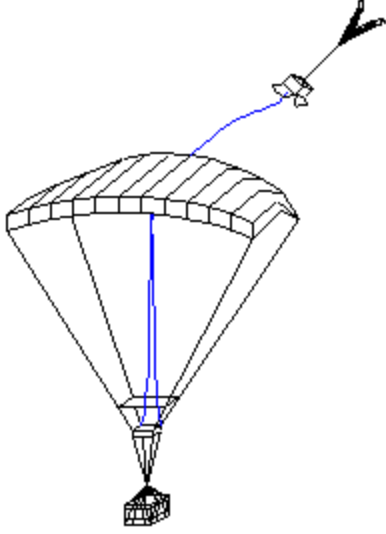


Kılavuz paraşüt ve navlaka AGU'ya irtibatlandırılmış halde kalır.

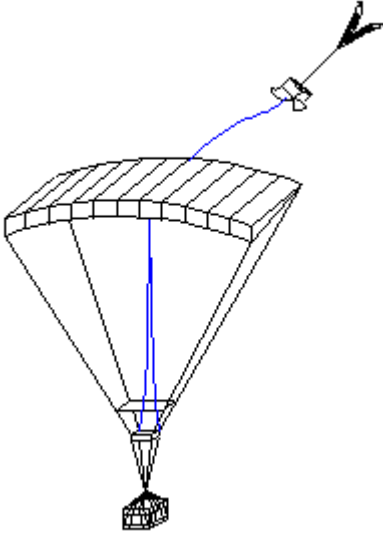


Kılavuz paraşüt sönmüş bir vaziyette kalır.

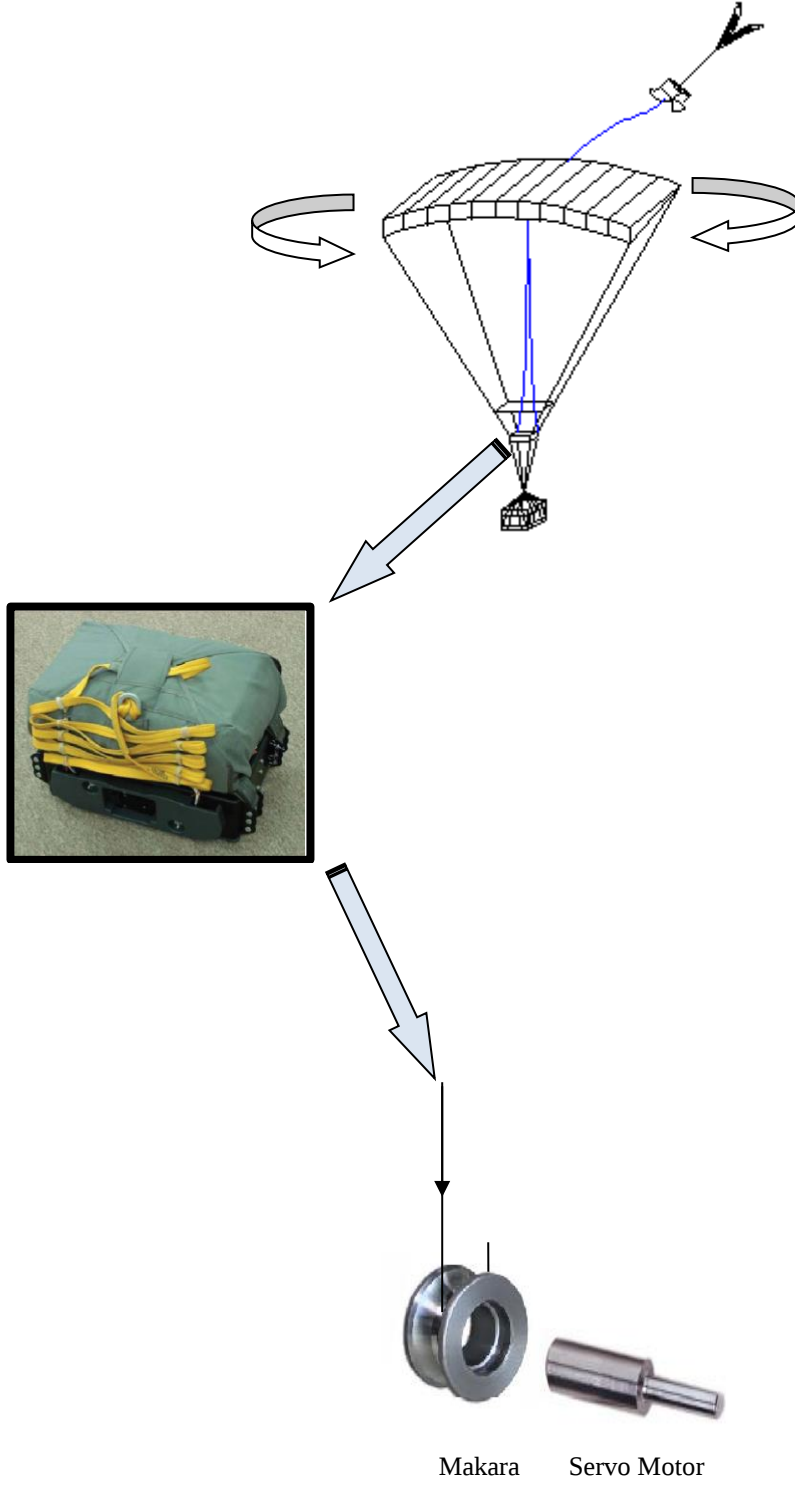
Kanopi dolmadan önce slider üst tarafta açılmaya hazırdır.



Kanopinin dolması esnasında iplerin gerilmesi ile beraber slider aşağıya doğru açılarak şok etkisi nedeniyle kanopinin patlamasını ve iplerin karışması engellemektedir.



Kanopi tam dolduktan sonra sistem AGU tarafından otonom kontrollü hareket için hazır hale gelmektedir.



Şekil 1.5 : Sistem çalışma prensibi.

Kanopinin yön ve fren ipleri AGU'nın sağ ve sol taraf iç kısmında bulunan makaralara irtibatlandırılmıştır. Bu makaralar AGU içerisinde bulunan servo motorlara irtibatlandırılmıştır.

Uzaktan radyo kontrolü ya da koordinatların GPS üzerinden önceden girilmesi ile otonom olarak görev yaparak paraşüt sistemini istenilen hedef noktasına ulaştırmayı hedefleyen AGU, aldığı komutlar ile servo motorları harekete geçirir.

Servo motorların dönüşü ile birlikte şaft mili vasıtası ile servoya bağlı olan makara dönmeye ve üzerinde bulunan paraşüt yön ipini sarmaya başlar.

Sağ servo motora komut verildiğinde sağ makara sağ yön ipini sarar ve sağa dönüş gerçekleşir.

Buna karşılık sol servo motora komut verildiğinde sol makara sol yön ipini sarar ve sola dönüş gerçekleşir.

Servonun ters komut hareketi ile sarım yapılan makara ilk pozisyonuna gelir, bu sırada sarılan ip de ilk pozisyonunu alır. Bu işlem dönüş bitene kadar sürer. Böylece dönüş işlemi gerçekleşmiş olur.

Her iki servonun aynı anda kumanda alması ile birlikte sağ ve sol makaralar harekete geçerek frenleme yapılır.

1.3 Önceki Çalışmalar ve Literatür Araştırması

1.3.1 HDT Global Airborne Systems

Havadan faydalı yük atma sistemlerini tasarlayan, üreten ve geliştiren, başta ABD ordusu olmak üzere müttefik ülkelerin görev isterlerine cevap vermeyi amaçlayan HDT Global Airborne Systems firması, bünyesinde 45 kg ile 19 ton faydalı yük kapasiteli sistemleri bulundurmaktadır.

Airborne Systems firmasına ait otonom çalışan ve sistemin maliyet etkinliğini ekonomik seviyede kılacak teçhizat tasarımları ile havadan atılan yükün istenilen hedef noktasına emniyetli bir şekilde inmesine olanak sağlayan MicroFly™, FireFly™, DragonFly™ ve 2K1T™ olarak tanımlı aktif kontrollü paraşüt sistemleri askeri ve özel operasyonlar, insani yardım kuruluşları ile sivil arama ve kurtarma operasyonlarında son 20 yıldır etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

MicroFly™, FireFly™, DragonFly™ ve 2K1T™ sistemleri 100 lb. (45 kg)'den 10000 lb. (4500 kg)'ye kadar olan yükleri taşıma kabiliyetindedir. Airborne Systems, ayrıca taşıma kapasitesini 40000 lb. (18100 kg)'ye kadar çıkaran MegaFly ve GigaFly sistemlerini de geliştirmektedir. Hepsi ortak bir algoritma, kullanıcı ara yüzü ve görev planlayıcı ile çalışmaktadır. Paketleme metodu bütün sistemler için aynı olup, farklı sistemlere entegrasyonu için çok az ilave eğitim gereklidir.

FireFly™ paraşüt sistemi Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından kullanılan 2200 lb (2K, 1000 kg) kapasiteli faydalı yük paraşüt sistemidir. Sistemin güdüm, kontrol ve navigasyon yazılım sistemi gerçek zamanlı olarak çevresel şartları analiz ederek faydalı yükü istenilen noktaya daha hassas bir konumlama ile indirebilmektedir. 25000 ft. irtifadan atılabilen sistem, hava koşullarına bağlı olarak 25 km. ve üzeri menzile sahiptir. Uzaktan kumanda ile manuel olarak kontrol edilebilmektedir.

Dragonfly™ paraşüt sistemi Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından kullanılan 10000 lb (4500 kg) kapasiteli tam otonom GPS kontrollü faydalı yük paraşüt sistemidir. Havadan indirme güdüm ünitesi ile (Airborne Guidance Unit, AGU) sistemin konumu 4 saniyede bir hesaplanır, uçuş kontrol algoritması sürekli olarak ayarlanır ve maksimum doğrulukla hedefe ulaşılması sağlanır.

2K1T™ faydalı yük paraşüt sistemi tek kullanımlık ve ram-air tipi düşük maliyetli bir paraşüt sistemidir. FireFly™ sisteminin bir tamamlayıcısı olan 2K1T™, aynı yüksek performans ve kapasite ile çalışmakta olup, kullanıcının paraşütü keserek güdüm kontrol sistemini serbest bırakabilmesine olanak sağlamaktadır. FireFly™ sisteminden farklı olarak paraşütün toplanması, katlanması ve depolanması safhaları olmadığından 2K1T™ sistemi daha hızlı ve hareket kabiliyeti açısından daha gelişmiş bir sistemdir. Diğer Airborne sistemleri gibi Amerikan ordusu tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. [4]

1.3.1.1 FireFly™

FireFly™ paraşüt sistemi (Şekil 1.6) [6,7] deniz seviyesinden 25000 ft. kadar bırakıldığı irtifadan istenilen noktaya kendi kendine uçabilen bir sistemdir. 2200 lb'ye (1000 kg) kadar faydalı yük ile 25 km.'ye kadar süzülerek 150 m. hata payı ile hedef noktaya iniş yapabilme kabiliyetine sahiptir (Çizelge 1.1).[6, 7] Yatay ve dikey olarak kullanılan bu mesafe, havadan yükü atan ve karadan aynı yükü alan ekip için emniyet mesafesi oluşturarak ekiplerin güvenliğini artırmaktadır. Otonom uçuş kabiliyeti, konuşlanmış kuvvetlerin idamesini sürdürmek için gerekli olan araç trafiğini ve konvoyları azaltarak birliklerin lojistik ihtiyaçlarını maksimum düzeyde karşılamaya olanak sağlar.



Şekil 1.6 : FireFly.

FireFly™ sistemi Amerikan 2000 lb. JPADS (Joint Precision Aerial Delivery Systems) programı için Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından seçilmiş, bugüne kadar binlercesi operasyonel sahada kullanılmış ve belirli ağırlık aralığındaki tüm lojistik isterleri uzak Amerikan kuvvetlerine ulaştırmıştır.

FireFly™ sistemi güdüm, kontrol ve navigasyon yazılımı ile sürekli olarak çevresel şartları analiz etmekte, elde edilen verilerle uçuş algoritmasını saniyede birçok kez optimize ederek çok yüksek bir hedefi tutturma oranı ile hedef noktaya ulaşabilmektedir.

Kullanıcı yalnızca hedef noktanın lokasyon ve faydalı yük ağırlığı bilgilerini sisteme girerek sonuca ulaşabilmektedir. Mevcut rüzgar bilgisi FireFly™ sistemi tarafından sürekli gerçek zamanlı olarak okunmaktadır.

Sistem JPADS görev planyacısının tüm sürümleri ile uyumlu olarak çalışabilmektedir. Ayrıca 802.11 kablosuz arayüzü ile JPADS Görev Planlayıcısı ve Uzaktan Kumanda Ünitesi ile kullanılabilir.

Çizelge 1.1 : FireFly sistem özellikleri.

TEKNİK BİLGİ	
Yük kapasitesi	700 - 2,200 lb (315 kg) - (1.000 kg)
Sistem ağırlığı	167 lb (75 kg)
Kanat açıklığı	56 ft (17 m)
Veter hattı	18 ft (5,5 m)
Hücre sayısı	19
Açılış şoku (maks.)	4.5 g
Maksimum bırakma irtifası	25,000 ft (7620 m)
Minimum bırakma irtifası	3500 ft (1067 m)
Maksimum süzülüş, L/D rüzgârsız	4.0 : 1

1.3.1.2 MicroFly™

MicroFly™ (Şekil 1.7) [8], emniyetten ödün vermeyen ve eğitim gereklerini artırmadan askeri görev kabiliyetlerini geliştiren, kullanım kolaylığı, esneklik ve düşük maliyet sağlayan, bağımsız bir malzeme ulaştırma sistemidir.

Hem malzemenin hem de atlayıcının yere beraber inmesine imkân sağlamak için, HAHO(Yüksek İrtifa Yüksek Açış)/ HALO(Yüksek İrtifa Yüksek Açış) ekleme takımlarıyla aynı paraşütü kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem küçük ağırlık aralığı (113.9 - 226.3 kg) (Çizelge 1.2) [8] olan yükü, belirlenmiş alanlara ulaştırmak için kullanılabilir. [8]

MicroFly™, harici bir etki olmadan, güdüm kiti (Çizelge 1.3) [8] vasıtasıyla hedef noktasına uçacak şekilde tasarlanmıştır. Rüzgar içinde veya bir yol gibi doğrusal bir hat boyunca, belirli bir iniş alanına bağımsız inişler yapabilme imkanına sahiptir. Uzaktan kumanda (Çizelge 1.4) ile çoklu MicroFly™ sistemleri aynı anda manuel olarak kontrol edilebilmektedir. [8]



Şekil 1.7 : MicroFly.

MicroFly™ kullanımı kolay bir sistemdir. Paketlenmesi ve hazırlığı, klasik bir paraşütü paketlemek için gereken zamandan daha azdır. 10 dakika içinde hiçbir proteknik alet gerektirmeden, bir paraşüte monte edilebilmektedir. MC-5, HG-380 (Hi-Glide™) paraşütleri dahil tüm hava paraşütleri ile uyumludur. Bu özellik, sistemin esnekliğini ve uyumluluğunu ortaya koymaktadır.

Kurulumdan sonra, MicroFly™ kullanımı için, sadece hedef noktasının yeri ve yüksekliği yeterlidir. İsteğe bağlı olarak rüzgar içine veya düz bir hatta iniş için herhangi bir iniş açısı girilebilmektedir.

MicroFly™ birim maliyeti düşük bir sistemdir. Kullanıcılara, pahalı test süreçleri ve geliştirme maliyetlerine ihtiyaç duymadan hassas hava ulaştırma teknolojisini çalıştırma imkânı sunmaktadır. MicroFly™'ın eğitim süreci maliyet açısından kolay karşılanabilmelidir.

Görev gerekleri, klasik yollarla taşınamayacak ilave bir malzemeyi talep ettiği zaman, tek alternatif tandem yığın paraşüt sistemidir. Tandemin kelime anlamı sırt sırta ya da üst üste bağlamadır. Bu sistemler, özel ekipman ve ilave eğitime ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca, paraşüt ile kanat yüklenmesindeki fark nedeniyle bir tandem yığın paraşüt atlayıcısı, diğer atlayıcılara göre daha fazla alçalma oranına ve hava hızına sahip olmaktadır. Bu durum atlayıcının iniş alanında yalnız kalabileceği anlamına gelmektedir.

Buna ek olarak, bir arıza durumunda, tandem atlayıcısı yükü bırakabilir. Bu durum ise atlayıcının kontrol edilemeyen bir paraşüt altında alçalması anlamına gelir. Her iki senaryo da planlanan görevde önemli değişikliklere yol açmaktadır.

Bir tandem sisteminin aksine, Microfly™, özel ekipman veya ilave eğitim gerektirmez. Teçhizatın yakın kalmasına ve operasyon boyunca ekipmanın kontrol altında kalmasına olanak vermektedir.

Çizelge 1.2 : MicroFly sistem özellikleri.

TEKNİK BİLGİ	
Yük kapasitesi	251-499 lb (113,9 kg) - (226,3 kg)
Sistem ağırlığı	64 lb (29 kg)
Kanat açıklığı	Paraşüte göre değişkendir
Veter hattı	Paraşüte göre değişkendir
Hücre sayısı	Paraşüte göre değişkendir
Açılış şoku (maks.)	4.5 g
Maksimum bırakma irtifası	24.500 ft (7467,6 m)
Minimum bırakma irtifası	3.500 ft (1067 m)
Maksimum süzülüş, L/D rüzgârsız	6.0 : 1

Çizelge 1.3 : MicroFly güdüm kiti özellikleri.

GÜDÜM KİTİ ÖZELLİKLERİ	
Boyut	48,9 X 30,5 X 13,3 cm
Ağırlık	43 lb (19,5 kg)
Şarj Zamanı	45 dak.

Çizelge 1.4 : MicroFly uzaktan güdüm kiti özellikleri.

UZAKTAN GÜDÜM KİTİ ÖZELLİKLERİ	
Boyut	18 X 12,5 X 3,8 cm
Ağırlık	1lb (0,45 kg)
Görüş Mesafesi	18 mil (29 km)
Batarya	Standart AA boyutunda

1.3.1.3 2K1T™

2K1T™ paraşüt sistemi (Şekil 1.8), deniz seviyesinden 25000 ft'e kadar bırakıldığı irtifadan istenilen noktaya ulaşabilen ve 2000 lb'ye (907 kg) kadar faydalı yük taşıyabilen bir sistemdir (Çizelge 1.5).[3] 20 km'ye kadar süzülerek 150 m. hata payı ile hedef noktaya iniş yapabilme kabiliyetine sahiptir.

2K1T™ “ram-air” tipi, tek kullanımlık ve düşük maliyetli bir paraşüt sistemi olup, kullanıcının faydalı yükü ve güdüm sistemini keserek paraşütü geride bırakabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özellik kullanılan paraşütün tekrar alınarak kullanıma hazırlanması gerekliliğini ortadan kaldırmakta ve bu sayede maliyet etkin kılınmaktadır. Ayrıca yer ekibinin güvenliği de sağlanmaktadır.



Şekil 1.8 : 2K1T.

2K1T™ sistemi, FireFly™ sistemi ile aynı performans-faydalı yük kapasitesine sahiptir. 20 kereye kadar kullanılabilen FireFly™ sisteminde, paraşütün tekrar kullanıma hazır hale getirilmesi ve uygun şartlarda depolanması gibi özel işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple 2K1T™ sistemi FireFly™ sistemine göre daha pratik bir sistemdir. Tek kullanımlık kanopi özelliği ile 2K1T™ sistem paraşütü bütünüyle hazır olarak bulunduğundan sadece faydalı yüke takılmak sureti ile kısa sürede operasyona hazır hale gelmektedir.

2K1T™ sistemi Amerikan 2000 lb JPADS programı için Amerikan Ordusu tarafından seçilmiş ve operasyonel sahada tüm uzak noktadaki birliklerin lojistik desteği için kullanılmaktadır. Sistem FireFly™ sisteminden sonra modellenmiş ancak alternatif materyallerin kullanılmasıyla performanstan ödün verilmeden daha ekonomik hale getirilmiştir.

Çizelge 1.5 : 2K1T sistem özellikleri.

TEKNİK BİLGİ	
Yük kapasitesi	700-2.000 lb. (315-907 kg)
Sistem ağırlığı	70 lb (32 kg)
Açılış şoku (maks.)	4.5 g
Maksimum bırakma irtifası	25.000 ft (7620 m)
Minimum bırakma irtifası	3.500 ft (1067 m)
Maksimum süzülüş, L/D rüzgârsız	3.2 : 1

1.3.1.4 DragonFly™

Dragonfly™ (Şekil 1.9), 5000 lb. (2250 kg)'den 10000 lb. (4500 kg)'ye kadar olan yükleri taşıma kabiliyeti olan, GPS güdümlü tamamen bağımsız bir faydalı yük taşıma sistemidir. Sistem maksimum denge kabiliyeti için süzülüş oranı 3.75:1 olan tam eliptik bir ram-air tipi bir paraşüte sahip olup, belirlenen hedef noktasının içinde bulunduğu 250 m. yarıçaplı alana inebilme kabiliyetine sahiptir (Çizelge 1.6). [9]

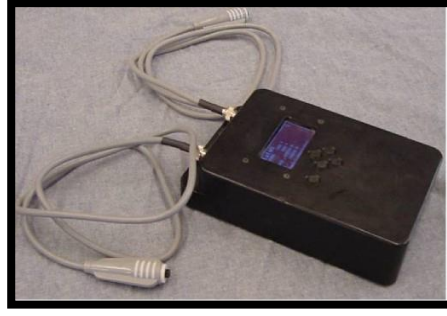


Şekil 1.9 : DragonFly.

Dragonfly™ sistemi, Amerikan 10000 lb. JPADS programı için Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından kullanılmaktadır. Dragonfly™ paraşüt paketlenirken, güdüm kitinin ayrı olarak şarj edilmesine, bakımının yapılmasına ve depolanabilmesine olanak vermektedir. Bu modüler tasarım sayesinde atışlar arasındaki hazırlık zamanlarının 4 saatten daha az olması sağlanmaktadır. Dragonfly™'ı programlamak için gereken tek bilgi hedef noktasının koordinatlarıdır. Güdüm ünitesine rüzgâr bilgisinin yüklenmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Güdüm ünitesi, saniyede 4 kez pozisyonu hesaplayarak maksimum doğruluğu elde etmek için sürekli olarak uçuş algoritmasını düzenler. Bu düzenlemeler ile son yaklaşıma kadar kararlı bir uçuş gerçekleştirerek iniş yapılır.

Dragonfly™ Amerikan JPADS görev planlayıcısı ile uyumludur. Görev planlama programı, tahmin edilen rüzgâr bilgisini ve Dragonfly™ paraşütünün uçuş karakteristiklerini kullanarak paraşütün bırakma noktasını hesaplamaktadır. Airborne Systems görev planlayıcının arazi haritalama programı kullanarak simule edilmiş görevleri sanal bir çevrede çalıştırma kabiliyeti vardır.

Dragonfly™ sağlık bildirimlerini uzaktan görüntülemeyi mümkün kılan 802.11 kablosuz arayüzü ile donatılmıştır. Bu özellik izole edilmiş operasyonel alanlara atılan teçhizatları maksimum teknik destek sağlamayı mümkün kılmaktadır.



Şekil 1.10 : DragonFly uzaktan kontrol ünitesi.

Uzaktan kontrol ünitesi (Şekil 1.10) [9] sistemi bir görev için uzaktan programlamayı ve paraşüt atılmadan önce sistemin faaliyet durumunu izlemeyi sağlamaktadır. Uzaktan kontrol ünitesi Dragonfly™ uçaktan atıldıktan sonra koordinatları ve baş açısını izlemeyi sağlar. İsteğe bağlı olarak bir operatör hava güdüm ünitesini devreden çıkartarak manuel uçuş yapılabilir.

Çizelge 1.6 : DragonFly sistem özellikleri.

TEKNİK BİLGİ	
Yük kapasitesi	5000-10.000 lb (2250-4500 kg)
Sistem ağırlığı	508 lb (154 kg)
Kanat açıklığı	100 ft (30 m)
Veter hattı	35 ft (10,7 m)
Hücre sayısı	35
Açılış şoku (maks.)	4.5 g
Maksimum bırakma irtifası	25000 ft (7620 m)
Minimum bırakma irtifası	400 ft (1220 m)
Maksimum süzülüş, L/D rüzgârsız	3.75:1

Airborne sistem özelliklerinin karşılaştırılması (Çizelge 1.7)'de sunulmuştur. [10]

Çizelge 1.7 : Airborne sistemleri karşılaştırma tablosu.

	MicroFly™	FireFly™	DragonFly™	MegaFly™	GigaFly™
Faydalı Yük Kapasitesi	200 - 500 lb 90 kg - 225 kg	700 - 2,200 lb 315 kg - 1.000 kg	5,000 - 10,000 lb 2.250 kg - 4.550 kg	20,000 - 30,000 lb 9.100 kg - 13.600 kg	30,000 - 42,000 lb 13.600 kg - 19.000 kg
Yüzey Alanı	Değişken	1,025 ft ² 99.23 m ²	3,500 ft ² 325.16 m ²	9,000 ft ² 836.13 m ²	10,400 ft ² 966.16 m ²
Açıklık	Değişken	56 ft 17 m	110 ft 33.5 m	170 ft 51.8 m	195 ft 59.4 m
Veter Hattı	Değişken	18 ft 5.48 m	33 ft 10 m	56 ft 17.0 m	64 ft 19.5 m
Hücre Sayısı	Değişken	19	35	63	71
Maks. İrtifa	24,500 ft 7,467.6 m	24,500 ft 7,467.6 m	24,500 ft 7,467.6 m	24,500 ft 7,467.6 m	24,500 ft 7,467.6 m
Maks. Süzülme, L/D (rüzgarsız)	6.0 : 1	3.5 : 1	3.5 : 1	3.5 : 1	3.5 : 1
Hassasiyet	100-150 m (80%)	<150 m (80%)	<250 m (80%)	<250 m (80%)	<250 m (80%)

1.3.2 MMIST Sherpa™

MMIST firması bünyesinde üretilen bütün Sherpa sistemleri tam bağımsız GPS güdümlü, SAASM (Selective Availability Anti-Spoofing Module)¹ GPS desteği ve opsiyonel olarak uzaktan kontrol seçeneği sunan, bir düğme ile uçuş anında hedef noktayı tekrar programlama imkânına sahip sistemlerdir. Sherpa sistemleri ters rüzgârlı şartlarda da görev yapabilme kabiliyetine sahiptir.

Sherpa sistemleri, kolay tekli operasyonlar için, MMIST Launch PADS çoklu görev yöneticisi ile birlikte kullanılmaktadır. Ayrıca standart PADS eğitim programının bir parçası olan Amerikan Savunma Bakanlığı'nın JPADS görev planlayıcısı ile uyumludur.

1.3.2.1 Sherpa Provider™

2003 yılından beri operasyonel olarak Amerika dahil 10 ülke genelinde askeri servisler tarafından kullanılan GPS güdümlü hava ulaştırma sistemidir. Askeri ve özel kuvvetler tarafından, insani yardım, arama-kurtarma faaliyetleri, ticari malzeme nakli, keşif, ormancılık ve araştırma alanlarında kullanılmaktadır.

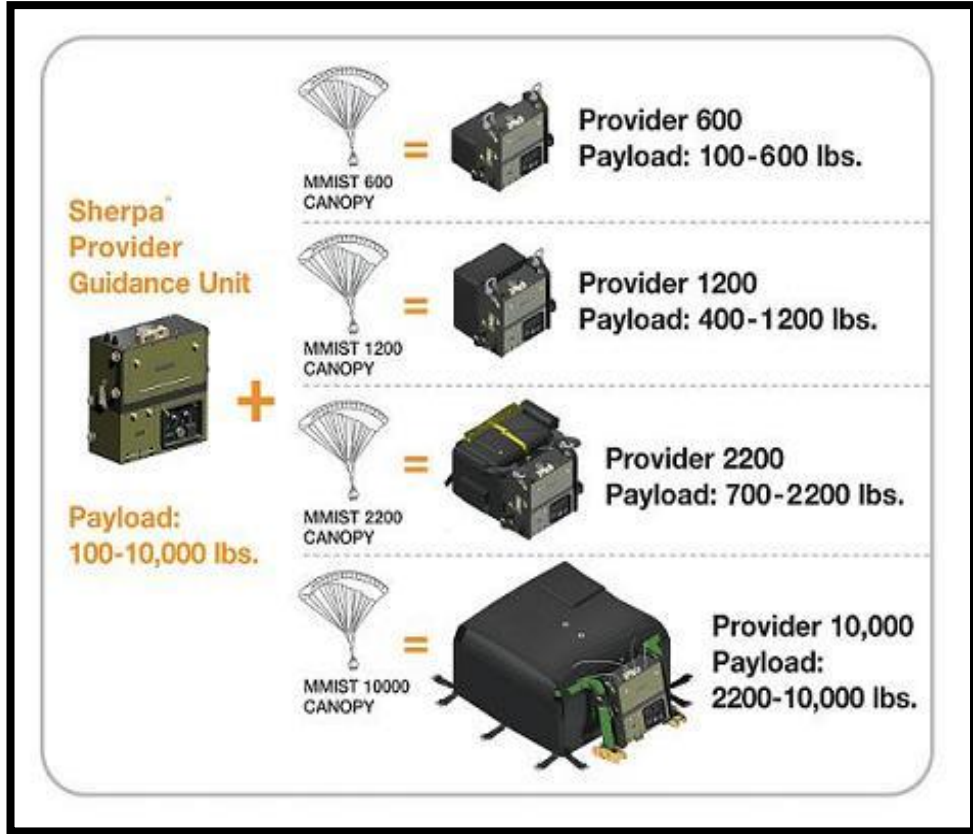
Provider ortak güdüm ünitesi ile sayesinde uçaktan atılan 100 – 10000 lb aralığında ağırlığa sahip yükleri hedefe ulaştıracak ve çoklu profillere kolayca entegre olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 1.11). [11] Kompakt, hafif ve modüler tasarımlı bir güdüm ünitesine sahiptir. Diğer hava ulaştırma sistemlerine nazaran, taşınan yük ağırlığı başına düşen maliyeti daha azdır.

Hangi kapasitedeki kanopiyi Provider ürünle birlikte temin edeceğini seçme opsiyonuna sahip olan kullanıcı, Provider ortak güdüm ünitesinin sunduğu bu esneklik sayesinde PADS alımlarında kendi tasarımını oluşturma imkanı bulmaktadır.

¹ SA: (Selective Availability-Seçici Kullanabilirlik). Uydudan gelen C/A (Course Acquisition) kod sinyallerine gürültü eklenerek doğruluğun düşürülmesi.
ASM: (Anti Spoofing Module). Uydudan gelen P kodlu sinyallere kripto yüklenerek Y kodunun elde edilmesi. [12]

Günümüzde 10000 lb. taşıma kapasiteli ürün gerekli olmasa da, ordular günlük gereksinimlerini Provider ile karşılarken, basit bir kanopi alımı ile bir sonraki yük kapasitesini taşıyabilme olanaklarını da devam ettirebilmektedir. Bir ortak güdüm ünitesi ve program elde iken, eğitim ve lojistik maliyetleri, her ağırlık aralığı için ayrı bir sistem kullanımı ile karşılaştırıldığında küçük bir miktar olarak ortaya çıkmaktadır.

Provider sistemi Ranger sistemindeki gibi HAHO² ve HALO³ kabiliyetine sahiptirler.



Şekil 1.11 : Sherpa provider özellikleri.

Sherpa Provider'ın Avantajları

- 100 – 10000 lb. yükleri taşıyabilen ortak güdüm ünitesi
- 100 m'den daha iyi iniş doğruluğu

² HAHO : High Altitude High Opening (Yüksek İrtifa Yüksek Açılış)

³ HALO : High Altitude Low Opening (Yüksek İrtifa Alçak Açılış)

- Sıfır yanal rüzgârda hedef noktasından 18 km menzile iniş
- Maksimum 25000ft (deniz seviyesinden) bırakış irtifası
- HAHO / HALO programlanabilir gecikme
- Atıştan inişe kadar hassas güdüm
- Çoklu iniş seçeneği
- Paraşütçü personel ile uyum
- Çoklu paraşüt sistemleri ile kolayca birleşebilen yapı
- Kablosuz 802,11/ kablolu görev planlayıcı
- Ortak MMIST Launch PADS çoklu görev yöneticisi
- JPADS görev planlayıcısı ile uyum
- Tekrar göreve hazır olma çabukluğu
- Kullanıcının seçebildiği yaklaşma baş açısı
- Manuel iniş
- Selective Availability Anti-Spoofing Module (SAASM)

1.3.2.2 Sherpa Ranger™

Sherpa Ranger sistemi (Şekil 1.12) [13] müşterinin isterlerine göre hazırlanabilen, maliyeti etkin, dikey ve yatay olarak güvenli mesafelerden faydalı yükü yüksek doğruluklu olarak hedefle buluşturabilen bir sistemdir. Küçük yükler için tasarlanmış kompakt ve hafif olan Ranger'ın güdüm sistemi 100 ve 1200 lb arasındaki yükleri dağınık halde görev yapan kuvvetlere ulaştırmak için geliştirilmiştir.



Şekil 1.12 : Sherpa ranger.

Sherpa Ranger güdüm kiti 2 adet paraşüt mekanizmasına (100-600 lb, 400-1200 lb) kolayca entegre edilerek iki farklı yük taşıma kapasitesine sahip birer sistem oluşturulabilmektedir. Aynı güdüm sistemi bir başka mekanizma ile birleşerek paratl personeli manuel olarak herhangi bir müdahaleye gerek kalmadan önceden belirlenmiş hedefe ulatırabilmektedir.

Sherpa Ranger'ın Avantajları :

- 100 metre hata payı
- Kompakt ve hafif güdüm kiti (33 lb, pillerle birlikte)
- HAHO, HALO
- Kablosuz 802.11/ kablolu görev yönetimi
- Selective Availability Anti-Spoofing Module (SAASM)

Tüm Sherpa sistemleri, tam otonom GPS güdümlü olup SAASM GPS desteğine sahiptir ve opsiyonel olarak uzaktan kontrol olanağına sahiptir. Ayrıca uçuş anında hedef nokta yeniden programlanılarak değiştirilebilmektedir. Sherpa Ranger ile Sherpa Provider sistemlerinin özelliklerinin karşılaştırılması (izelge 1.8)'de sunulmuştur. [13]

Çizelge 1.8 : Sherpa ranger ve provider özellik karşılaştırması.

	Ranger	Provider
Faydalı Yük Kapasitesi	100 - 1,200 lbs 45 - 544 kg.	100 - 10,000 lbs 45 - 4536 kg.
Menzil	20 km	18 km
Maks. İrtifa	25,000 ft	25,000 ft
Min. İrtifa	4000 ft	-
Hassasiyet	100 m	100 m
Çalışma Sıcaklığı	-20°C ile 60°C	-20°C ile 60°C

1.3.3 Wamore

Airborne ve MMIST firmaları gibi Wamore firması da uzaktan kumandalı otonom uçuş özelliğine sahip faydalı yük paraşütleri tasarlayan, üreten ve geliştiren bir firmadır.

1.3.3.1 Ultrafly™

Wamore firması tarafından ultra hafif ağırlık sınıfı, bağımsız, hassas kargo taşıma sistemi olarak tasarlanan Ultrafly sistemi (Şekil 1.13), 250 -500 lb (113-226 kg.) kargoyu ortalama 50 m hata payı ile programlanan iniş noktasına ulaştırma kabiliyetine sahiptir. [14]



Şekil 1.13 : Ultrafly.

Sistem C-130, C-123, C-17, V-22, SKYVAN, CASA 212, CH-46 ve CH-47 uçaklarında operasyonu destekleyen bir unsur olarak kullanılmaktadır. 43x28x12 cm. boyutlarında ve 16 kg. ağırlığındaki güdüm kontrol ünitesi 2006 yılından bu yana kullanılmaktadır. Sistemin paraşüt ile beraber toplam ağırlığı 65 lb'dir.

Ultrafly kullanıcı tarafından programlanabilen düşüş zamanı ve irtifa ile HAHO/HALO kabiliyetine sahip bir sistemdir. Standart MC-4/5 askeri personel paraşütünü kullanmaktadır. Kargo ulaştırma moduna kolayca geçiş için dönüşüm kiti mevcuttur.

Sistemin paketlenme ve hazırlık işlemleri için gerekli olan süre klasik bir paraşütün hazırlık işlemleri için gerekli süreden daha fazla değildir. Bu sayede gece ya da gündüz indirme harekâtı yapan bir birliğin operasyona hazır olma süresini kısaltır.

1.3.4 Uçman Havacılık

Uçman Havacılık Ltd.Şti. 1994 yılında Ankara’da kişisel girişimlerle yerli olarak kurulmuştur. Şirket değişik büyüklükte yüklerin uçaktan atılarak istenilen bölgeye güvenle sevk edilebilmelerini sağlamak amacıyla çeşitli sistemlerin ar-ge çalışmalarını yürütmektedir.

1.3.4.1 Kuzgun™ 150 kumandalı kargo paraşüt sistemi



Şekil 1.14 : Kuzgun 150 kargo paraşüt sistemi (havada).

Kuzgun 150 kumandalı kargo paraşüt sistemi (Şekil 1.14 , Şekil 1.15) beraberinde atlayış yapan personel tarafından havadan veya bir başka personel tarafından yerden kumanda edilebilmektedir. Sıfır geçirgenliğe sahip kumaş ile üretilmiş kanat tipi paraşütü sayesinde emniyetli bir iniş sağlanabilmektedir. Talebe göre yüksek ağırlık ve GPS kumandalı modelleri üretilmektedir. [15]



Şekil 1.15 : Kuzgun 150 kargo paraşüt sistemi (yerde).

Çizelge 1.9 : Kuzgun 150 sistem özellikleri.

TEKNİK BİLGİ	
Yük kapasitesi	150 kg
Sistem ağırlığı	30 kg
Hücre sayısı	9
Maksimum bırakma irtifası	15000 ft.
Minimum bırakma irtifası	1500 ft.
Maksimum süzülüş, L/D (Rüzgârsız)	4.0:1

Mevcut aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemlerinin Türk Hava Kuvvetlerinin ihtiyaçlarına göre karşılaştırılması (Çizelge 1.10)'da sunulmuştur. [10]

Çizelge 1.10 : Mevcut sistemlerin TURAF ihtiyaçları ile karşılaştırılması.

	TURAF Sistem	MicroFly™	FireFly™/2K1T	DragonFly™	MegaFly™	GigaFly™	Ranger	Provider
Faydalı Yük Kapasitesi	500 - 750 kg	90 - 225 kg	315 - 1.000 kg	2.250 - 4550 kg	9100 - 13600 kg	13600 - 19000 kg	45 - 544 kg	45 - 4536 kg
Menzil	25 km	29 km	25 km	25 km	25 km	25 km	20 km	18 km
Maks. İrtifa	25000 ft	24,500 ft	24,500 ft	24,500 ft	24,500 ft	24,500 ft	25,000 ft	25,000 ft
Min. İrtifa	4000-5000 ft	4000 ft	5000 ft	8000 ft	Bilgi Yok	Bilgi Yok	4000 ft	-
Hassasiyet	Maks. 200 m	100-150 m	<150 m	<250 m	<250 m	<250 m	100m	100m
Çalışma Sıcaklığı	-31 ile 65°C	-31 ile 65°C	-31 ile 65°C	-31 ile 65°C	-31 ile 65°C	-31 ile 65°C	-20 ile 60°C	-20 ile 60°C
Uzaktan Kumanda Kontrolü	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Otonom Kumanda Kontrolü	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var	Var

1.4 TURAF Sistem

Önceki çalışmalar ve literatür araştırması kısmında Dünya'nın önde gelen aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemleri ile Türkiye'de ar-ge aşamasında olan uzaktan kumandalı sistemin teknik detayları ve öne çıkan özellikleri incelenmiştir. Takip eden bölümlerde bu sistemlere benzer yapıda bir TURAF aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi tasarlanacaktır.

TURAF sistemi 500 ile 750 kg. yük taşıma kapasitesinde, maksimum 25 km. menzilden ve 25000 ft irtifadan atılarak 200 m. hata payı ile hedef noktasına ulaşabilen, askeri standartlara sahip olmak üzere uzaktan veya otonom olarak iki farklı opsiyonda kumanda edilebilen aktif kontrollü bir faydalı yük paraşüt sistemi olacaktır.⁴

Bundan sonraki bölümde TURAF sisteminin amaçları, gereksinim ve kısıtları, görev karakterizasyonu ve uygulanabilir konseptleri detaylı bir şekilde incelenecek olup, elde edilen sonuçlar doğrultusunda paraşüt ve faydalı yük taşıma sistemleri tasarlanacaktır.

⁴ İhtiyaca ilişkin kriterler arama kurtarma ihtisaslı personel tarafından belirlenmiştir.

2. SİSTEME GENEL BAKIŞ

Günümüzde dünyanın ileri gelen birçok ülkesi kriz ortamlarında gerçekleştirilen alan savunması, çıkarma, arama kurtarma ve insani yardım gibi çeşitli operasyonlarda sıcak bölgede ihtiyaç duyulan malzeme ve insan desteğini kısa zamanda sağlayabilmek amacıyla en etkili yöntem olarak kabul edilen havadan gönderme yöntemini kullanmaktadır. Havadan indirme görevlerinde kullanılan paraşüt sistemleri bir önceki bölümde incelenerek teknik özellikleri ortaya konulmuştur.

Bu bölüm içerisinde ise Türk Silahlı Kuvvetlerinin çeşitli birliklerinde kullanımına ihtiyaç duyulan ve yerli olarak tasarlanacak TURAF paraşüt sisteminin birincil ve ikincil amaçları, gereksinimleri, kısıtları ve birincil-ikincil sonuçları incelenerek çeşitli konseptler ortaya konulacaktır.

2.1 Görevin Amaçları

Birincil Amaç
✓ Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde arama kurtarma görevi yapan birliklere, aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemi kullanılarak tek başına ya da personel ile birlikte havadan atılan malzemenin (bot, yaşam kiti vs.) operasyon bölgesinde istenilen noktaya indirebilme kabiliyetini kazandırmak. ✓ Türk Hava Kuvvetlerine yeni görev kabiliyeti ve uçak haricinde bir kuvvet çarpanını kazandırarak diğer ülkeler arasındaki gücünü ve saygınlığını arttırmak.

İkincil Amaç

- ✓ Türk Hava Kuvvetleri bünyesindeki Hava Harp Okulu Komutanlığı ve etkileşimde bulunduğu üniversiteler ile ortaya konulacak olan prototip sayesinde, aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemlerinde Know-How bilgi ve tecrübesini elde edebilecek bir AR-GE çalışması yaparak yerli bir teknoloji elde etmek.
- ✓ Aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemleri teknolojisinde dışa bağımlılığı azaltmak.
- ✓ Sistemin sivil kullanım alanlarının belirlenerek bu amaçla yapılacak olan üretim planına sivil sanayi ve kuruluşları dahil etmek, yerli havacılık sektöründe yeni bir iş kolu oluşturmak.

2.2 Gereksinim ve Kısıtlar

2.2.1 Gereksinimler

Fonksiyonel Gereksinimler		
Performans	✓ Havadan atma özellikleri	➤ 25000 ft. irtifadan 25 km. mesafeden
	✓ Hedef nokta hassasiyeti	➤ 200 m. yarıçaplı alan
	✓ Taşıma kapasitesi	➤ 500-750 kg. lık yük

Operasyonel Gereksinimler		
Dayanıklılık	✓ Malzeme toleransı	➤ 1m. ye kadar 30 dk. su geçirmezlik ➤ İniş darbelerine karşı dayanıklılık ➤ Sarsıntılara karşı dayanıklılık
Yönlendirme	✓ Kumanda kontrol ünitesi	➤ Askeri standartlarda üretilmiş olma ➤ Hem radyo kontrollü hem de GPS kontrollü çalışabilme ➤ 500-750 kg kapasiteli kanat tipi kargo paraşütünü kontrol edebilecek güçte olma ➤ Her biri min. 2,5 ton taşıyabilen kargo sabitleme demirlerine sahip olma
Mekanizma	✓ Paraşüt-kargo bağlantısı	➤ Rüzgârlı havalarda yere temas eden kargonun sürüklenmemesi için paraşütün kargodan ayrılmasını sağlayacak bir sistem içermesi

2.2.2 Kısıtlar

Kısıtlar		
Yapı	✓ Taşınabilecek miktarda yükleme yapılmalıdır.	➤ Maks. 750 kg. ağırlık taşınmalıdır.
Maliyet	✓ Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilebilecek miktarda olmalıdır.	➤ Yaklaşık olarak 500.000 \$ dan fazla olmamalıdır. (Başlangıç seviyesi eğitim dahil)
Tarih	✓ En kısa zamanda kullanıma verilmelidir.	➤ Tasarım ve proje aşaması için maks. 3 yıl ➤ Malzeme tedariki için maks. 1 yıl Üretim için maks. 1 yıl
Politik	✓ Ülke prestiji ve milli menfaatler için kullanılmalıdır.	➤ Türkiye Cumhuriyeti Savunma Sanayi Müsteşarlığı tarafından finanse edilerek destek verilmelidir.

2.3 Sonuçlar

Birincil Sonuç
✓ 500-750 kg’lık bir faydalı yükü 200 metre yarıçapında istenilen bir alana emniyetli bir şekilde indirmek. ✓ Aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sisteminin tüm alt bileşenlerini herhangi bir arıza meydana getirmeden devreye koymak.
İkincil Sonuç
✓ Sistem programlanan uçuş yolunun dışına çıkarsa uzaktan kumanda ile manuel olarak parat yer ekiplerinin yakınına indirmek. ✓ Sistemin kontrolden çıkması durumunda mevcut GPS sistemi ile sistemin yerini tespit etmek ve yer ekipleri ile koordine ederek kargoya ulaşmak.

2.4 Görev Karakterizasyonu

Aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemleri hlihazırda birçok firma tarafından farklı konfigürasyonlar, algoritmalar, elektronik sistemler ve materyaller kullanılarak günümüzde orduların ve diğr sivil toplum kuruluşlarının envanterine kazandırılmıştır. Alt sistemlerin eitliliğ sayesinde farklı kombinasyonlarda birçok aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi imal edilebilir. Onlarca seçenek içerisinden Türk Hava Kuvvetlerinin yukarıdaki bölümlerde sıralanmış olan isterleri doğrusunda optimum bir sistem oluşturabilmek ancak ihtiyaçların karakterize edilmesi ile sağlanabilecektir.

Bu bölümde amaçlar, gereksinimler ve kısıtlar doğrultusunda ihtiyaç duyulan sistemin karakteristiğ oluşturularak, ileri bölümlerde seçilecek olan alt sistemler için doğru bir yaklaşım belirlenecektir. Bu sebeple görev konseptini oluşturmak iyi bir başlangıç olacaktır.

2.4.1 Uygulanabilir konseptler (kavramlar)

Bu projede bahsedilen “aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemleri” nin birinci amacı Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde arama kurtarma görevi yapan birliklere, aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemi kullanılarak havadan atılan malzemenin (bot, yaşam kiti vs.) operasyon bölgesinde istenilen noktaya düşme kabiliyetini kazandırmaktır. Çoğu hava şartında görev yapması amaçlanan bu sistemin belirlenen amaçlara ulaşabilmesi için konsepti doğru tanımlayarak en mükemmel olanı seçmemiz gerekir.

Bu başlık altında aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemleri için düşünülebilecek olan konseptlerin incelemesi yapılacaktır. Burada adım adım ilerlemek ve mümkün olan tüm konseptleri soru-cevap şeklinde tartışmak en doğru yöntem olacaktır.

1. Görev çeşitliliği dikkate alınarak söz konusu sistem hangi faydalı yük ağırlığı aralığında optimize edilmelidir?

Sistem tasarımı olarak günümüzde piyasada mevcut olan 100 ile 42000 lb (45-19050 kg.) arasında çeşitli faydalı yük ağırlıklarında çalışabilecek alt sistemler mevcuttur. Ancak Türk Hava Kuvvetlerinin arama-kurtarma görevlerinde harekât esnekliği göz önüne alındığında mevcut şartlarda personelin ihtiyaçlarını karşılayabilecek olan sistem 500 kg ile 750 kg arasındaki faydalı yükleri emniyetli bir şekilde belirlenen hedefe indirebilen sistemin yeterli olacağı değerlendirilmektedir.

2. Sistemin kendi ağırlığı ve boyutları ne olmalıdır?

Hava Kuvvetlerinin isterlerini karşılayabilecek olan sistem, mevcut sistemler referans alınarak tasarlanacak olursa yaklaşık olarak 30 ile 45 kg arasında olabileceği öngörülmektedir. Bu da mevcut arama-kurtarma görevlerinde kullanılan Hava Kuvvetleri K.lığı envanterindeki hava araçları⁵ için karşılanabilecek bir ağırlık değeridir.

⁵ AS532 Cougar helikopterleri ve CN235 CASA uçakları

3. Paraşüt sisteminin belirlenen noktaya yüksek doğrulukla indirilebilmesi için nasıl bir kontrol sistemi kullanılmalıdır?

Sistemin önceden programlanmış GPS koordinatlarına inebilmesi için otonom bir güdüm kontrol ünitesi ve herhangi bir şekilde güdüm kontrol sisteminde bir hata oluştuğunda ya da hareket şartlarının ani değişiminde sistemin kontrol edilebilmesine imkan sağlayan radyo frekanslı uzaktan kumandalı bir kontrol sisteminin olması gerekmektedir. GPS sisteminden alınacak olan yüksek doğruluklu konum bilgileri otonom bir güdüm kontrol alt sistemi tarafından işlenerek doğrultma bilgileri üretilecek, bu bilgilerle de paraşüt yönelimi için servo motoruna komutlar verilerek sistemin istenilen noktaya düşük bir hata payı ile indirilebilmesi sağlanacaktır.

4. Harekât şartlarında görev yapacak olan paraşüt ve mekanizmaların yapısı nasıl olmalıdır?

Tasarlanacak olan sistemin kara ve deniz üzeri arama-kurtarma görevlerinde etkinlikle kullanılabilmesi için denize düştüğü andan itibaren yaklaşık olarak 30 dakika ıslanmayacak, karaya düşüş anında oluşan tepki kuvvetine karşı koyabilecek dayanıklılıkta tasarlanmalıdır.

Görev özelliğine ilişkin yukarıda belirtilen isterler ortaya konulduktan sonra aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi için ulaşılabilir seviyede birkaç konsept oluşturulabilir.

2.4.1.1 Konsept 1

Birinci konsept olarak paraşüt sisteminin otonom özellikte çalışması ve bunun sonuçları düşünülebilir. Sisteme entegre edilmiş olan görev planlayıcısı ile sistemin belirli periyotlarla elde etmiş olduğu rüzgar bilgileri, daha önceden girilmiş olan hedef koordinat bilgilerinin üzerine eklenerek sanal bir yol haritası oluşturulabilir. Bu yol haritası kullanılarak aktif kontrollü güdüm sistemi ile faydalı yükün istenilen koordinatlara ulaşması sağlanabilir.

2.4.1.2 Konsept 2

Konsept 1’de belirtilen sistemin işleyişi esnasında meydana gelebilecek olağan dışı hatalar sebebiyle yükün istenilen hedef bölgesine ulaştırılmasında yaşanabilecek aksaklıkların önüne geçebilmek için, otonom kontrolün yanı sıra uzaktan kumanda ile kontrol sisteminin hazırda tutulması bir başka seçenek olabilir.

İkinci konseptin temelini oluşturan bu uzaktan kumanda sistemi sayesinde yedekli olarak yönlendirme yapılabileceği gibi harekât görevlerinin en önemli özelliklerinden biri olan ve elastikiyet olarak tanımlanan görev şartlarının anlık değişim ihtiyacına cevap verebilecek yeteneğe sahip olunacak ve harekât ortamında üstünlüğün elde tutulmasına imkân sağlanabilecektir.

Bu yedekli sistem genel maliyet artışına sebep olabilir, ancak sonuç itibari ile görevin başarılmaması oranının artmasına büyük katkı sağlayacağı için maliyet etkinliği düşünüldüğünde kesinlikle gerekli olabileceği değerlendirilmektedir.

2.4.1.3 Konsept 3

Özellikle hareket ortamlarında yoğun çatışmaların yaşandığı riskli bölgeler haricinde arama kurtarma, insani yardım görevlerinde paraşütçü personelin dahil edileceği bir sistem geliştirmek üçüncü konsept olacaktır.

Buradaki birinci amaç personelin manuel olarak paraşütü kontrol ederek hassas cihazların arızalanması sebebiyle meydana gelebilecek görev başarısızlığı riskini azaltmaktır.

İkinci amaç ise paraşütçü personelin hedef noktaya kadar yük ile birlikte seyahat etmesi ve yere son temas noktasına yakın irtifada yükten ayrılması sayesinde paraşütçü ile yükün birbirine yakın noktalara indirilmesidir. Böylece personel yüke çarpma sonucu meydana gelebilecek sakatlanmalardan korunmuş olacak ve göreve bizzat dâhil olacaktır.

2.4.1.4 Konsept 4

Harekat ortamında paraşütün toplanarak katlanması ve görev planlayıcısı ile birlikte tekrar kullanıma hazır hale getirilmesi için harcanacak zamanın harekat üstünlüğünü muhafaza etmeye olumsuz katkı sağlayacağı göz önüne alınarak paraşüt sisteminin tek kullanımlık olarak dizayn edilmesi ve düşüşü takiben sistemden ayrılarak terk edilmesi dördüncü konsept olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu sayede her bir saniyenin önem arz ettiği kritik harekât şartlarında hızlı hareket etme imkânı sağlanarak zaman kaybetmeden sistemin tekrar göreve hazır hale getirilmesi sağlanacaktır.

2.4.1.5 Konsept 5

Beş numaralı konsept yukarıda belirtilen tüm konseptleri kapsamaktadır. Her bir konseptte ortaya konulan, harekât kabiliyetlerine pozitif etki sağlayacak her bir özellik bu konseptte bir araya getirilerek, her türlü harekât şartlarında görev kabiliyetine sahip, tekrar göreve hazır olma süresi düşük olan ve hem faydalı yükün hem de personelin istenilen noktaya yüksek doğruluklu olarak indirilebilmesine olanak sağlayan bir aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi tasarlanabilir.

2.5 TURAF Sistemi Uygunabilir Tasarım Konsepti

Yukarıda ortaya konulan uygulanabilir konseptler dikkate alındığında, TURAF aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi için en optimum konseptin 5 numaralı konsept olduğu değerlendirilmektedir.

Her bir konsept bir önceki konseptin eksikliklerini tamamlayabilecek şekilde olup, 5 numaralı konsept diğer tüm konseptlerde belirtilen özelliklere sahiptir. 5 numaralı konsept haricindeki konseptler tek başlarına tasarımda kullanıldığı takdirde Türk Hava Kuvvetlerinin görev isterlerine cevap veremeyecek ve etkinlik açısından dünyadaki mevcut diğer sistemlerin gerisinde kalacaktır.

Konsept 5'in seçilmesi ile tasarlanacak olan TURAF aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi hem otonom hem de uzaktan kumanda edilebilen, görev isterlerine göre kargo ve personel nakli yapabilen ve göreve hazır olma süresini kısaltan kanopi dizaynına sahip bir sistem olacaktır.

3. AKTİF KONTROLLÜ FAYDALI YÜK TAŞIMA SİSTEMİ

Aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemleri, uçaktan atılan bir yükün radyo kontrolü kullanılarak uzaktan kumanda ile ya da uçuş planlaması yapılarak otonom şekilde önceden koordinatları girilmiş hedef noktasına ulaştırılması için rüzgâr, sürat, yükseklik, basınç ve yön tespiti gibi anlık verilerin işlenmesini sağlayan ekipmanları içermektedir.

Sistemin en önemli özelliği, insansız hava aracı olarak kullanılması ve bu sayede özellikle sıcak çatışmaların yaşandığı hassas bölgelerde personel kaybı yaşanmadan görevin icra edilmesine imkân vermesidir. Doğal afet bölgesine ya da kapalı köy ve okul yollarına tıbbi yardım malzeme ve ekipmanlarının ulaştırılması, arama kurtarma faaliyetlerine destek sağlanması sistemin sivil kullanım alanlarından bazılarını oluşturmaktadır.

Aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemlerinin alt sistem bazında incelenmesinden önce paraşüt çeşitleri ve çalışma prensipleri hakkında genel bir bilgilendirme yapılması uygun olacaktır.

3.1 Paraşüt

Herhangi bir hava taşıtından ya da yüksek bir yerden atılan bir cismin ya da insanın havanın kaldırma kuvvetinden yararlanarak kontrollü bir biçimde yere inmesini sağlayan kubbe veya kanat şeklindeki yapı ve bu yapıya ait ekipmanlar genel olarak paraşüt şeklinde ifade edilmektedir.

Havadan bırakılan herhangi bir cisim, ağırlığı sebebiyle üzerinde meydana gelen yerçekimi kuvvetinin etkisi ile yeryüzüne doğru düşmeye başlar, bu arada hızı da giderek artar. Cismin hızındaki artışa paralel olarak havanın göstermiş olduğu direnç de artmaktadır. Söz konusu hız artışı, düşüşte olan cisim üzerinde etkili olan ve birbirlerine zıt yönde oluşan bu iki kuvvet eşit olana kadar devam eder.

Kuvvetler arasında eşitlik sonucu denge sağlandığında ise cismin düşüş hızı sabitlenir ve cisim bu sabit hızla düşüşünü devam ettirir. Sabit hale gelen bu düşüş hızına, o cismin son hızı adı verilmektedir.

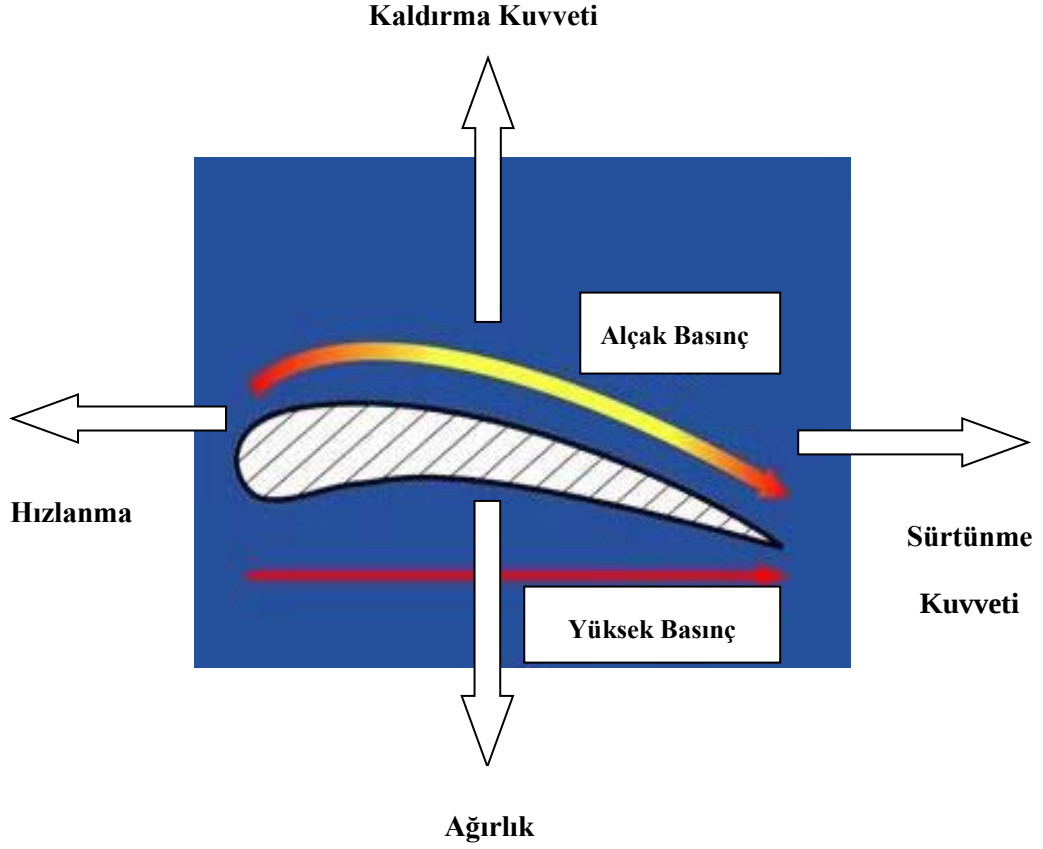
Cisimlerin son hızları ile yoğunlukları arasında doğru orantı bulunmaktadır. Diğer bir ifade ile düşmekte olan bir cismin yoğunluğu ne kadar fazla ise düşme son hızı da o oranda büyük olmaktadır. Son hızın büyük olması istenilen bir kriter değildir. Bu sebeple cismin kütlesini artırmadan, cisim üzerine etki eden düşüş yönüne ters yöndeki hava mukavemetini artıracak ek bir sisteme ihtiyaç vardır. İşte bu amaçla paraşüt sistemleri geliştirilmiş olup, düşüş yapan cisimlerin son hızını düşürerek yeryüzüne emniyetli bir şekilde iniş amaçlanmaktadır.

Günümüzde kullanılmakta olan paraşütler, aerodinamik yapıları, kullanılan malzeme çeşitleri ve göreve uygunlukları açısından dikkate alındıklarında birbirlerine göre farklılıklar göstermektedir. Genel olarak temel yapılarına göre incelendiğinde, kubbe tipi ve kanat tipi (ram air tipi) paraşütler olarak ikiye ayrılmaktadır. Kubbe tipi paraşütlerin yüzey alanları daha geniş olmakla birlikte manevra kabiliyetleri ram air tipi paraşütlere göre daha azdır.

Tez kapsamında yüksek manevra kabiliyetine ve yumuşak iniş hassasiyetine sahip olan, üzerine ayrıca donanım eklenerek sistem haline gelebilen, uzaktan kontrollü ve otonom hareket ederek yükü istenilen hedef noktasına iletebilecek yapı ve özelliğe uygun “Ram Air Tipi Paraşüt Sistemi” incelenecektir.

3.2 Ram Air Tipi Paraşüt Çalışma Prensibi

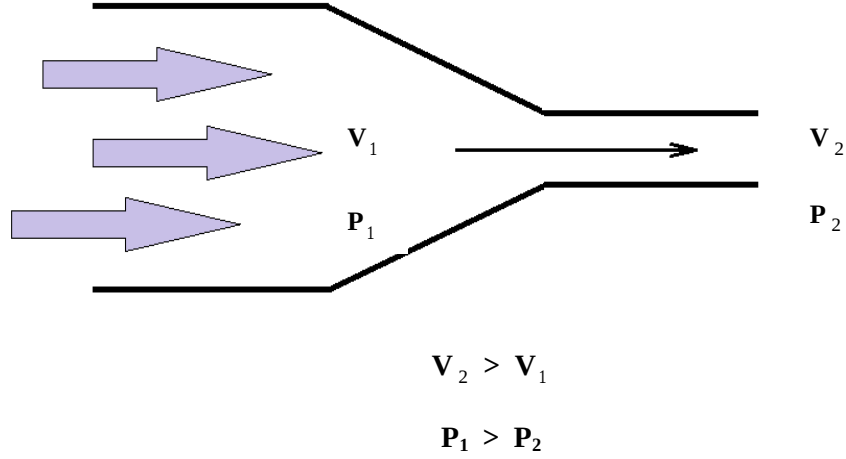
Ram air tipi paraşüt uçak kanat yapısına benzeyen, diğer bir ifade ile sahip oldukları damla profili şeklindeki yapı nedeniyle uçağın havada kalma ve hareket etme yöntemi ile benzerlik gösteren paraşüt tipidir. Buradan hareketle paraşütün havada kalma prensibinin incelenmesinde uçak kanatlarının yapısı göz önüne alınacaktır. Bu yapıya ram air tipi paraşüt sistemlerinde parafoil yapı adı verilmektedir.



Şekil 3.1 : Parafoil yapıya etki eden kuvvetler.

Parafoil yapı üzerine 3 kuvvet etki etmektedir (Şekil 3.1). [16] Bunlar yer çekimi yani ağırlık sebebiyle aşağıya doğru çeken kuvvet, alt üst yüzey yapı farklılığı sebebiyle oluşan kaldırma kuvveti ve parafoilin hareket yönüne ters yönde meydana gelen sürtünme kuvvetidir.

Parafoile ait üst yüzeyin alt yüzeye göre daha kavisli olmasına bağlı olarak, hücum kenarından girerek fırar kenarına ulaşmak için üst yüzeyden geçen hava akımı, alt yüzeyden geçen hava akımına göre daha fazla mesafe kat etmek zorundadır. Aynı süre içerisinde daha fazla mesafe katedilebilmesi için üst yüzeyden geçen hava akımı, daha hızlı hareket etmektedir.

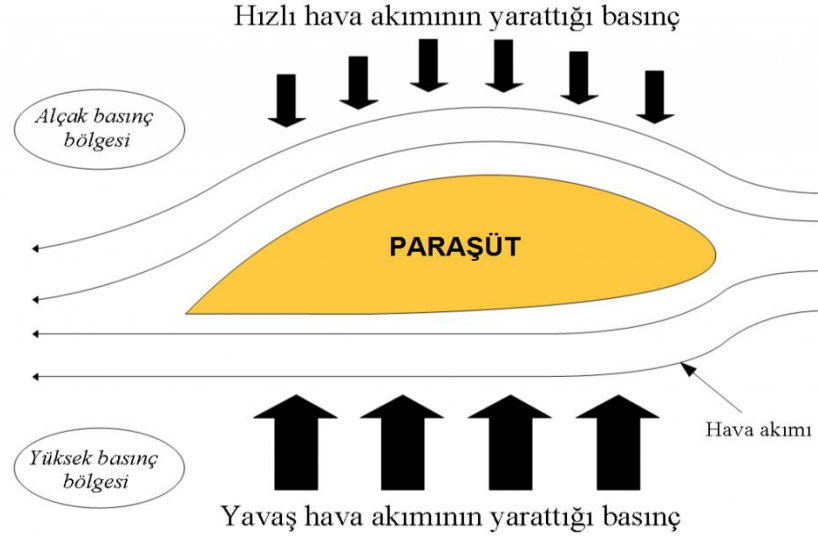


Şekil 3.2 : Bernoulli prensibi

Akışkanların mekaniğine ilişkin temel esasları anlamak ve buradan hareketle kanat profilinin uçuş mantığını ifade edebilmek için Bernoulli Prensibi incelenmelidir. Bernoulli, D. (1700-1782)'e göre; bir akışkan kümesinin boru içerisinde hareketi esnasında hızının arttığı dar bölgelerde basınç düşmektedir. Hızın azaldığı geniş bölgelerde ise tam tersi olarak akışkan kümesinin basıncı artmaktadır. (Şekil 3.2);

Parafoil yapıda hava molekülleri ilk önce ön tarafta bulunan hücum kenarına çarpar ve ikiye ayrılarak parafoilin alt ve üst yüzeylerinde dağılır. Kamburumsu şekil nedeniyle, hücum kenarında ikiye ayrılan hava akımının parafoilin üst yüzeyinden arka taraf firar kenarındaki birleşme noktasına kadar kat edeceği mesafe, alt yüzeyinden firar kenarındaki birleşme noktasına kadar kat edeceği mesafeden daha fazladır. Bu sebeple aynı sürede daha uzun mesafe kat edebilmek için, üst yüzeydeki havanın hızı daha fazla olacaktır.

Bu durum, Bernoulli prensibine bağlı olarak üst yüzeydeki basıncın daha az, alt yüzeydeki basıncın ise daha fazla olması anlamına gelmektedir (Şekil 3.3). [17] Bunun sonucunda altta oluşan yüksek basınç parafoil yüzeyinde kaldırma kuvveti oluşturur. Parafoilin altından yukarı doğru oluşan kaldırma kuvveti ile beraber paraşütün havada kalması sağlanır.



Şekil 3.3 : Parafoil üzerinde oluşan basınçlar.

Paraşüt üzerinde etkili olan diğer bir kuvvet ise sürtünme kuvvetidir. Bu kuvvet paraşütün hareket yönüne göre zıt yönde olup, uçuş hızını ve etkinliğini azaltarak yavaşlatma etkisi gösterir.

Alt yüzeyde oluşan yüksek basınç ve üst yüzeyde oluşan alçak basınç sonucu meydana gelen kaldırma kuvveti ile beraber hareket yönüne ters olan sürtünme kuvvetinin dengeli bir şekilde etkileşimi sonucunda paraşütün havada süzülmesi sağlanır. Paraşütün uygun bir hücum açısında ve belirli bir hızda hareket etmesi halinde, süzülme doğru bir şekilde devam eder. Ancak, hücum açısında yapılacak bir değişiklik sonucunda kaldırma ve sürtünme kuvvetlerinde de değişim meydana gelecek, bunun sonucunda da süzülüş oranı ve hızlanma miktarı değişim gösterecektir. Paraşüt sisteminin havada kalma, süzülme ve hızlanma durumları bu etkenlere bağlı olarak meydana gelmektedir. [18]

Ram air tipi paraşüt sisteminin tanımı ve çalışma prensibi anlatıldıktan sonra aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemi incelenecektir.

3.3 Ana Sistemler

Aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemleri genel olarak 3 ana sistemden meydana gelmektedir. Bunlar;

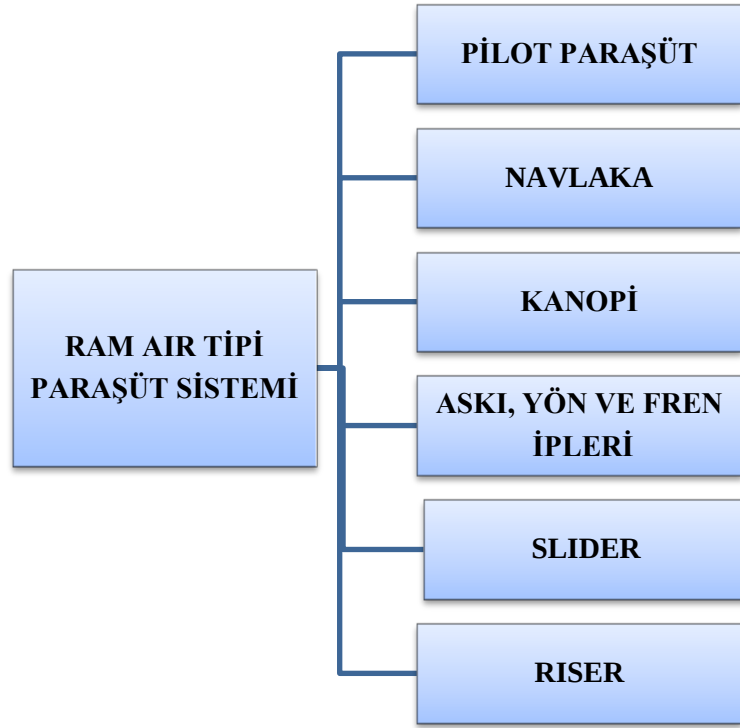
1. Ram Air Tipi Paraşüt Sistemi,
2. GÜDÜM, Kontrol ve Navigasyon Sistemi,
3. Faydalı Yük Taşıma Sistemidir.

Tez kapsamında aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemleri paraşüt, yapı ve mekanizma açısından inceleneceği için 2 numara ile belirtilmiş olan ve yükün hedefe ulaşmasında etkin rol oynayan güdüm, kontrol ve navigasyon sisteminin içeriği ele alınmayacak olup, bu sistemin diğer sistemler ile koordineli ve sağlam bir şekilde çalışması için gerek duyulan teçhizat incelenecektir.

3.3.1 Ram air tipi paraşüt sistemi

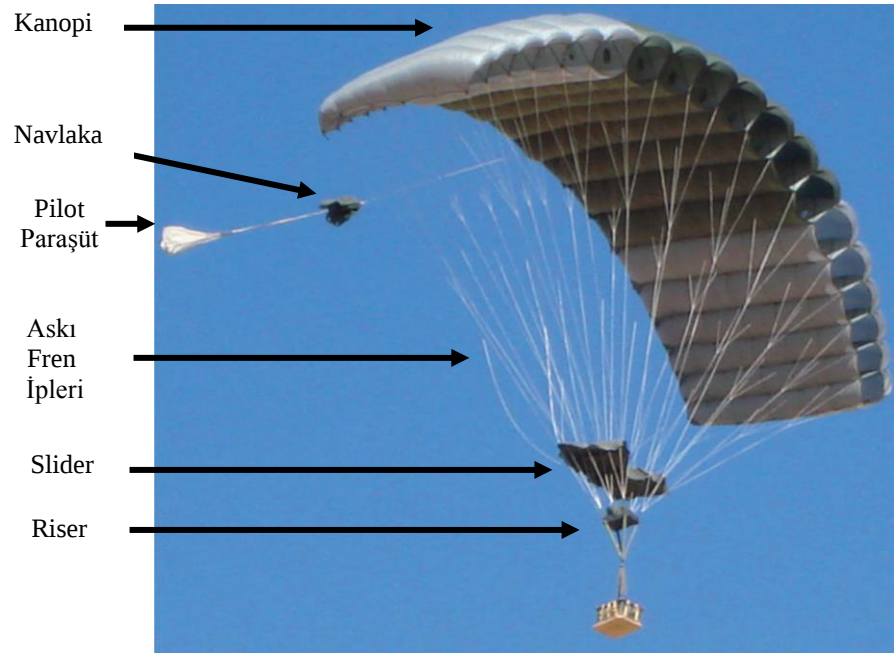
Ram air tipi paraşüt, kubbe tipi standart paraşüt tiplerinden farklı olarak hücum ve firar kenarına sahip insanlı ya da insansız olarak hareket edebilen bir hava aracıdır. Ancak diğer hava araçlarına göre daha özenli ve karmaşık tasarımların sonucunda oluşmuştur. Paraşütün imal edilmesinde kullanılan iplerin uzunluğundaki küçük farklılıklar ya da kumaşın kesimindeki ufak bir ölçü farklılığı, çok iyi ya da kötü bir kanat tasarımı ortaya çıkarabilmekte, bu da doğrudan paraşütün uçuş karakteristiğini ve aerodinamik yapısını etkileyerek uçuş performansını değiştirmektedir.

Ram air tipi paraşüt sistemi pilot paraşüt, navlaka, kanopi, askı, yön ve fren ipleri, slider ve riser olmak üzere 6 temel alt sistemden oluşmaktadır. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4 : Ram air tipi paraşüt sistemi.

Alt sistemlerin bir bütün olarak ram air tipi paraşüt sistemi üzerindeki konuşlanmasını ifade eden görünüm (Şekil 3.5)'te belirtilmiştir. [7]



Şekil 3.5 : Alt sistemlerin ram air tipi paraşüt üzerinde yerleşimi.

İnsani yardım, arama kurtarma ve yoğun çatışmanın olmadığı operasyon alanlarında paraşüt sistemi tekrar tekrar kullanılabilecek şekilde dizayn edilmektedir. Ortalama 20-25 atlayış sonrası test edilerek kullanılmak üzere imal edilmiş paraşütler, bu atlayış sayısını karşılayabilecek sağlamlıkta imal edilmektedirler. Ancak bu dizayn, maliyeti doğrudan etkileyerek artışa sebep olmaktadır. Paraşütün kaybolma, zarar görme ve işlevini kaybetmesi durumlarında operasyon giderleri ayrıca artmaktadır. Bunun yanısıra her atlayış sonrası tekrar kulanıma hazır hale getirebilmek için paraşütün hazırlık safhası bulunmaktadır. Bu safha operasyon esnasında zaman kaybına sebep olmakta ve muharebe sahasında üstünlüğün karşı tarafa geçmesine yol açabilmektedir.

Yoğun çatışmanın yaşandığı ve sıcak temasın meydana geldiği hassas muharebe sahalarında ise malzeme ve mühimmat nakli için planlanan görevlerde, düşük maliyetli tek kullanımlık ram air tipi paraşüt tekrar katlanma gereksinimi olmadığı için operasyonel esneklik sağlamaktadır. Ayrıca hedef noktasına hassas iniş özelliğine sahip, uzaktan kumanda ve otonom hareket eden JPADS gibi sistemlerin ihtiyaç duyacağı teçhizat ve parça miktarının az olmasına olanak sağlamaktadır. Bu sebeplerle düşük maliyetli tek kullanımlık ram air tipi paraşüt, hassas görevlerde tercih edilmektedir.

Buna ek olarak, tekrar tekrar kullanmak üzere dizayn edilen paraşütlerin yüke bağlantı yapılması amacıyla karmaşık ve masraflı teçhizatlara ihtiyaç duyulmaktayken, tek kullanımlık bu tip paraşütlerin bağlantısı için basit teçhizatlar yeterli olmaktadır.

3.3.1.1 Pilot paraşüt (Kılavuz paraşüt)

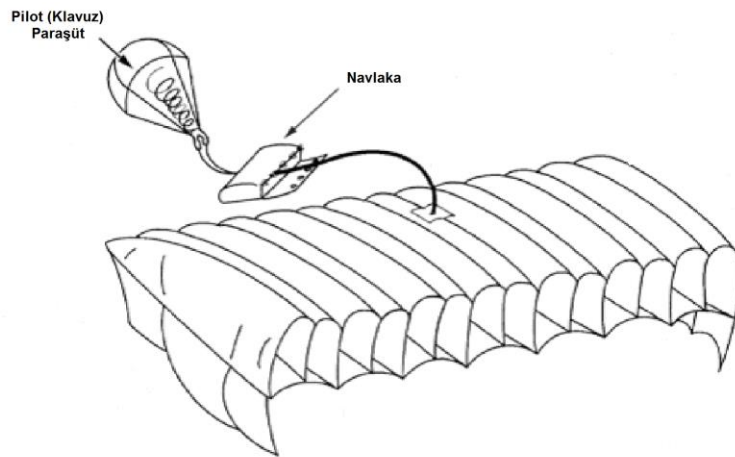
Sistem kapalı olarak hava aracından atıldığında, hava ile ilk olarak teması sağlayan ve içine dolan hava ile şişerek ana paraşütün içine yerleştirildiği çantadan (navlaka) çıkmasını sağlayan küçük paraşüte pilot paraşüt adı verilmektedir (Şekil 3.6). [18]



Şekil 3.6 : Pilot paraşüt.

Pilot paraşüt açık olacak şekilde paraşütün en üst merkez kısmına bağlıdır. Sistem atıldığında, serbest düşmeden kaynaklanan hava akımı ile pilot paraşüt dolar ve düşme istikametinin tersine bir kuvvet oluşturur. Oluşan bu kuvvet, direkt olarak ana paraşüte bağlı güçlü bir ara bağı vasıtası ile ana paraşütün katlanmış olduğu çantadan çıkmasını sağlar. Belirli bir süre geçtikten sonra ana paraşüt tamamen açılır ve pilot paraşüt sönmüş bir vaziyette ana paraşütün üzerinde uçuş boyunca pasif olarak kalır (Şekil 3.7). [19]

Pilot paraşüt, sahip olduğu standart şekil ve temel yapısı nedeniyle temel paraşüt malzemelerinden imal edilmekte olup, herhangi bir ağırlık taşımayacak olması nedeniyle ayrıca özellik gerektiren bir kumaş ya da ipten imal edilmeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Takibinin kolay olabilmesi için paraşüt kanopisinden farklı ve uzaktan ayırt edilebilecek tarzda renkli kumaştan üretilmektedir.



Şekil 3.7 : Pilot paraşüt ana paraşüt bağlantısı.

3.3.1.2 Navlaka

Navlaka (Şekil 3.8), ana paraşütün (kanopinin) belirli bir teknikle katlanarak içerisine konulduğu, belirli standartlardaki özel kumaşlardan imal edilmiş ve radyal şeritlerle güçlendirilmiş bir çantadır. Navlakanın uçuş ve havacılık terminolojisinde bilinen adı “Deployment Bag” olup, kısaca “D-BAG” olarak tabir edilmektedir. [18]



Şekil 3.8 : Navlaka.

Kanopi yerde özel bir teknik ile katlandıktan sonra, bu çantanın içerisine yerleştirilir. Paraşüt sistemi hava aracından atıldıktan sonra, öncelikle pilot paraşüt dolarak açılır, sonrasında pilot paraşütün gerdirdiği ara bağı sayesinde ana kanopi navlakadan sistematik olarak çıkar ve sistem uçuşa hazır hale gelir. Daha sonra kanopi tam olarak dolduğunda, navlaka ile pilot paraşüt (Şekil 3.9)’da olduğu gibi uçuş boyunca kanopinin üzerinde kalır. [7]



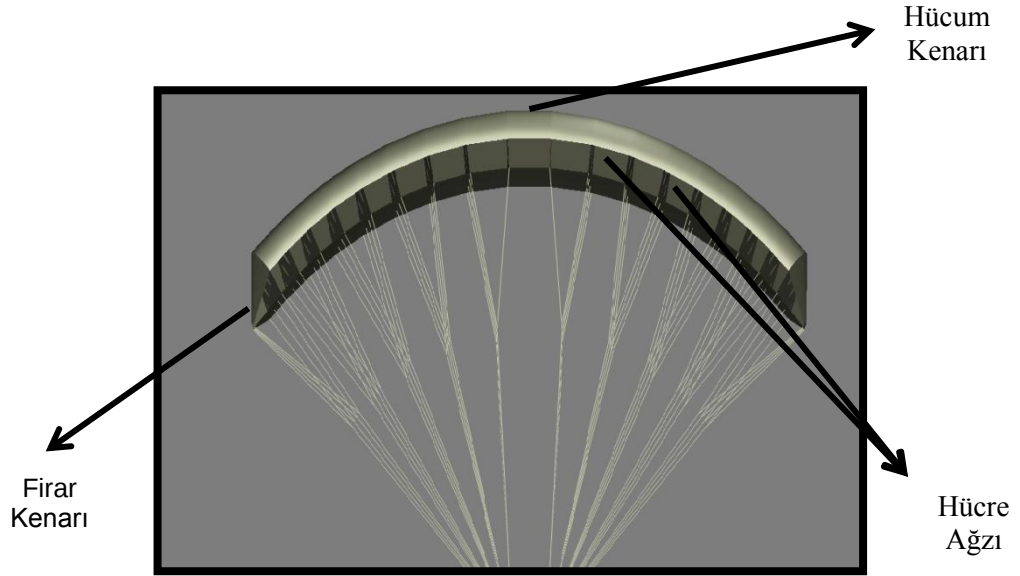
Şekil 3.9 : Uçuş sürecinde navlakanın pozisyonu.

3.3.1.3 Kanopi

Ram air tipi paraşüt kanopisi, Domina C. Jalbert tarafından icat edilerek 1966'da patenti alınmıştır.

Jalbert'e göre (1966), "Ram air kanopi, alt ve üst yüzeyi kumaştan yapılmış bir kanopiden ve uzunlamasına sıralanan birden fazla içi hava dolabilen hücreden meydana gelmektedir." [20] Bu hücreler uçak kanat yapısına benzer özellik göstermekte olup, boylamsal kanallar yaratarak hava akımının kanopi hücum kenarındaki nispeten büyük hücre ağızlarından geçmesini sağlar. Kanopi firar kenarında hiç boşluk olmayıp havanın dışarı çıkışı engellenir. Bu sayede hücre ağızından giren hava kanopi içerisinde tutularak paraşütün havada kalması sağlanır.

Hücum ve firar kenarı ile hücre ağızının ram air tipi kanopi üzerindeki yerleşimi SurfPlan™ programı ile çizilerek (Şekil 3.10)'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Kanopi.

Diğer bir ifade ile ram air tipi kanopi, birbirine sıralanmış hücre dizileri ile içeriden bağlanmış, alt ve üst yüzey olmak üzere iki katmandan oluşan kumaş yapıya sahiptir. Bu yapıya genel olarak “canopy” adı verilmektedir. Hücum kenarında bulunan ve (Şekil 3.11)’de gösterilen hücre ağzlarının havada açılması ile içeri giren hava akımı sayesinde kanopi şişmektedir.[18] Şişen kanopi, tipik bir yağmur damla profilini oluşturarak şekil almaktadır. Kanopi polyester veya naylon, hava geçirmeyen, kaplamalı özel bir kumaştan imal edilmektedir. Alt ve üst yüzey kumaşların dik parçalarla bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır.



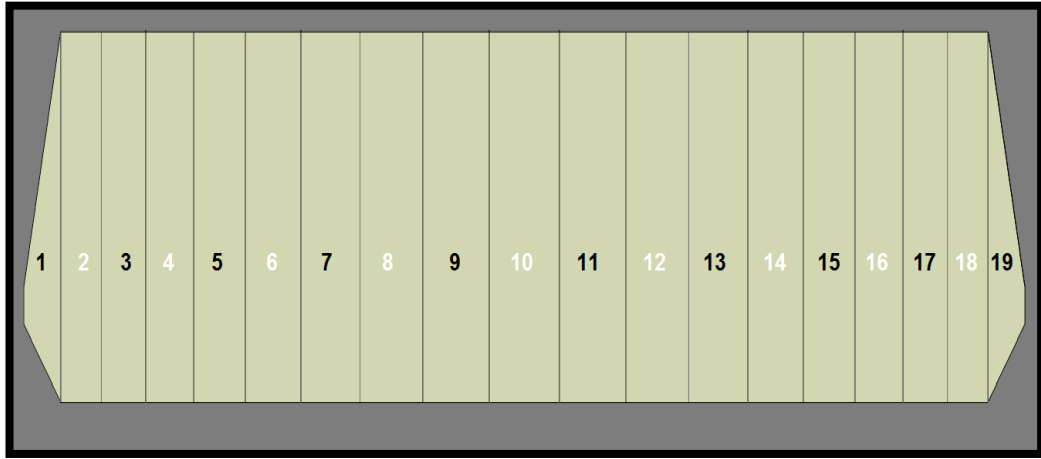
Şekil 3.11 : Hücre ağzı.



Şekil 3.12 : Hücre geçiş delikleri.

Kanopiyi oluşuran her bir hücre, diğerklerinden iç hücre duvarları ile ayrılmıştır. Bu hücrelerin yapısı kanopinin parafoil şeklini belirlemektedir. Kanopi üzerinde hücre duvarının çok sayıda olması, daha istikrarlı ve daha düzgün bir şekil oluşurmaktadır. Hücre duvarlarında düzenli aralıklarla oluşturulmuş hücre geçiş delikleri bulunmaktadır (şekil 3.12). [18] Böylece kanopi içerisine giren hava akımı, homojen bir dağılım göstererek bir hücreden diğerkine geçebilmekte ve bu sayede iç basıncın dengelenerek kanopinin homojen olarak şişmesi sağlanmaktadır. Kanopi hava ile dolarak tamamen şiştiğinde, alt yüzeyi daha düz, üst yüzeyi ise kamburumsu eğri bir şekil oluşarak parafoil adı verilen yapıya dönüşmektedir.

Standart bir kanopinin üstten görünümü ile hücre sıralaması SurfPlan™ programı ile çizilerek (şekil 3.13)'te gösterilmiştir. Kanopi, toplamda 19 hücreden oluşmakta olup, kanopi ortasında bulunan 10 numaralı hücre en geniş hücre olmakla birlikte, her iki uca doğru hücre ağızları ve boyutları daralmaktadır. Sağ ve sol uçlarda yer alan 1 ve 19 numaralı hücrelerin şekli diğerk hücre şekillerine göre daha oval olup, bu hücreler paraşütün sağ ve sola dönüşünde aktif rol oynamaktadır.



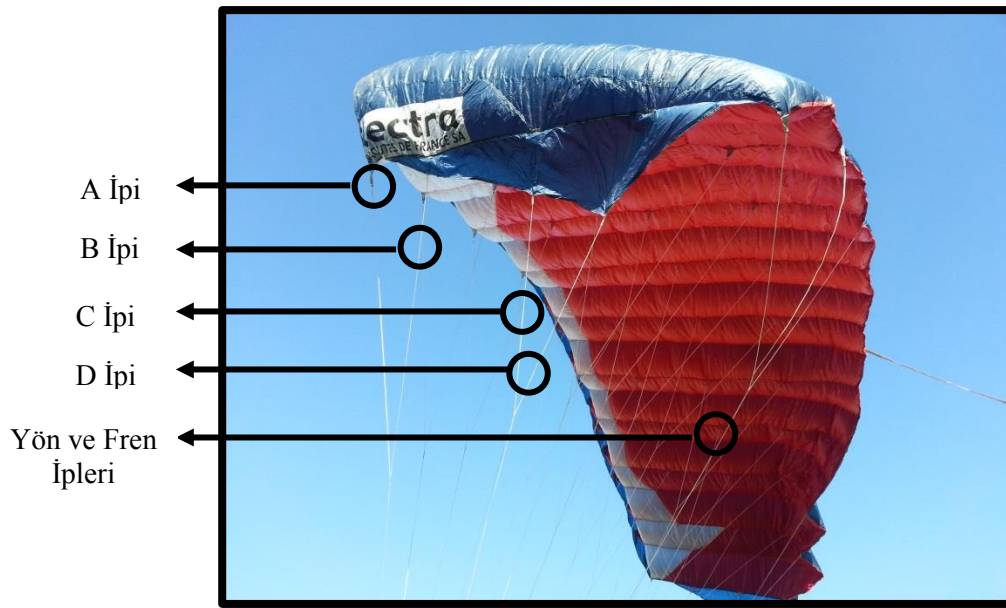
şekil 3.13 : Kanopi hücre standartı.

3.3.1.4 Askı yön ve fren ipleri

İpler kanopideki bağlantı yerlerine göre alfabetik harfler ile ifade edilmektedir. Hücum kenarına bağlanan ve en önde yer alan iplere ‘A’ ipleri denir. Arkaya doğru gittikçe sırasıyla ‘B’, ‘C’, ‘D’ ve yön, fren ipleri olarak adlandırılırlar.

İplerin kanopi üzerindeki yerleşimleri (Şekil 3.14)'de belirtilmiş olup, hücum kenarına en yakın olan A ipi B ipinden, B ipi C ipinden, C ipi de D ipinden daha kısadır. Bu uzunluk dağılımı ile kanopi yatay ekseninde ileri doğru gidebilecek yeteneğe sahip olan parafoil yapıyı oluşturmaktadır. [18]

Yön ve fren ipleri, paraşüt kontrol ipleri olarak ifade edilmekte ve firar kenarına bağlanmaktadır. Kontrol iplerinin renkleri genellikle diğerlerinden farklı olup, kanopinin sağa ve sola dönüş hareketi ile yavaşlama yani frenleme hareketini sağlamaktadır. Askı, yön ve fren ipleri sağlam yapıda 4 metal halka ile bir merkezde toplanarak riser denilen ana kolonlara bağlanırlar.



Şekil 3.14 : İplerin kanopi üzerindeki yerleşimi.

İpler, asıl yükü taşıyan ana elemanlar olmaları sebebiyle çok dayanıklı malzemeden yapılmaktadır. Buna karşılık yapı ve görünüm olarak ince olmaları sayesinde sürtünme azaltmakta, ayrıca hafif olmaları sebebiyle uçuşta avantaj sağlanmaktadır.

Paraşüt teknolojisinin ilk olarak gelişim gösterdiği yıllarda, paraşüt ipi olarak doğal malzemeler olan pamuk, ipek ve keten gibi malzemeler kullanılmıştır. I. ve II. Dünya savaşları arasındaki dönemde ise, ip olarak ipek yoğun bir şekilde kullanılmıştır. II. Dünya savaşı sonrasında ipek yerine naylon kullanımı yaygınlaşmıştır.

Günümüzde ise tekstil teknolojisindeki gelişimle beraber paraşüt ipi olarak temelde 5 ana çeşit ip kullanılmaktadır. Bunlar Kevlar, Vectran, Spectra, HMA ve Dacron olarak bilinmektedir (Şekil 3.15 - Şekil 3.19). [21]

Her bir ip taşıdığı yükün ağırlığına dayanabilecek şekilde özel malzemelerin kullanımı ile farklı örgü şekillerini içeren ve önceden belirlenen standartlarda üretilmektedir.



Şekil 3.15 : Kevlar.



Şekil 3.16 : Vectran.



Şekil 3.17 : Spectra.



Şekil 3.18 : Hma.



Şekil 3.19 : Dacron.

3.3.1.5 Slider

Slider, kanopinin boyutuna göre değişik ölçülerde kare ya da dikdörtgen bir şekilde olan, çeşitli standartlardaki sağlam kumaşlardan üretilen ve kanopinin düzgün ve istikrarlı şekilde açılmasını sağlayan bir ekipmandır (Şekil 3.20). [18]

Sliderın görevleri;

1. Hücüm kenarından giren havanın oluşturduğu şok nedeniyle kanopinin aniden açılarak patlamasını önlemek,
2. Kanopinin daha istikrarlı bir şekilde dolmasını sağlamak,
3. Askı ve fren iplerinin açılışta karışmasını engellemek.



Şekil 3.20 : Slider.

Paraşütün uçuş öncesi katlanması sırasında, slider kanopinin hemen altında ve iplerin en üst kısmında olacak şekilde katlanarak konulur. Pilot paraşütün dolarak ana paraşütü navlakadan çıkarması sonrasında, hava akımı sayesinde kanopi dolarak şişmeye başlar. Kanopi şiştikçe parafoil yapıyı oluşturmaya başlar. Bu esnada kanopi üzerindeki ipler, kanopinin genişlemesi ile beraber oluşan basınç sonucunda açılarak uçuş esnasındaki pozisyonlarını almak üzere gerilmeye başlar. İplerin en üst taraftan başlayarak gerilmesine bağlı olarak slider iplerin üst kısmında bulunduğu yerden aşağıya doğru kaymaya başlar.

İplerin oluşturduğu ve aşağıya doğru daralan şekildeki ters koni üzerinde, aşağıya doğru yavaş yavaş hareket eder. Bu esnada kanopinin hava şoku nedeniyle aniden açılmasını önler, hava ile istikrarlı ve yavaş yavaş dolarak şişmesini sağlar. Buna ilave olarak askı, fren ve yön iplerinin bir düzen halinde açılarak karışmasına engel olur.

Sliderın 4 köşesinde sağlam yapıda metal halkalar bulunmaktadır (Şekil 3.21).[18] Bunların içerisinde askı ipleri geçerek kolonlara irtibatlandırılır. Ayrıca, sliderın çevresi sağlam radyal şeritler ile desteklenerek ilk şok anında kumaşın dayanıklılığı artırılmaktadır.



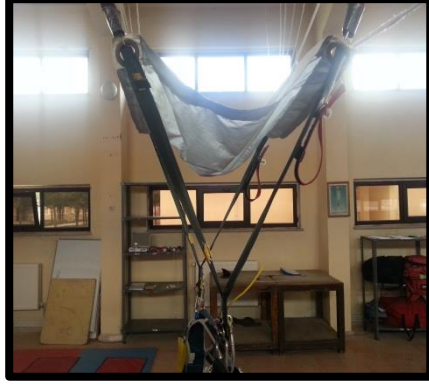
Şekil 3.21 : Metal halka.

3.3.1.6 Riser (Kolon)

Askı iplerinin paraşüt kanopisinden aşağıya doğru gelerek birleştiği kolonlara “riser” adı verilmektedir (Şekil 3.22 , Şekil 3.23). [18] Bu yapılar paraşüt ile taşınmak istenilen yükün ağırlığını doğrudan üzerine alan ana taşıyıcılardır.



Şekil 3.22 : Riser ön görünüm.



Şekil 3.23 : Riser yan görünüm.

Taşıyıcı kolonlar üzerinde yerçekimi ve sürtünme kuvvetleri etki etmektedir. Bu kuvvetlere karşı direnç gösterebilecek şekilde belirli standartlarda üretilen sağlam yassı kolonlar, uçlarına bağlanan faydalı yük platformunun emniyetli bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır.

Paraşüt teknolojisinde kullanılan ilk kolonlar dayanıklılığı, esneme oranı ve ucuz maliyeti dikkate alınarak naylon malzemelerden imal edilmiştir. Tekstildeki gelişim ile beraber naylon malzeme gibi dayanıklı ve ucuz maliyete sahip ayrıca ultraviyole ışıklara karşı daha uzun ömürlü polyester içerikli kolonlar kullanılmaya başlanmıştır.



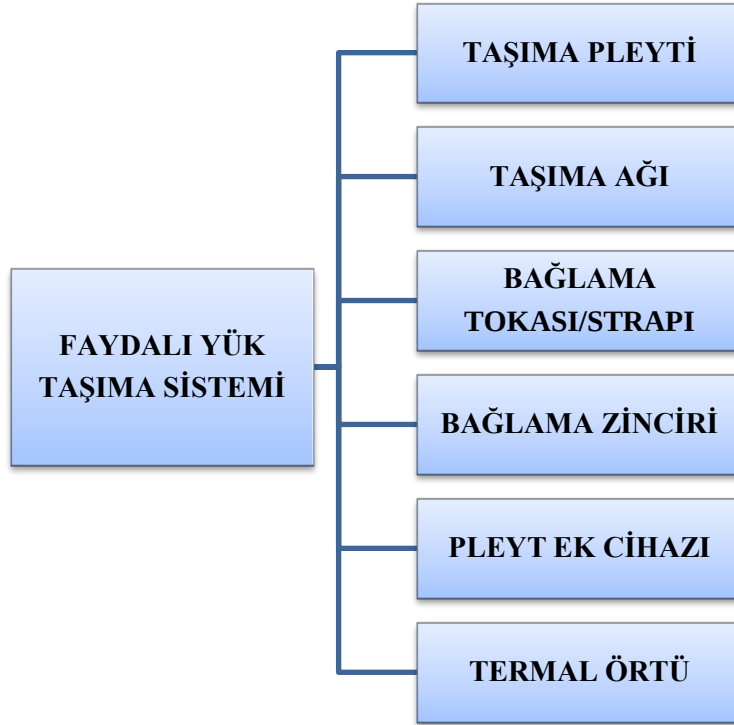
Şekil 3.24 : Metal kelepçe.

İpler (Şekil 3.24)'de gösterilen sağlam yapıda metal kelepçelerle bir araya toplanarak kolonlara irtibatlandırılır. [18]

3.3.2 Faydalı yük taşıma sistemi

Faydalı yük taşıma sistemi, hedef noktaya indirilecek yükün, atılacak olan hava aracına göre hazırlanarak bir bütün haline getirildiği, ana sistemin uçuşu süresince mevcut yükün çeşitli meteorolojik etkenlerden korunmasını sağlayan ve yük hedef noktaya ulaştığında çarpma sonucu oluşan şoka dayanıklı alt bileşenleri içeren bir sistemdir.

Bu sistem temel olarak 6 alt sistemden oluşmaktadır (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 : Faydalı yük taşıma sistemi alt sistemleri.

3.3.2.1 Taşıma pleyti

Taşıma pleyti, üzerine yerleştirilen yükün emniyete alınarak uçağa herhangi bir hasar vermeden yüklenmesi için kullanılan, alt ve üst yüzeyleri paslanmaz alüminyum alaşımdan, ara katmanı ise balsa ağacından oluşturulmuş özel tabandır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 : Taşıma pleyti.

Balsa odunu⁶ kullanılmasının sebebi, balsa ağacının yapısı gereği içerisinde bulunan hava miktarının diğer malzemelere göre daha fazla olması, bu sayede yere temas noktalarındaki sarsıntı ve çarpma şiddeti etkisinin azaltılmasına imkan vermesidir.

Türk Silahlı Kuvvetlerinin havayolu taşıma ve ulaştırma ihtiyaçlarını karşılayan Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki C-130, C-160, CN-235 CASA ve KC-135R Tanker uçaklarında, HCU-6E tipi yük pleyti kullanılmaktadır. Askeri standartlarda kullanılan HCU-6E taşıma pleytlerinin üretilmesinde, MIL-P-27443E standardı kullanılmaktadır. Pleytler, korozyon, sıcaklık, nem ve ultraviyole ışınlar gibi meteorolojik etkenlerden koruyucu yapıya sahiptir.

HCU-6E pleytinin teknik özellikleri (Çizelge 3.1)'de belirtilmiştir. [22] Boş ağırlığı 132 kg. ve taşıma kapasitesi 4536 kg. olup, üzerinde her biri 3398 kg. kapasiteli 22 adet sabit bağlama halkası bulunmaktadır. Bu halkaların 6 tanesi uzun kenarda, 5 tanesi kısa kenarda olmak üzere pleyt üzerinde 4 kenara sabitlenmiş halde bulunmaktadır.

⁶ Balsa odunu kolay şekil verilebilen yapısı ile maket uçak tasarımında da kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 : HCU-6E taşıma pleyti.

HCU - 6E TAŞIMA PLEYTİ TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
UZUNLUK	88 X 108 inches (2,24 X 2,74 m.)
KALINLIK	2.25 inches (0,057 m.)
BOŞ AĞIRLIK	132 kg.
TAŞIMA KAPASİTESİ	4536 kg.
HALKA SAYISI	22
MALZEME	ALÜMİNYUM, BALSA
ULUSLARARASI STOK NU.SI (NSN)	1670-00-820-4896
UYGUN UÇAK TİPİ	C-130, C-160, CN-235, KC-135 R
FİYAT	1250 \$

3.3.2.2 Taşıma ağı

Pleytin üzerine yerleştirilen yükü sabitlemek için 3 yöntem vardır. Bunlar taşıma ağı, bağlama tokaları ve bağlama zincirleridir. Taşıma ağı bağlama tokaları ya da zincirlerinin olmadığı ya da kullanılmadığı durumlarda kullanılmaktadır.

Taşıma ağı, genel standartlarda düğümlerle birbirine bağlanmış, naylon polyester karışımından tek parça halinde üretilen ve yükün dengeli bir şekilde taşınmasına yardımcı olan teçhizattır (Şekil 3.27).



Şekil 3.27 : Taşıma ağı.

Ağ pleyt üzerinde bulunan yük veya yüklerin üzerine serilir, bağlantı noktaları ile pleyte bağlanır ve sabitlenerek emniyete alınır. Böylece pleyt üzerinde konulan yük, dağılmadan ve ekstra aerodinamik kuvvetler oluşturmada hedef noktaya ulaşabilir.

Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki terminallerde, büyük tepe ağı ve küçük yan ağı olmak üzere 2 tip pleyt ağı kullanılmaktadır. Bu ağların taşıma kapasitesi 5500 lb. olup, özellikle parçalı yüklerin pleyt üzerinde emniyete alınarak bir bütün halinde kaymadan durmasına imkan sağlamaktadırlar.

Hava Kuvvetleri Komutanlığının kullanımı için üretimi tasarlanan taşıma ağları, yeni nesil üretim olarak tabir edilen düğümsüz olmalıdır (Şekil 3.28). [23] Bu yapı sayesinde taşıma ağının kullanım ömrünü doğrudan etkileyen aşınma değeri normalin üzerinde ve onarım masrafı minimum seviyede tutulabilecektir. Ayrıca düğümsüz yapı sayesinde yükün pleyt üzerine yüklenmesi esnasında takılmalar meydana gelmemekte ve yükleme süresi düğümlü ağlara oranla daha az olmaktadır.



Şekil 3.28 : Düğümsüz ağ.

3.3.2.3 Bağlama tokası (strap)

Pleyt ağlarının ve bağlama zincirlerinin olmadığı ya da kullanılmadığı durumlarda yükün pleyte sağlam bir şekilde bağlanarak zarar görmesini engellemek amacıyla kullanılan ve riserlarda olduğu gibi kopmaya karşı dayanıklı malzeme içeren sabitleme halatlarına bağlama tokası adı verilmektedir (Şekil 3.29 , Şekil 3.30).



Şekil 3.29 : Bağlama tokası.

Bağlama tokalarının seçiminde önemli kriterlerden biri kullanılan malzemeye ait kopma sınırıdır. Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için üretimi tasarlanan bağlama tokalarının kolonlarında, kopma sınırı daha yüksek olması nedeniyle riserlarda olduğu gibi MIL-W-5625 ya da MIL-W-4088 standartları tercih edilmelidir.



Şekil 3.30 : Bağlama tokası ve halatı.

Bağlama tokalarının dayanıklılık kapasitesi 5000 lb (2268 kg) olup, halat uzunluğu 20 ft (6.09 m)'tir. Uçlarına bağlama kancaları irtibatlandırılmış olup bu kancalar pleyt üzerinde bulunan bağlantı halkalarına takılmaktadır. Kancalar ilgili noktalara takıldıktan sonra toka mandal mekanizması ileri geri hareketi ile gerdirme yapılarak kilitlenmektedir. Bu işlem sonucunda yük sabit halde pleyt üzerinde uğağa aktarılmak üzere hazır hale gelmiş bulunmaktadır.

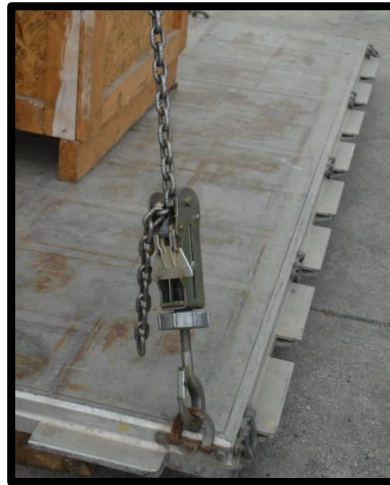
Bağlama kancası (Şekil 3.31), dövme çelik üzerine kadmiyum kaplama şeklinde üretilmektedir. Ortalama ağırlığı 135 gr. olup 2500 lb (1134 kg)'ye kadar dayanıklılığı test edilmiştir.



Şekil 3.31 : Bağlama kancası.

3.3.2.4 Bağlama zinciri

Bağlama zinciri pleyt üzerinde taşınacak malzemenin ağır ve metal yapıda olması durumunda bağlama tokası yerine ya da bağlama tokasına destek olarak kullanılmaktadır. Zincir bağlama aparatı (Şekil 3.32), bağlama tokasında olduğu gibi pleyt üzerindeki halkaya geçirilerek üzerindeki gerdirme sistemi ile sabitlenir.



Şekil 3.32 : Zincir bağlama aparatı.

Bağlama aparatının diğer ucu olan kanca (Şekil 3.33) taşınacak malzeme şasesi üzerinde uygun bir yere irtibatlandırılarak zincir üzerine kilitlenir. Bağlama aparatının tekrar gerdirilerek sıkıştırılması sonucunda, zincir sıkı ve sağlam bir şekilde malzemeyi tutmaktadır. Böylece ağır ve metal malzemelerin pleyt üzerinden kayması engellenmiş olur.



Şekil 3.33 : Zincir kancası.

3.3.2.5 Pleyt ek cihazı

Pleyt ek cihazı (Şekil 3.34 , Şekil 3.35) görev ihtiyacı sebebiyle birden fazla pleytin havadan atılacak olması durumunda, uçak içerisine yerleştirilen pleytlerin birbirine bağlanarak kaymaması amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 3.34 : Pleyt ek cihazı yan görünüm.



Şekil 3.35 : Pleyt ek cihazı üst görünüm.

Arka arkaya uçak içerisine alınan pleytler ray üzerinde hareket ettirilerek karşılıklı halkaların arasına ek cihazı gelecek şekilde birbirlerine yaklaştırılır. Kancalar cihaz üzerindeki yuvalarına geçirildikten sonra yaylı kilitleme mandalı çevrilerek mekanizmanın kilitlenmesi sağlanır.

Uçuşun en riskli bölümleri olan iniş ve kalkış esnasında içeride bulunan pleytler bu cihaz ile kilitlenmediği takdirde, yer çekimi ve uçağın manevraları sonucunda kayarak birbirine çarpabilir ve aerodinamik dengenin bozulması ile uçak beklenmedik bir şekilde “stall”⁷ durumuna geçerek kaza kırım yaşanabilir. Görünüşte küçük ancak aerodinamik dengenin sağlanmasında önemli parçalardan biri olan ek cihazları pleytler yüklendikten sonra bir kez daha kontrol edilmelidir.

3.3.2.6 Termal örtü

Hava aracından atılan yük hedef noktasına ulaşana kadar çeşitli meteorolojik etkenlere maruz kalmaktadır. Bu etkenlerin yükün muhteviyatına zarar vermemesi amacıyla termal örtü (Şekil 3.36) geliştirilmiştir. [24]

Termal örtü irtifa değişimleri sonucunda meydana gelen ani sıcaklık değişimlerinde, yükün bu değişimlerden etkilenmesini geciktirerek zarar görmesini engellemek amacıyla kullanılır. Teknik özellikleri (Çizelge 3.2)’de belirtilmiş olup genel olarak esnek ve su geçirmez özelliğe sahiptir. Dış yüzeyi PVC, iç yüzeyi ise alüminyum folyo ve polietilenden imal edilmektedir. [24]

⁷ Kaldırma kuvvetinin hava aracını taşıyamadığı durum.



Şekil 3.36 : Termal örtü.

Meteorolojik şartların çok ağır olduğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri’nde yapılacak olan görevlerde kullanımına ihtiyaç duyulabileceği öngörülmektedir. Bunun haricinde yükün muhteviyatına (ilaç, gıda, mühimmat vs.) ve transfer zamanına bağlı olarak muhafaza edilmesi, meteorolojik etkenlerden korunması ve depolanması amacıyla operasyon bölgelerinde yerde de kullanılabilmektedir.

3 tip kullanım şekli vardır.

1. Tek taraflı kaplama: Sadece üst yüzeyin örtülmesi.
2. Hafif kaplama: Malzemenin 4 tarafının kaplanması.
3. Tam kaplama: Pleyt dâhil yükün tamamen kaplanması.

Çizelge 3.2 : Termal örtü özellikleri.

TERMAL ÖRTÜ TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
AĞIRLIK	835 g/m ²
KALINLIK	12 mm.
DIŞ YAPI MALZEMESİ	PVC
İÇYAPI MALZEMESİ	ALİMUNYUM FOLYO, POLİETİLEN
GENEL YAPI	ESNEK, SU GEÇİRMEZ

3.3 Sistemlerde Kullanılan Malzeme Standartları ve Özellikleri

3.3.1 Kanopi

Kanopi kumaşlarında hava geçirgenlik ölçüsü CFM⁸ olarak ifade edilmektedir. Cubic foot bir kenarı 1 ft. (0.3048 m) olan bir kübün hacmi olarak adlandırılır. CFM ise bir dakika boyunca bir metrekareden geçen havanın kübik foot cinsinden gösterimidir. Örneğin 2 CFM geçirgenliğe sahip olan bir kumaşın geçirgenliği ifade edilirken, 1 dakikada kumaşın 1 m² 'sinden, bir kenarı 2 ft olan bir kübün hacmine eşit havanın geçtiği belirtilmektedir.

Hava geçirgenlik standartı kumaş ve paraşüt üreticileri tarafından kullanılan ve ürünlerinin rüzgâr ya da hava geçirmezliğini belirten bir standarttır. Düşük hava geçirgenliğine sahip gözenekli kumaş yapı, havanın paraşüt alt ve üst yüzey kumaşından kaçmasını engelleyen direnci sağlamak için gereklidir. Bu sebeple askeri standartlarda üretilen paraşüt kumaşları sıfır hava geçirgenlik değerine yakın değerlere sahip kumaşlardan seçilmektedir.

Naylon malzemeler sıfır geçirgenliğe yakın iken pamuklu malzemeler yüksek geçirgenliğe sahiptir. Pamuklu malzemelerden üretilmiş olan kumaşlardan hava rahatlıkla geçebilmektedir. Bu sebeple naylondan imal edilmiş kumaşlar paraşüt sistemlerinde daha çok tercih edilmektedir.

Paraşüt kumaşlarının geçirgenlik oranları, her kullanım ve katlanma sonrasında gözeneklerin genişlemesine paralel olarak zamanla artmaktadır. Buna bağlı olarak bir paraşütün kullanım ömrü belirlenmektedir. Buradan hareketle askeri standartlarda üretilen kumaşlar için sıfır geçirgenlik değerinin paraşüt kullanım süresinin belirlenmesinde önemli bir kriter olduğu değerlendirilmektedir. [18]

Güneş'in ultraviyole ışınları ve diğer meteorolojik etkiler sebebiyle herhangi bir paraşüt kanopisi ile gerçekleştirilen 300 ve üzerindeki atlayış sonrasında kumaşta birtakım yapı değişimleri farkedilir, 500 atlayıştan sonra ise kumaş üzerinde gözle görülür bozulmalar meydana gelmektedir.

⁸ CFM : Cubic Feet per minute per square Meter

Gözle görülmeyecek seviyede küçük delikler kanopinin suya batması sonucu oluşabilmektedir. Kanopi atlayış sonrası hücrelerde bulunan havayı çabuk bir şekilde boşaltıyorsa geçirgenliği artmış anlamına gelmektedir. Bu sebeple yağmurlu havalarda atlayış yapılması gerekmedikçe yapılmamalıdır.

Askeri kullanım amacıyla üretilen paraşüt kumaşlarında en iyi geçirgenlik değerine sahip olan MIL-C-44378 standartı kullanılmaktadır. F-111 kumaşı bu standartlarda üretilen ve günümüzde de yüksek performans değerlerinde kullanılabilen, ram air kanopiler için özel olarak imal edilmiş bir kumaştır. Dayanıklı, hafif, az hacimli ve hava geçirgenliği çok düşük (0-3 CFM) olan F-111 kumaşı mevcut kargo sistemleri için kullanılabilen yüksek performanslı bir kumaş olup, askeri standartlar ile mükemmel bir şekilde uyum sağlamaktadır.

Polimer kaplı Soar-Coat, hafif ağırlığa ve düşük geçirgenliğe sahip (0-3 CFM) PF-2000, PF-2500 ve PF-3000 serisi kumaşlar, 0-3 CFM geçirgenliğe sahip AS-PZ, OLKS, LCN061, LCN071 serisi kumaşlar, F-111 kumaşına alternatif olarak zaman içinde kullanılmış olan kumaş türleridir. Bunların haricinde polyester (Dacron) ve Kevlar kumaşlar kullanılmaktadır. Askeri standartlarda üretilen kumaşlar için MIL-C-7020, MIL-C-7350 ve MIL-C-44378 standartları oluşturulmuştur(Çizelge 3.3).[25]

Çizelge 3.3 : Kanopi kumaşı standartları.

STANDART	MIL-C-7020 (TYPE-1)	MIL-C-7350 (TYPE-1)	MIL-C-44378 (TYPE-1)
İNCELİK	< 0.076 mm	< 0.177 mm	< 0.076 mm
AĞIRLIK	37.30 g/m ²	76.30 g/m ²	39.67 g/m ²
GENİŞLİK	36'',48''	36'',48''	36'',48''
DOKUMA	Düz, çift	Düz	Düz, tek
KUMAŞ	Naylon	Naylon	Naylon
GEÇİRGENLİK	80-120 CFM	90-140 CFM	0-5 CFM
ÖRNEK			

Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için üretimi tasarlanan kanopi kumaşında, düşük geçirgenlik özelliğine ve inceliğe sahip olması nedeniyle MIL-C-44378 standardı tercih edilmelidir.

3.3.2 Askı, yön ve fren ipleri

Ram air paraşütleri ilk olarak sağlam polyster Dacron ipleri ile imal edilmiştir. Daha sonra daha hafif dacron, kevlar ve spectra iplere doğru gelişim sağlanmıştır. Ram air kanopileri hassas kontrol ve dayanıklılık için uzama katsayısı düşük olan iplere ihtiyaç duymaktadır. Askeri amaçlarla kullanılan kanopilerde, kılıflı ve bu kılıfın içerisinde bir çekirdek bulunduran ipler kullanılmaktadır. Bu ipler düğümlenme, takılma ve dolanmaya karşı oldukça istikrarlıdır.

En çok kullanılan iplerin karakteristik özellikleri (Çizelge 3.4)'te belirtilmiştir. [25]

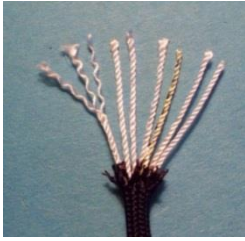
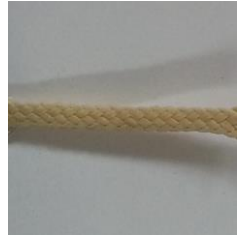
Çizelge 3.4 : İp karakteristiği.

	Naylon	Dacron	Kevlar	Spectra
Hacim	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük
Ağırlık	Yüksek	Yüksek	Düşük	En Düşük
Dayanıklılık	İyi	İyi	Zayıf	Mükemmel
Sürtünme	Orta	Orta	Düşük	Düşük
Maliyet	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek

Tablo incelendiğinde spectranın diğerlerine oranla daha maliyetli olmasına rağmen, sürtünme ve ağırlığı daha az, buna karşılık dayanıklılığı daha fazla olan ip olduğu anlaşılmaktadır. Bu sebeple tercih edilmektedir.

Aktif kontrollü paraşüt sisteminde kullanılabilecek çeşitli askeri standartlarındaki kanopi ipleri örnekleri ile birlikte (Çizelge 3.5)'te sunulmuştur. [25]

Çizelge 3.5 : İp standartları.

STANDART	MIL-C-5040 Type III	MIL-C-5040 Type II	MIL-C-7515 Type II
KAPASİTE	550 lb (249 kg)	400 lb (181 kg)	550 lb (249 kg)
UZAMA	% 30	% 30	% 20
İÇ İPLİK SAYISI	7-9	4-7	-
KILIF YAPISI	32/1, 36/1	32/1, 36/1	-
ÖRNEK			

Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için üretimi tasarlanan askı, yön ve fren iplerinde, düşük uzama katsayısı özelliğine sahip olması nedeniyle MIL-C-7515 standardı tercih edilmelidir.

3.3.3 Riser

Riser kanopiden gelen askı iplerinin tüm ağırlığını kolonlarında taşıdığı için özel iplerden çeşitli teknikler kullanılarak üretilmiş şerit şeklindeki taşıyıcılardır. Bu sebeple sağlam ve görevin özelliğine göre esneklik gösterebilen yapıda olmalıdırlar.

Çeşitli meteryalde iplerden farklı teknikler kullanılarak askeri standartlarda üretilmiş olan riserlar örnekleri ile birlikte (Çizelge 3.6 , Çizelge 3.7)'de gösterilmiştir. [25]

Çizelge 3.6 : Riser standartları.

STANDART	MIL-W-5625 Webbing; Nylon Tubular	MIL-W-9406 Webbing; Cotton
KOPMA SINIRI	1,000 lbs (453 kg.)	810 lbs (367 kg.)
KALINLIK	2.28 mm	-
AĞIRLIK	15.50 g/m	60.46 g/m
DOKU YAPISI	Tubular Düz	Düz
ÖRNEK	 Webbing; Nylon Tubular, MIL-W-5625, 1/2"	 Webbing; Cotton, MIL-W-9406, 3 1/2"

Çizelge 3.7 : Riser standartları.

STANDART	MIL-W-4088 Type II Webbing; Nylon	MIL-W-530 Type II Webbing; Cotton
KOPMA SINIRI	1,000 lbs (453 kg.)	1,100 lbs (499 kg.)
KALINLIK	0.56 - 1.02 mm	5.60 mm
AĞIRLIK	14.32 g/m	254.00 - 279.10 g/m
DOKU YAPISI	2/2	Düz, desensiz
ÖRNEK	 Webbing; Nylon, MIL-W-4088 T2, 1"	 Webbing; Cotton, MIL-W-530 T2, 3"

Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için üretimi tasarlanan kolonlarda, kopma sınırı daha yüksek olması nedeniyle MIL-W-530 standartları tercih edilmelidir.

3.4 Sistem Test ve Metotları

Üretim sürecinin en başında ortaya konulan standartlara uygun olarak sistemin sağlıklı çalışmasını kontrol etmek amacıyla test yöntemleri geliştirilmiştir. Uzaktan kumandalı ve otonom çalışan paraşüt sistemini oluşturan alt sistemlerin üretimi esnasında dikkate alınması gereken standartlar bu bölümün 3. kısmında daha önce belirtilmiştir. Bu kısımda ise sistemin çalışma performansına yönelik geri besleme bilgisi almak amacıyla uygulanacak olan testler ve metotlar açıklanacaktır.

3.4.1 Kanopi, askı, yön ve fren ipleri, riser test ve metotları

Üretimi yapılan kanopi kumaşı, askı ve fren ipleri ile kolonlardan oluşan paraşüt alt sistemlerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik içeriğine göre özelliklerinin askeri standartlarda olması için uygulanması gereken test metotları “FED-STD-191 Textile Test Methods” ile doküman haline getirilmiştir (Çizelge 3.8 , Çizelge 3.9). [26, 27]

Testler için gerekli olan çevresel etmenler ve atmosferik koşullar standart dökümanda belirtilmiş olup, söz konusu şartların sağlanması durumunda testler uygun ölçü ve miktardaki malzeme örneği üzerinde uygulanmaktadır.

Çizelge 3.8 : Kanopi kumaşı test ve metotları.

“FED-STD-191 TEXTILE TEST METHODS” KUMAŞ TEST TABLOSU	
TEST ADI	METOT NUMARASI
Hava Geçirgenliği	5450 - 5452
Ph Değeri	2811
İp, Kordon Büküm Oranı	4050 – 4052
Malzeme Genişliği	5020
Malzeme Yoğunluğu/Dokuma Kalınlığı	5030
Birim Alan Kumaş Ağırlığı	5040 - 5041
Birim Alan İplik Sayısı	5050

Çizelge 3.8 (devam) : Kanopi kumaşı test ve metotları.

“FED-STD-191 TEXTILE TEST METHODS” KUMAŞ TEST TABLOSU	
TEST ADI	METOT NUMARASI
Kopma Mukavemeti ve Uzama	5104
Yırtılma Mukavemeti	5134
Su Geçirgenliği	5500 - 5502
Renk Haslığı (Su)	5614
Renk Haslığı (Işık)	5660
Aşınma	5300

Hava geçirgenlik değeri paraşüt kanopisi için önemli bir kriterdir. Kanopi ile su üzerine atlayış gerçekleştirilmesi, son kontrol testi üzerinden 25 atlama geçmesi ve kanopi paketinden ilk çıkışından itibaren 40 defa katlama yapılması durumlarında geçirgenlik oranının kontrol edilmesi amacıyla tekrar test edilmelidir.

Çizelge 3.9 : İp ve kolon test ve metotları.

“FED-STD-191 TEXTILE TEST METHODS” İP VE KOLON TEST TABLOSU	
TEST ADI	METOT NUMARASI
Boy – Ağırlık Oranı	6004
Daralma/Çekme Oranı	6010
Su Geçirgenliği	6011
Kopma ve Uzama Mukavemeti	6015
İp/Kolon Sertliği	6020
Bükülme Çapı	6002
Bükülme Çevresi	6003

3.4.2 Air guidance unit sistem test ve metotları

Türk Silahlı Kuvvetleri gelişen teknolojiye uyum sağlayabilmek için hali hazırda kullanmakta olduğu sistemleri modernize ve modifiye etmektedir. Buna karşılık tedarik etmeyi ya da özgün bir tasarım sonucu üretmeyi planladığı yeni sistemleri ise AR-GE çalışmaları ve test süreçleri ile destekleyerek en uygun özellikte sistemin envantere dâhil edilmesine çalışmaktadır.

Bu kapsamda yapılmakta olan AR-GE ve testler maddi anlamda bir külfet gibi görünse de ileride ortaya çıkabilecek problemlere ilişkin erken teşhis ve müdahaleye imkan vermesi açısından önem arz etmektedir.

Buradan hareketle yakın zamanda alınması planlanan aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sistemlerinin en önemli bölümü olan Air Guidance Unit'in kalite kontrolü için yapılması gereken testler (Çizelge 3.10)'da belirtilmiştir. [4, 7, 28]

Çizelge 3.10 : Air guidance unit sistem test ve metotları.

AIR GUIDENCE UNIT TEST TABLOSU	
STANDART ADI	STANDART NUMARASI
Environmental Certification	MIL-STD-810-F
Electromagnetic Interference (EMI)	MIL-STD-461-F
Electrostatic Discharge (ESD)	MIL-STD-1686-C
Human Factors	MIL-STD-3009
	MIL-STD- 1472-F

3.4.2.1 Environmental certification (MIL-STD-810-F)

MIL-STD-810-F standardı, AGU'in kara, hava ve deniz yolu ile taşınması, depolanması, açık alanda bekletilmesi esnasında çevresel faktörlerin malzeme üzerinde zamanla meydana getirdiği etkileri uygun laboratuvar ortamı değerlerine göre incelemek ve sistemin (-) 31 °C ile +65 °C aralığındaki askeri standartlarda verimli çalışıp çalışamayacağını ortaya koymak için kullanılmaktadır.

Bu sayede istenilen nitelikte malzeme standardı sağlanabilmekte ve bu standarda yönelik malzeme temin programları oluşturulabilmektedir.

Alçak irtifa basıncı, alçak-yüksek sıcaklık, yağmur, nem, tuz, kum, toz ve titreşim testleri MIL-STD-810-F standartları kapsamında yapılmaktadır. (Çizelge 3.11).[29]

Hava Kuvvetleri Komutanlığında icra edilecek görevin türüne göre değişkenlik gösteren arazi ve meteorolojik şartlar göz önünde bulundurularak AGU üzerinde meydana gelecek etkiler ve bu etkilerin sonuçlarına dair alınması gereken önlemler için söz konusu standart aktif olarak uygulanmalıdır. Sistemin malzeme ve raf ömrünün belirlenmesinde, bakım ve kontrollerinde standardın gerekleri ve test zamanları aranmalıdır.

Çizelge 3.11 : Environmental certification (MIL-STD-810-F) test ve metotları.

ENVIRONMENTAL CERTIFICATION (MIL-STD-810-F) TEST TABLOSU		
TEST ADI	METOT NU.	PROSEDÜR NU.
Alçak İrtifa Basıncı	MEOT 500.4	II
Yüksek Sıcaklık	METOT 501.4	I
Alçak Sıcaklık	METOT 502.4	I
Yağmur	METOT 506.4	I, III
Nem	METOT 507.4	-
Tuz	METOT 509.4	-
Kum ve Toz	METOT 510.4	I, II, III
Titreşim	METOT 514.5	I, II, III

3.4.2.2 Electromagnetic interference (EMI) (MIL-STD-461-F)

Teknolojinin gelişimine paralel olarak sivil ve askeri alanlarda kullanım oranı, sayısı ve etki alanı her geçen gün artmakta olan elektronik cihazlar ve ekipmanlar, günlük hayatın içinde gözle görülür seviyede kolaylık sağlamaktadır.

Bu kolaylığın yanı sıra elektromanyetik kirliliğin oluşması ve söz konusu cihazların sistem-alt sistem hiyerarşisi dahilinde bir arada ve uyum içerisinde çalışmasında bir takım aksaklıkların yaşanması da kaçınılmaz olmaktadır.

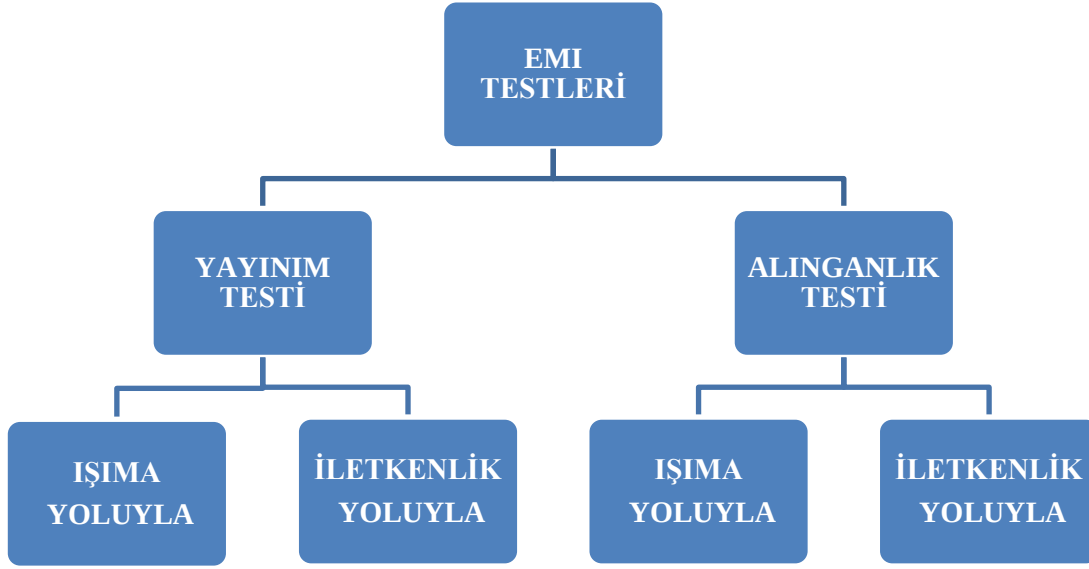
Elektronik cihazlar arasında yaşanabilecek bu aksaklıkları genel olarak elektromanyetik enterferans, düzenli ve standartlarda çalışmayı ise elektromanyetik uyumluluk olarak ifade etmek mümkündür.

Elektromanyetik enterferans yani elektromanyetik girişimler, herhangi bir elektronik cihazın diğer cihazlar üzerinde meydana getirdiği ve cihazın verimli çalışmasını engelleyen olumsuz etkenlerdir. Buna karşılık cihazlar arasında birbirini etkilemeden çalışma ortamının sağlanmasına da elektromanyetik uyumluluk adı verilmektedir.

MIL-STD-461-F standardı, AGU'nin içerisinde bulunan elektronik, elektromekanik sistem ve alt sistemlerin birbirleri üzerinde meydana getirdikleri elektromanyetik girişimlerin kontrol edilerek elektromanyetik uyumun sağlanması amacıyla belirlenmiş standartları ortaya koyan temel bir dökümandır.

Sistem muhafazası için kullanılan racklar, bu racklar arasında bulunan bağlantı kabloları ve güç kaynağından sağlanan elektriksel güç üzerindeki elektromanyetik girişimler MIL-STD-461-F standartları kapsamında test edilmekte ve elektromanyetik enterferans kontrol prosedürleri uygulanmaktadır.

Elektromanyetik testler, ışıma yoluyla yayılım, iletkenlik yoluyla yayılım, ışıma yoluyla alınganlık, iletkenlik yoluyla alınganlık seviyelerinin ölçümleri üzerine 4 ana grupta toplanmaktadır (Şekil 3.37). [30]



Şekil 3.37 : Electromanyetik enterferans test yöntemleri.

Işıma yoluyla yayınım (Radiated Emission – RE) testi: Test edilen elektronik sistem veya alt sistemin, ışıma yoluyla dışarıya yaptığı yayının seviyesinin ölçülmesi amacıyla kullanılır.

İletkenlik yoluyla yayınım (Conducted Emission – CE) testi: Test edilen elektronik sistem veya alt sistemin güç ya da işaret kabloları üzerinden dışarıya yaptığı yayının seviyesinin ölçülmesi amacıyla kullanılır.

Işıma yoluyla alınganlık (Radiated Susceptibility – RS) testi: Test edilen elektronik sistem veya alt sisteme, istenmeyen işaretlerin ışıma yoluyla gelerek etkin çalışmasını engelleyip engellemediğinin ve performans durumunun tespiti amacıyla kullanılır.

İletkenlik yoluyla alınganlık (Conducted Susceptibility - CS) testi: Test edilen elektronik sistem veya alt sisteme, istenmeyen işaretlerin güç ve işaret kabloları üzerinden gelerek etkin çalışmasını engelleyip engellemediğinin tespiti amacıyla kullanılır.

Ancak bu testler içerisinde yer alan test kodları elektronik sistem ve alt sistemlerin özellikleri dikkate alınarak her bir cihaz için uygulanabilecek şekilde geliştirilmektedir. Bu sebeple AGU içerisinde yer alan sistemlere test yapılırken, MIL-STD-461-F standartları içerisindeki uygun test metotları seçilmeli ve uygulanmalıdır (Çizelge 3.12). [31]

Elektromanyetik uyumluluk testlerini geçememiş bir cihazın kullanımı askeri standartlar kapsamında uygun değildir.

Sistemin satın alınmasına karar verildikten sonra, temine yönelik proje içerisinde test ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla bir bölüm ayrılmalı ve test plan dokümanı oluşturulmalıdır. Bu sayede alacağımız sistemin ihtiyaç duyacağı testler belirlenmiş olacak ve temin edilecek firmadan ihtiyaç duyulmayan testlerin yapılması talebinde bulunulmayacaktır. Diğer taraftan yapılması istenilen her bir test ilave maliyet olarak geri dönmekte olup, bütçe maliyetinde gereksiz artışlara sebep olmaktadır.

Özgün bir tasarım sonucu oluşturularak kullanımı planlanan sistemlerde alt sistemi oluşturan her bir cihazın yerleşimine dikkat edilmelidir. Çünkü cihazların birbiri ile iletişimi sağlayan veya güç aktarımı yapan kablolar vasıtasıyla ya da doğrudan ısıma yoluyla meydana gelen elektromanyetik girişimler, cihazlar üzerinde akımlar ve gerilimler oluşturur. İstenmeyen bu tarz etkenler sonucunda oluşan gürültü ve enterferans önce alt sistemi sonra da sistemin bütününe etkileyerek sistemin düzgün çalışmasını engeller ve cihazın performansını düşürür.

Meydana gelebilecek enterferans seviyesinin azaltılması ya da ortadan kaldırılması için özgün tasarımda güç ve işaret kablolarının yerleşimi ve aralarındaki mesafeler uygun ölçülerde olmalıdır. Buna ilave olarak cihazların birbirini etkilemelerini engellemek amacıyla polietilen köpükten yapılmış bir iç bölüm kullanılabilir. AGU içinde de hem düşme esnasında sarsıntının azaltılması hem de girişim etkilerinin azaltılması için polietilen köpük kullanılmalıdır.

AGU sistemi üzerinde meydana gelebilecek elektromanyetik girişim, alt sistemlerin kendilerinden kaynaklanabileceği gibi dış kaynaklardan da olabilmektedir. Bu sebeple aktif kontrollü faydalı yük paraşüt sisteminin kullanılacağı harekât ortamlarında dost ya da düşman unsuru herhangi bir olumsuz girişim kaynağı olup olmadığı tespit edilmelidir. Zararlı kaynağın tespit edilmesi halinde sistemin verimli çalışmayabileceği gerçeği göz önünde bulundurularak göreve ilişkin senaryo gözden geçirilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Türk Silahlı Kuvvetlerinin görev isterlerini karşılaması amacıyla özgün tasarımıyla üretilen sistemin MIL-STD-461F standartlarında ihtiyaç duyacağı testler, MUBİLDESKOM TEMPEST ve EMC test laboratuvarı, TÜBİTAK Ulusal Elektronik ve Kriptoloji Araştırma Enstitüsü (UEKAE) TEMPSET/EMC Test Merkezi, Aselsan A.Ş. ve Türk Standart Enstitüsü (TSE) EMC laboratuvarında, imkânlar ölçüsünde yapılabilecektir. [30]

Çizelge 3.12 : Elektromanyetik enterferans test metotları.

ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE (EMI) MIL-STD-461-F TEST TABLOSU	
TEST ADI	METOT NUMARASI
İletkenlik Yoluyla Yayınım, Güç Kablosu	CE101 , CE102
İletkenlik Yoluyla Yayınım , Anten Terminali	CE106
İletkenlik Yoluyla Alınanlık, Güç Kablosu	CS101
İşırma Yoluyla Alınanlık, Anten Portu, İstenmeyen İşaretler	CS104
İşırma Yoluyla Alınanlık , Sistem Akımı	CS109
İşırma Yoluyla Alınanlık , Kablolar	CS114
İşırma Yoluyla Yayınım, Manyetik Alan	RE101
İşırma Yoluyla Yayınım , Elektrik Alan	RE102
İşırma Yoluyla Yayınım , Anten Çıkışları	RE103
İşırma Yoluyla Alınanlık, Manyetik Alan	RS101

3.4.2.3 Electrostatic discharge (ESD) (MIL-STD-1686-C)

Birbirinden farklı yüklere sahip olan iki cisim belli bir mesafede birbirlerine yaklaştırıldığında sahip oldukları elektronlar birinden diğerine ani şekilde geçiş yapar. İşte bu birbirinden farklı gerilim potansiyeline sahip herhangi iki cisim arasında gerçekleşen elektrik yükü alış verişi sonucu meydana gelen olaya Electro Static Discharge (ESD) denilmektedir.

Elektrostatik yüklenme farklı özellikte ve yükte iki cihazın fiziksel olarak yan yana durması, sürtünmesi, elektrik alan oluşturması ile oluşabilmektedir. Bu statik yüklenme hava nem oranına bağlı olarak farklı gerilimlerin oluşmasına neden olmaktadır.

ESD mikroişlemci, konumlama cihazı gibi dış etkilere duyarlı ve hassas elektronik cihazların üzerinde performans düşüşü, zorunlu yedek parça temini ve ilave maliyet şeklinde olumsuz etkilere sahiptir. Bu sebeplerle ESD'nin kontrol altına alınması amacıyla ESD kontrol programları geliştirilmiştir.

ESD kontrol programı için kapsamlı gereksinimleri oluşturmak ve standartları belirtmek üzere MIL-STD-1686-C standart dökümanı oluşturulmuştur. Böylece ESD'nin elektronik cihazlar ve ekipmanlar üzerinde meydana getireceği olumsuz etkiler minimize edilebilecek ve kontrol altında tutulabilecektir.

Bu standart, elektrikle çalışan patlayıcı aletler hariç tutulmak kaydıyla elektrik-elektronik parçaların, cihaz ve ekipmanların dizayn, üretim, test, kontrol, paketleme, veri yükleme faaliyetleri esnasında elektrostatik etkilerden korunmasına yönelik olarak ortaya konulmuş olan ESD kontrol programında ihtiyaç duyulan performans gereksinimlerini tanımlamakta, prosedürleri ve korunmayı belirten önleme standartlarını içermektedir. [32]

Etkili bir ESD kontrol programı ile hassas cihazlar daha verimli ve güvenli şekilde çalışabilecek ve bakım idame işlemleri daha uzun ömürlü ve düşük maliyetli olabilecektir.

3.4.2.4 Human factors

Lighting, aircraft, night vision imaging system (NVIS) compatible (MIL-STD-3009)

Herhangi bir hava aracı aydınlatmasına ait emisyon karakteristiği için gereksinimleri ve gece görüş sistemi (NVIS) için kullanılan ekipmanları belirtmek üzere MIL-STD-3009 standart dökümanı oluşturulmuştur.

MIL-STD-3009 standardı, hava aracı üzerinde çevre aydınlatması sağlayan ve NVIS ile çalışan tüm sistemler, alt sistemler, ekipman parça ve donanımların özel performans gereksinimlerini içermekte ve bu kapsamda standardın sağlanması için testleri belirtmektedir. Bunun haricinde genel aydınlatma gereksinimlerini içeren konuları kapsamamaktadır. [33]

Ayrıca, aydınlık ve parlaklık ölçümleri, ekran ve ışık yansımaları için kullanılmakta olan spectroradiometer cihazının ışık yoğunluk değerlerini ölçmek için kullanılmakta olan photometer cihazının hassasiyet kriterlerini ve kalibre standartlarını da içermektedir.

Bu standart hava aracına ait genel kullanım aydınlatmaları, gece/gündüz operasyon şartları, mürettebatın çalışma standartları ve gereksinimlerini etkilemeyecek şekilde dizayn yapılması için dikkate alınmalıdır.

Human engineering (MIL-STD-1472-G)

İnsan mühendisliği diğer adıyla insan faktörleri mühendisliği, insan-sistem bütünleşmesi içerisinde güvenlik, verimlilik ve işlevlilik gelişiminin devamlılığını sağlamak üzere ortaya atılmış bir bilim alanıdır.

İnsan mühendisliği kullanılarak tasarlanacak olan sistem ve alt sistem dizaynında takip edilecek tasarım kriteri ve uygulama noktalarını içeren standart MIL-STD-1472-G ile doküman haline getirilmiştir.

Bu standart, askeri sistem ve alt sistemler, ekipman ve araç-gereçler için genel insan mühendisliği model ölçütünün dayandığı esasları ve kriterleri ortaya koymakta olup, tüm kısıtları ve insan doğası gereği sahip olduğu tüm yetenekleri dikkate alarak dizayn süresince insanı sistemin bir parçası olarak değerlendirmekte ve görevin başarıya ulaşması için gerekli olan performansı verecek sistem ve alt sistem tasarımında dikkat edilecek hususları belirtmektedir. [34]

3.4.3 Depolama kasası

Herhangi bir sistem, cihaz ya da teçhizat ancak uygun saklama koşullarında muhafaza edilirse kullanım ömrü teknik şartlarda belirtilen standartları sağlayabilir. Bu amaçla kullanılan depolama kasası, sistemin kullanılmadığı zamanlarda ya da bir yerden bir yere intikal ettirildiği esnada muhafazasını sağlamak amacıyla üretilmiş özel yapılardır (Şekil 3.38). [7]



Şekil 3.38 : Depolama kasası.

Kasa AGU, şarj aleti, uzaktan kumanda ve diğer kabloları içerisinde taşımak üzere dizayn edilmiştir. Kasaya ait test ve metotlar (Çizelge 3.13)’te gösterilmiştir. [7]

Çizelge 3.13 : Depolama kasası test tablosu.

DEPOLAMA KASASI TEST TABLOSU		
TEST ADI	TEST / STANDART NU.	AÇIKLAMA
Düşme Testi	MIL-STD-810-F	METOT 516.5
Şok Testi	MIL-STD-810	METOT 516
Titreşim Testi	MIL-STD-810-E	METOT 514.4
Damla Geçirmezlik Testi	ASTM D 951	Yüksek Yoğunluk Seviyesi
Hava Geçirmezlik Testi	FED-STD-101	PROSEDÜR 5009
Isı ve Nem Testi	(-)54 °C – (+)74 °C	0 – 100 % Nem
İrtifa Testi (40,000 ft.)	MIL-STD-810-E	METOT 500.3
UV Işıma Testi	ASTM D 4976-00B	PE223
Statik Yük Testi	IAW FTMS 101	METOT 5016

4. TURAF SİSTEM TASARIMI

Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı amacıyla tasarlanacak olan TURAF GPADS, kanopi tasarımı, paraşüt sistemi malzeme tasarımı, faydalı yük taşıma sistemi tasarımı ve AGU tasarımı olmak üzere 4 ana başlık altında incelenecektir.

4.1 TURAF Kanopi Tasarımı

Türk Hava Kuvvetlerinin isterlerini karşılayabilecek aktif kontrollü paraşüt sistemine ait bir kanopinin ortalama ağırlığı 30 kg. ve yüzey alanı 95 m² olup, teknik özellikleri (Çizelge 4.1)'de belirtilmiştir. [4]

Çizelge 4.1 : TURAF kanopi özellikleri.

RAM AIR TİPİ KANOPI TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
Ana Kanopi Ağırlığı	67 lbs (30 kg)
Ana Kanopi Hacmi	3.2 ft ³ (0.09 m ³)
Yüzey Alanı	1025 ft ² (95 m ²)
Kenar Uzunluğu	56 ft (17 m)
Hücre Sayısı	19
Max. İp Taşıma Kapasitesi	300 lb (136 kg.)
Açılış Şoku (Max.)	4.5 g's
Kanopi Açılma Süresi	3-6 sn.
Maximum Bırakılma Yüksekliği	25,000 ft (7620 m)
Minimum Bırakılma Yüksekliği	4000 ft (1219 m)

Çizelge 4.1 (devam) : TURAF kanopî özellikleri.

RAM AIR TİPİ KANOPI TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
Max Süzülüş, L/D, (Rüzgarsız)	3.25-3.75:1
Max İleri Hız	56 ft/s (61 km/sa)
Kılavuz Paraşüt Ağırlığı	5 lb (2,26 kg.)
Kılavuz Paraşüt Hacmi	0.25 ft ³ (0.007 m ³)
Kılavuz Paraşüt Yüzey Alanı	11.5 ft ² (1.068 m ²)

4.2 TURAF Paraşüt Sistemi Malzeme Tasarımı

Aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemlerinde kullanılmakta olan alt sistemlere ait malzeme standartları ve özellikleri tezin 3'üncü bölümü içerisinde detaylı olarak incelenmiştir. Bu özellikler dikkate alınarak Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için tasarlanacak olan paraşüt sistemine ait alt sistem tasarım özellikleri kanopî, askı, fren ve yön ipleri ile riser için ayrı ayrı incelenecektir.

Kanopî için düşük geçirgenlik özelliğine ve inceliğe sahip olması nedeniyle MIL-C-44378 (TYPE I) standartına sahip kumaş tercih edilmelidir. Bu standarttaki kumaşın inceliği 0.0076 mm'den küçük olup ağırlığı 39.67 g/m², genişliği 36'',48'', düz ve tek dokumaya sahip, naylondan imal ve geçirgenliği 0-5 CFM'dir.

Askı, yön ve fren ipleri için düşük uzama katsayısı özelliğine sahip olması nedeniyle MIL-C-7515 standardı tercih edilmelidir. Bu standarttaki iplerin taşıma kapasitesi 725 kg. olup, uzama katsayısı % 1 - 1,5 oranındadır.

Riser için kopma sınırı daha yüksek olması nedeniyle MIL-W-530 (TYPE II) standardı tercih edilmelidir. Bu standarttaki riserlerin kopma sınırı 1100 lbs (499 kg) olup, 5,6 mm inceliğe, 254.00 - 279.10 g/m ağırlığa ve düz desensiz doku yapısına sahiptir.

Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için tasarlanacak olan paraşüt sistemine ait alt sistem tasarım özellikleri (Çizelge 4.2)'de sunulmuştur.

Çizelge 4.2 : Malzeme tasarım özellikleri.

PARAŞÜT SİSTEMİ MALZEME TASARIM ÖZELLİKLERİ		
KANOPİ	STANDART	MIL-C-44378 (TYPE-I)
	İNCELİK	< 0.076 mm
	AĞIRLIK	39.67 g/m ²
	GENİŞLİK	36'',48''
	DOKUMA	Düz, Tek
	KUMAŞ	Naylon
	GEÇİRGENLİK	0-5 cfm
ASKI, YÖN VE FREN İPLERİ	STANDART	MIL-C-7515
	KAPASİTE	725 kg
	UZAMA	% 1 - 1,5
RISER	STANDART	MIL-W-530 (Type II)
	KOPMA SINIRI	1,100 lbs (499 kg)
	KALINLIK	5.60 mm
	AĞIRLIK	254.00 - 279.10 g/m
	DOKU YAPISI	Düz, desensiz

4.3 TURAF Faydalı Yük Taşıma Sistemi Tasarımı

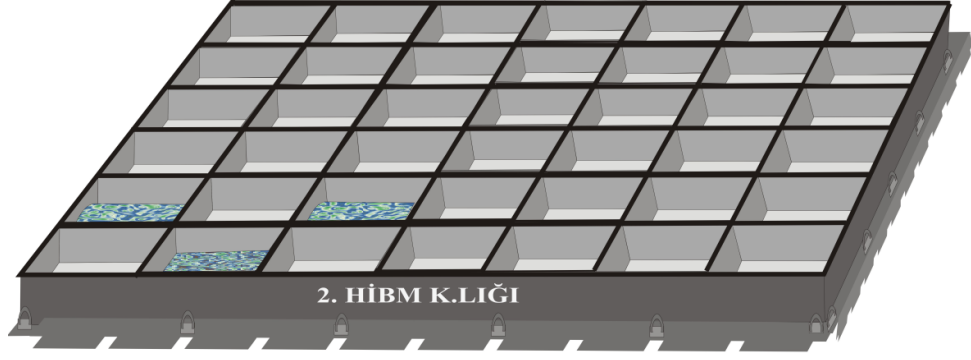
Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için tasarlanacak olan faydalı yük taşıma sistemine ait alt sistem tasarım özellikleri taşıma pleyti, taşıma ağı, bağlama teçhizatı, bağlama zinciri, pleyt ek cihazı ve termal örtü için ayrı ayrı incelenecektir.

Hava araçlarında ağırlığın azaltılması, buna karşılık sıcaklık, nem, korozyon, ıslanma gibi dış etkenlere karşı mukavemetin artırılması ve malzeme ömrünün mümkün oldukça artırılması havacılık sektörünün temel gereksinimlerindendir. Havacılık sektöründe kendini gösteren ilgili firmalar bu gereksinimleri karşılayabilmek amacıyla büyük oranda iş gücü ile beraber maddi kaynak temini ile malzeme m hendisliğı alanında kompozit malzeme teknolojisi üzerinde araştırma–geliştirme çalışmalarına ağırlık vermektedir.

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde yer alan Kayseri 2'nci Hava İkmal Merkezi Komutanlığında da Türk mühendis ve işçilerin kompozit malzemelere yönelik ortak çalışması ile prototip olarak yerli taşıma pleyti üretilmiştir. [35] Bu pleytin üretilmesinde diğ r standart pleytlerden farklı olarak yüzeyler arasına balsa odunu yerine sıvı poli alkol karışımından oluşturulan özel bir karışım kullanılmakta olup, yakın zamanda seri üretime geçilmesi ve Hava Kuvvetleri Komutanlığının pleyt temini konusunda dışa bağımlılığının azaltılması planlanmaktadır.

Yerli pleytin üretimi esnasında yapılan işlemler aşağıda belirtilmiştir.

1. 224 cm X 274 cm uzunluklarındaki kasa, 32 cm X 40 cm uzunluklarında çizilerek kalınlığı 2 mm. ve yüksekliğı 5,7 cm olan alüminyum saçların dikey olarak yerleştirilmesi ile dikdörtgenlere bölünür. Her bir dikdörtgen bağılantı noktaları sağıamlılığın artırılması amacıyla perçinlenir.
2. Kasa altına 1,5 mm. kalınlıkta korozyona karşı dirençli sac levha konulur.
3. Polialkol, Dioctyl Sebacate, Zirkonyum Unu, Antimuantriokside, Antioksidant, Antiozonant, İzosiyanat kullanılarak hazırlanan kimyasal sıvı karışım toplam kafes yüksekliğinin 15'te biri olacak şekilde kafeslere dökülür. Y ksekliğı 5,7 cm olan pleyt için 0,38 cm seviyeye gelecek miktarda karışım dökülür. Pleyt imalat süreci CorelDRAW™ Graphic Suite programı ile çizilip (şekil 4.1)'de sunulmuştur.



Şekil 4.1 : Yerli pleyt iç dizaynı.

Kafeslere konulan sıvı poli alkol olduğundan hidroksil grubu⁹ taşımaktadır. İzosiyanat ile tepkime vererek polimerize olmaktadır. Hidroksil grubu içermesinden dolayı hidroksi bağları siyanat grubunun bağlanması ile elastik ve sağlam bir yapıya dönüşmektedir. Reaksiyon sonucunda gaz çıkışı olması sebebiyle yapı içerisinde hava boşluklarının oluşmasını sağlayan polimerize meydana gelmekte ve yapı çok hafif kompozit özelliğe sahip olmaktadır. Sıvı yapının içerisine modifiye edici diğer katkı malzemeleri eklendiği için yanmazlık özelliği kazanmakta ve mukavemet değeri oldukça yüksek hale getirilmektedir. Bu yapı hava oksijeni ve ozona karşı dayanıklı yapıya dönüşmüş bulunmaktadır. Karışım kür haline geldiği zaman (-)60 °C ile (+)80 °C sıcaklık aralıklarında özelliğini koruyarak kullanılabilir. Söz konusu yapının yoğunluğu 0.05 gr/cm³ civarındadır. Diğer pleytlerde çok sık karşılaşılan ıslanma sonucu deforme olma sorunu üretilen poliüretan köpük malzemesi ile aşılmaktadır.

Yerli pleyt üretiminde kullanılan kimyasal karışıma ait her bir kimyasal sıvının kullanım miktarı (Çizelge 4.3)'te sunulmuştur.

⁹ Oksijen ve hidrojen atomunun kovalent bağ ile bağlanarak biyolojik molekül oluşmasını sağlayan OH grubudur.

Çizelge 4.3 : Yerli pleyt üretiminde kullanılan kimyasallar.

KARIŞIM KİMYASALLARI VE KULLANIM MİKTARLARI	
KİMYASAL TİPİ	KULLANIM MİKTARI
Polialkol	100 gr.
Diocetyl Sebacate	2 gr.
Zirkonyum Unu	5 gr.
Antimuantriokside	7 gr.
Antioksidant	2 gr.
Antiozonant	2 gr.
İzosiyanat	70 gr.

- Alt yüzeye konulan sac levha ile aynı özelliklere sahip başka bir sac levha üst yüzeye konularak kapatılır.
- Hidrolik pres kullanılarak cm^2 'ye en az 10 kg. olacak şekilde 35°C sıcaklıkta 60 dak. sıkıştırma yapılır.
- Sıkıştırma işlemi bittiğinde hidrolik pres açılarak pleyt çıkartılır.
- Sağlamlığın artırılması amacıyla pleyt üzerine 12 cm. aralıklarla perçinler atılır.
- Son olarak bağlama noktaları için 22 adet halka pleyt üzerine yerleştirilerek, pleyt kullanıma hazır hale getirilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : Pleyt son hali.

Şu an için 2 personelin 8'er saat ve 2 personelin de 3'er saatlik olmak üzere toplamda 22 saatlik bir çalışması sonucunda pleyt imal edilebilmektedir. Çalışan personelin saatlik ücreti 30 \$ olarak hesap edilmekte ve 4 personelin 22 saatlik çalışması 660 \$ tutmaktadır. Buna ilave olarak amortisman giderleri hariç tutulmak kayıyla kullanılan malzeme ve tüketilen enerji 320 \$ tutmaktadır. Toplamda 980 \$'lık bir masraf ile yerli pleytin tek başına üretimi gerçekleştirilmektedir. Standart olarak satın alınan ithal pleytin maliyeti 1250 \$ iken, yerli tip pleytin maliyeti 980 \$ civarındadır. Seri üretime geçilmesi durumunda bir pleytin üretilmesi için gerekli olan çalışma saati ve tutar daha aşağı seviyelere inebilecektir.

Yerli pleyt, kullanılan kimyasal karışımın yanmazlık ve su geçirmezlik özelliği, daha hafif ve elastik olması, işçilik, malzeme ve imal edilme maliyetinin düşük olması, ıslanarak şişme sebebiyle tamire gelme sıklığının az olması dikkate alındığında standart pleyte göre daha üstün özelliklere sahip olup, dışa bağımlılığı azaltması ve milli imkan ve kaynakların kullanımına teşvik sağlayarak bu konudaki sanayi kollarının gelişimine yarar sağlayacak olması açısından tercih edilmelidir.

TÜBİTAK, TAI, Kayseri 2'nci Hava İkmal Merkezi Komutanlığı, HUTEN ve İstanbul Teknik Üniversitesi'nin sahip olduğu teknolojik birikim, atölye ve laboratuvar imkânları ile yerli pleyt üretim teknikleri ve kompozit malzeme özelliklerinin geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için tasarlanacak olan taşıma ağı naylon polyester malzemeden tek parça ve sürtünmelere karşı dayanıklılığı artıracak şekilde düğümsüz olarak imal edilmelidir. Standart taşıma ağılarına benzer şekilde 125X96X118 inch uzunluğunda, 6.5 kg. ağırlığında ve 5500 lb. (2494 kg) taşıma kapasitesinde olacak şekilde tasarlanmalıdır. 2'nci Hava İkmal Merkezi Komutanlığı, dikimevleri ve tekstil sektöründeki yerli firmalar tarafından ihtiyacı karşılayacak şekilde taşıma ağılarının üretilbileceği değerlendirilmektedir.

Bağlama teçhizatı olarak Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı için tasarlanacak toka kolonu, naylon malzemeden olmak üzere standart toka kolonlarına benzer şekilde 20 ft. (6.09 m.) uzunluğunda, 2 lb. (0.9 kg.) ağırlığında ve 5000 lb. (2268 kg.) dayanırlıkta olacak şekilde tasarlanmalıdır. Kolon ucunda bulunan kanca çelik üzerine kadmiyum kaplama yapısında, 135 gr. ağırlığında ve 2500 lb. (1134 kg.) dayanıklılıkta olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bağlama zinciri bağlama tokası ile aynı uzunlukta olmak üzere 20 ft. (6.09 m.) civarında olmalıdır. Bağlama tokasının 2'nci Hava İkmal Merkezi Komutanlığı, dikimevleri ve tekstil sektöründeki yerli firmalar tarafından üretilebileceği değerlendirilmektedir.

Pleyt ek cihazı uçak manevraları sonucu hareket etmek isteyen çok ağır yüklerin faydalı yük taşıma sistemi üzerinde ileri geri kaymadan sabitlenmesi için çelik alaşımdan yapılmalıdır.

Faydalı yükün meteorolojik doğa olaylarından etkilenmesinin minimum seviyede tutulabilmesi amacıyla Türk Hava Kuvvetlerinin kullanımı kapsamında tasarlanacak termal örtü dış yüzeyi PVC, iç yüzeyi ise alüminyum folyo polietilen karışımından olacak şekilde esnek ve su geçirmez yapıda üretilmelidir. Standart termal örtülere benzer şekilde 125X96X118 inch (3.17X2.43X2.99 m.) boyutlarında ve 835 g/m² ağırlığında olmalıdır.

Türk Hava Kuvvetlerinin ihtiyaçlarına cevap verebilecek nitelikte bir faydalı yük taşıma sistemi tasarım özellikleri (Çizelge 4.4)'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.4 : TURAF faydalı yük taşıma sistemi tasarım özellikleri.

FAYDALI YÜK TAŞIMA SİSTEMİ TASARIM ÖZELLİKLERİ				
BÖLÜM ÖZELLİK	TAŞIMA PLEYTİ	TAŞIMA AĞI	BAĞLAMA TEÇHİZATI	TERMAL ÖRTÜ
MALZEME	Dış: Alüminyum İç: Poli alkol	Naylon Polyester	Toka : Naylon, Yün Kanca : Çelik	Dış : PVC İç: Alüminyum Folyo Polietilen
GENEL YAPI	Yanmaz Su Geçirmez	Tek Parça Düğümsüz	Toka : Naylon Kanca : Kadmiyum Kaplama	Esnek Su Geçirmez
UZUNLUK	88 X 108 inch (2.24X2.74 m)	125X96X118 inch (3.17X2.43X2.99 m)	Toka : 20 ft. (6.09 m) Kanca : -	125X96X118 inch (3.17X2.43X2.99 m)
AĞIRLIK	116 kg	6,5 kg	Toka : 2 lb. (0.9 kg) Kanca : 135 gr	835 g/m ²
DAYANIKLILIK	10.000 lb (4536 kg)	5500 lb. (2495 kg)	Toka : 5000 lb.(2268 kg) Kanca : 2,500 lb.(1134 kg)	Meteorolojik Şartlara Göre Değişken

4.4 TURAF Air Guidance Unit Tasarımı

Aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemine komuta ederek yükün istenilen hedef noktasına ulaştırılmasında aktif rol oynayan elektronik, mekanik ve aviyonik alt sistemleri bünyesinde muhafaza eden ve ram air tipi paraşüt sistemi ile faydalı yük taşıma sistemi arasında bağ oluşturan Air Guidance Unit'in tasarımı sistem bütünündeki diğer yapı tasarımlarına göre çok daha farklılık göstermektedir.

Sistemin uçuş safahatini tamamlayarak yeryüzüne temas etmesi anında öncelikle faydalı yük pleyti ilk teması yapmakta, sonrasında ise AGU pleyt üzerine inmektedir. AGU'in bu inişinde meydana gelebilecek herhangi bir kırılma, parçalanma ya da şekil bozulmalarına karşı dış yüzeyde mukavemeti yüksek olan kompozit alaşım kullanılması gerekmektedir. Piyasada hassas cihazların taşınması amacıyla sert plastik hammadde kullanılarak üretilmiş kutular mevcuttur. Ancak plastik her ne kadar sert de olsa, sistemin yukarıda bahsedilen şekilde hareket ederek düşüş yapması göz önüne alındığında kompozit alaşım kadar dayanıklı olmayacaktır.

Buna ilave olarak AGU, paraşüt askı ipleri ile faydalı yük kolonları arasında bulunmakta olup, her ikisinin bağlantı mekanizmalarının sağlam olması gerekmektedir. Bu sebeple sistemin bir bütün halinde kompozit alaşımdan, bağlantı mekanizmalarının ise paslanmaz çelikten üretilmesi daha uygundur.

Kutu 1 cm. kalınlıkta kompozit alaşım kullanılarak içerisine yerleştirilecek cihazların birbirini etkilemeyecek şekilde çalışabilmesine imkân verecek ölçülerde üretilmelidir. Dış ölçüleri 45 x 35 x 25 cm. ve iç ölçüleri 44 x 34 x 24 cm. olacak şekilde yapılacak bir tasarım sonucunda ihtiyaç duyulan cihaz çalışma mesafesi sağlanmış olacaktır.

Kutunun içerisindeki cihazların tamir, bakım ya da değişimlerinde, kaza kırım yaşanması halinde içeriye müdahale edilebilmesine imkân sağlayacak şekilde üst tarafta toplam yüksekliğin içerisine dâhil edilecek şekilde 2 cm yükseklikte bir kapağa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapak çelik vidalarla gövdeye tutturularak kutu bütünlüğü sağlanacaktır.

Faydalı yük üzerine düşme anında kutunun zarar görebileceği en muhtemel bölgesi tabanı olacaktır. Bu sebeple taban oluşturulurken gövdenin diğer kısımlarında kullanılan 1 cm.lik kompozit alaşım oranı yerine 1,5 cm.lik bir kompozit alaşım kullanılmalıdır. Böylece tabanın mukavemeti ve dayanıklılığı artırılacak ve kullanım ömrü uzayacaktır.

Paraşüt ile yük arasında bağlantı kuran kolonların irtibatlandırılması amacıyla yan yüzlerde ikişer adet olmak üzere toplamda 4 adet bağlantı mekanizması, riserların AGU'ın ağırlığını taşıması amacıyla da 2 adet sabit bağlantı mekanizması çelikten üretilerek monte edilmelidir.

Sistemin uçuş karakteristiği sebebiyle salınım hareketi ile hareket etmesi, meteorolojik hadiselerle ilgili olarak oluşan titreşimi ve düşüş esnasında meydana gelebilecek şokları önlemek amacıyla kutu içerisinde 3 cm kalınlıktaki bir polietilen köpük kullanılmalıdır. Polietilen köpük, cihazların şase üzerine yerleşimleri tamamlandıktan sonra hareket etmesini, kaymasını ve titreşimlerden etkilenmesini engelleyecek şekilde bölmelere ayrılarak kutu içine montajı yapılacaktır. (Şekil 4.3). [36] Burada dikkat edilmesi gereken husus servo motor, döner şaft gibi hareketli cihazların sürtünmelerini önleyecek şekilde yerleştirilmesidir.



Şekil 4.3 : Polietilen köpük malzemesi.

Isı dayanıklılık oranı sistemin içindeki elektronik cihazların çalışma aralığı ile bağlantılı olup, askeri standartlarda cihazların çalışma aralığı olan (-)31 °C ile +65 °C arasında kullanılabilecek şekilde olmalıdır.

AGU içerisindeki basınç ile dış basınç arasındaki dengeyi korumak amacıyla basınç dengeleyici valf (Şekil 4.4) yan yüz üzerine monte edilmelidir. [36]



Şekil 4.4 : Basınç dengeleyici valf.

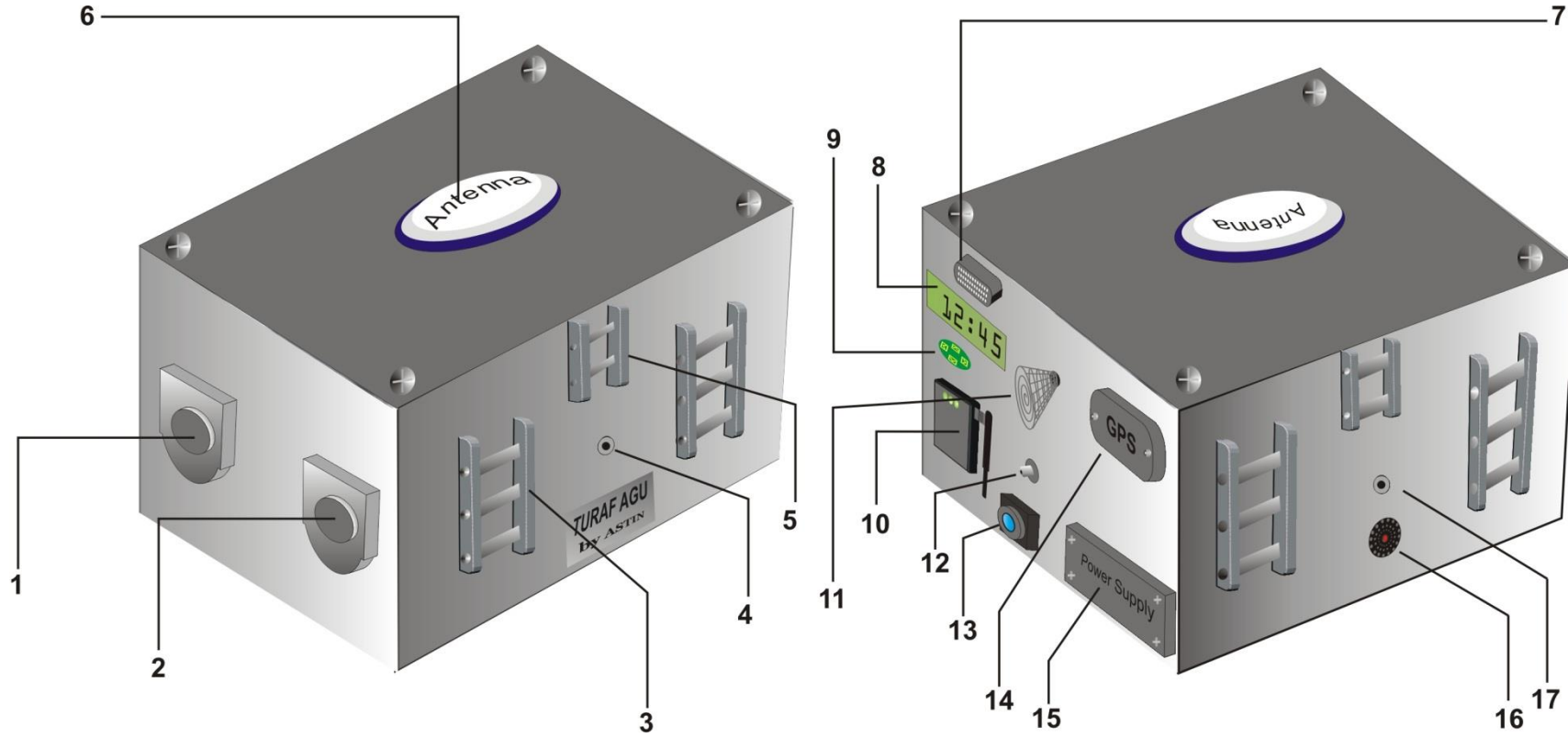
Kutu üzerinde dışarıya ile bağlantısı olan, hız, yön ve hücum açısı verilerini aktaran pito ve statik cihazlar, rüzgâr sensörü, küresel konumlama anteni, alıcı verici anteni, batarya bloğu, digital ekran ile tuş takımları ve RS-232 data portu bulunmaktadır. Bu cihazlar paraşütün uçuşunu ya da iplerin hareketini engellemeyecek şekilde kutu üzerine yerleştirilmelidir.

Görevin türüne göre iniş yerinin su üstü olması ya da yağmur şeklinde meteorolojik hadisenin yaşanması durumlarında, kutunun içerisine su girerek elektronik cihazların arızalanmasına engel olmak amacıyla sızdırmaz lastik kullanılmalıdır. Lastik, kapak ile kutunun birleşim yerlerinde bir bütün halinde yerleştirilmeli ve kullanım ömrü bittiğinde yenisi ile değiştirilmelidir.

Kutu ön yüzünde uçuş yolunu görebilecek şekilde mini kamera yerleştirilerek uçuş esnasında sistemin yol haritası takip edilebilecektir.

Renk seçiminde görevin hassasiyeti, sistemin havada ve yerde fark edilme durumları dikkate alınmalıdır. Kamuflaj özelliği vermesi sebebiyle haki ya da gri renk tercih edilmelidir. Kutu üzerine seri numarası ve kimliğinin yazılabilmesi için yan yüze 5 X 10 cm. ebatlarında levhadan kimlik etiketi kullanılmalıdır.

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığının kullanımı için tasarlanan AGU yukarıda açıklanan cihaz ve ekipmanların monte edilmiş hali ile CorelDRAW™ Graphic Suite programı kullanılarak çizilmiş ve (Şekil 4.5)'te sunulmuştur.



Şekil 4.5 : TURAF air guidance unit tasarımı.

TURAF air guidance unit alt sistem cihaz numaralandırma bilgisi :

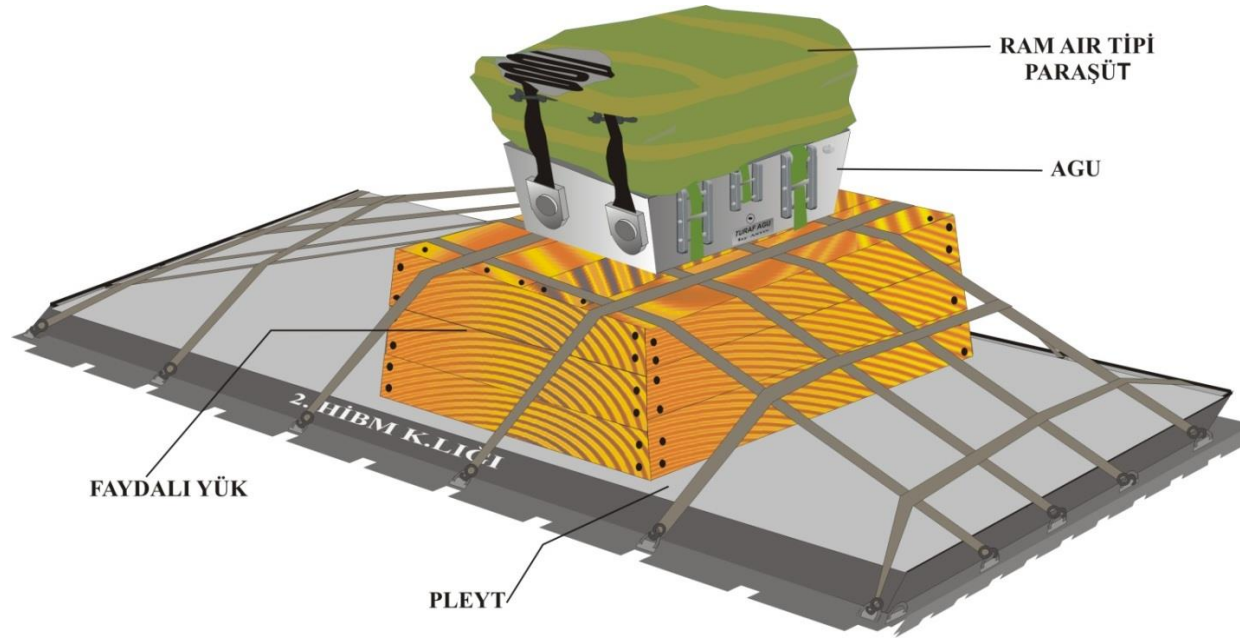
- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Sol servo | 10. Radyo alıcı-verici cihazı |
| 2. Sağ servo | 11. Rüzgar sensörü |
| 3. Kanopi-yük bağlantı mekanizması | 12. Pitot tüpü |
| 4. Statik delik | 13. Mini kamera |
| 5. Kanopi-AGU bağlantı mekanizması | 14. Konumlama ünitesi |
| 6. Konumlama anteni | 15. Batarya bloğu |
| 7. RS-232 bağlantı portu | 16. Basınç dengeleyici valf |
| 8. Digital ekran | 17. Statik delik |
| 9. Tuş takımı | |

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığının kullanımı amacıyla dizayn edilecek AGU için oluşturulan teknik özellikler (Çizelge 4.5)’te belirtilmiştir.

Çizelge 4.5 : TURAF air guidance tasarım özellikleri.

AIR GUIDENCE UNIT TEKNİK TASARIM ÖZELLİKLERİ	
MALZEME	KOMPOZİT ALAŞIM
DIŞ ÖLÇÜLER	45 X 35 X 25 cm.
İÇ ÖLÇÜLER	44 X 34 X 24 cm.
KALINLIK	1 cm.
KAPAK YÜKSEKLİĞİ	2 cm.
TABAN YÜKSEKLİĞİ	3 cm.
ISI DAYANIKLILIK ARALIĞI	(-) 31 °C ile (+) 65 °C
BAĞLANTI MEKANİZMALARI	YAN YÜZLERDE 2X3 ADET
KAPAK AÇMA KAPAMA VİDALARI	4 ADET
TİTREŞİM ÖNLEME MALZEMESİ	POLİETİLEN SÜNGER
TABAN MALZEMESİ	POLİETİLEN SÜNGER
DIŞA AÇILAN ÜNİTELER	2 ADET MAKARA, PİTO, ANTEN STATİK DELİK, HAVA HIZÖLÇER, KAMERA, KONUMLAMA ANTENİ, BASINÇ DENGELİYİCİ VALF.
SU GEÇİRMEZLİK MALZEMESİ	LASTİK
RENK	METALİK GRİ
KİMLİK ETİKETİ	10 X 5 cm.

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığının kullanımı için tasarlanan “Aktif Kontrollü Faydalı Yük Taşıma Sistemi” bir bütün halinde CorelDRAW™ Graphic Suite programı kullanılarak çizilmiş ve (Şekil 4.6)’da sunulmuştur.



Şekil 4.6 : TURAF aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemi.

5. TURAF SİSTEM TASARIM, ÜRETİM VE TEDARİK PROJE PLANI

Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı çağın bir gereği olarak gelişmekte olan teknolojiyi yakından takip ederek sahip olduğu dinamikleri sınırlarının ötesine taşımak için envanterinde bulunan silah, sistem, uçak ve ekipmanlarını modernize etmekte, uzay çalışmalarına ağırlık vermekte ve kuvvet çarpanı olmayı hedefleyen yeni sistemleri tedarik ederek envanterine katmaktadır. Buna ilave olarak gelecekte de bu sistemleri milli imkan ve kaynakları kullanarak üretmeyi planlamaktadır.

Arama kurtarma ve hava indirme görevlerinde Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığının özellikle ihtiyaç duyduğu ve yakın zamanda öncelikle doğrudan tedarik edilerek, sonrasında ise milli imkanlarla üretime geçilerek envantere dahil edilmesi planlanan uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sistemlerinin (GPADS) çeşitleri, kullanım alanları, teknik bilgi ve özellikleri, çalışma prensipleri, bakım ve idame özellikleri, standart ve test metotları ile üretici ve tedarikçi firma bilgilerini içeren konular tezin 1, 2, 3 ve 4. bölümlerinde ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Bu bölümde ise sistemin proje planı kapsamında bir bütün olarak satın alınması, alt sistem bazında ayrı ayrı tedarik edilerek birleştirilmesi ile milli imkan ve kaynaklarla üretilerek aktif kullanıma verilmesi olmak üzere 3 farklı başlık altında tasarım, üretim ve tedarik proje planları açıklanacaktır.

5.1 Doğrudan Satın Alma Tedarik Planı

Doğrudan satınalma iş paketleri;

1. Sistem ihtiyacının belirlenmesi
2. Tedarik kaynağı araştırması, teknoloji takibi ve ar-ge çalışması
3. Planlama
4. Programlama

5. Bütçeleme
6. Tedarik etme
7. Son Kabul

faaliyetlerinden oluşmaktadır.

5.1.1 Sistem ihtiyacının belirlenmesi

Türkiye’de sivil ve askeri alanlarda henüz kullanımı ve üretimi mevcut olmayan bu özellikte bir sistemin, doğrudan üretimine geçilmeden önce, sisteme duyulan ihtiyaç kategorisi değerlendirilip yapılacak analiz sonucunda ihtiyacı karşılayacak oranda tedarikçi firma koordinesi ile üreticisinden satın alınarak tedarik edilmesi en uygun yöntem olacaktır.

Bu amaçla hazırlanacak olan Proje Tanımlama Dökümanı (PTD)¹⁰,nın temelini sisteme duyulan ihtiyacın kategorisi oluşturacaktır. Bu kategoriler acil hareket ihtiyacı ve ani beliren ihtiyaç olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Tehdit seviyesine bağlı olarak herhangi bir kriz, savaş ya da gerginlik anlarında kullanım alanı oluşması durumunda tedarik edilerek bu alandaki zafiyeti giderebilecek ya da makul seviyelere indirgeyebilecek, tedarik edilmemesi halinde ise operasyon sahasında üstünlüğün karşı tarafa geçmesine sebebiyet verebilecek tarzdaki ihtiyaçlar acil hareket ihtiyaçlarıdır.

Bunun haricinde, ihtiyacın öngörülerek daha önceden planlanmış ya da planlanmamasına rağmen gelişen durumlar karşısında ivedi olarak tedarik edilmesi ile görevlerin yerine getirilmesine önemli katkılar sağlayacağı düşünülen tarzdaki ihtiyaçlar ise ani beliren ihtiyaçlardır.

¹⁰ PTD : Kurumlar tarafından ihtiyaç duyulan malzeme tedarikine yönelik ayrıntılı olarak hazırlanan bilgilendirme dökümanıdır.

Türkiye üzerinde bulunduğu jeopolitik konumu ve bu konum nedeniyle sahip olduğu jeostratejik önemi, Ortadoğu'nun süregelen istikrarsız yapısı her daim göreve hazır bulunacak şekilde yeni nesil sistemlere sahip olmayı gerektirse de, ülkemizin özellikle Ege, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde içinde bulunduğu barış sürecinde uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sistemlerinin kullanım alanları dikkate alındığında ihtiyacın acil harekât ihtiyacından çok, ani beliren ihtiyaç kategorisinde değerlendirilmesi ve öncelik derecesinin 2 ya da 3'üncü derece olması gerekmektedir.

Sistem ihtiyacının belirlenmesi ihtiyaç sahibi birlikler tarafından ortaya konulmalıdır. Bu amaçla projenin ortaya çıkmasında aktif rol oynayan arama kurtarma ihtisaslı personelin talebi doğrultusunda ihtiyaca ilişkin kriterler tedarik kaynağı araştırması öncesinde belirlenmelidir.

5.1.2 Tedarik kaynağı araştırması, teknoloji takibi ve ar-ge çalışması

Sistemin ilk aşamada dışarıdan tedarikinin kaçınılmaz olması nedeniyle satın alma amacıyla hazırlanacak olan PTD'de sınırlı sayıdaki yerli tedarik kaynakları ile konusunda öncü olmuş yabancı tedarik kaynaklarının çeşitlerini ve sahip olduğu nitelikleri araştırmak üzere bir Tedarik Kaynağı Arama Çalışma Grubu (TEKAÇAG) oluşturulmalıdır. Söz konusu çalışma grubu sistemi kullanacak olan arama kurtarma personeli, Havacılık ve Uzay Teknolojisi Enstitüsü (HUTEN)'nde yüksek lisans çalışması yapan tez aşamasındaki öğrenciler, Hava Harp Okulu'nda lisans aşamasında tez hazırlayan Harbiyeliler ile üniversitelerin lisans ve lisansüstü aşamasında tez hazırlayan öğrencileri arasından seçilebilir. Tezin önceki çalışmalar ve literatür araştırmasını içeren 1. bölümünde tedarik kaynakları, kullandıkları teknoloji ve ürettikleri sistem/altsistem bilgileri incelenmiş olup, bu doküman TEKAÇAG'a çalışma sürecinde yol gösterecek niteliktedir.

Görevlendirilen personel ve öğrenciler ilgili kaynaklarla koordine içerisinde bulunmalı, gerektiği takdirde bu kaynakların düzenlediği ve bilimsel etkinlik niteliğindeki yurt içi ve yurt dışı eğitim, konferans, seminer, sempozyum, teknoloji paneli ve fuarlar ile canlı performans gösterilerine¹¹ katılım yaparak uzaktan kumandalı ve otonom çalışan paraşüt teknolojisindeki gelişmeleri yakından takip etmelidir.

Söz konusu faaliyetlere katılım yapan personel ve öğrenciler, Türkiye’de henüz kullanımı bulunmayan yeni nesil GPADS ürün çeşitleri, kullanım alanları, teknik bilgi ve özellikleri, çalışma prensipleri, bakım ve idame şartları konularında genel bir bilgiye sahip olabilecek, canlı performans gösterileri ile sistemi alt sistemleri ile birlikte tanıma fırsatı bulabilecek, sistem mühendisliği altında yüksek lisans veya doktora tezlerine temel teşkil edecek alt yapı ve bilgiye sahip olabilecek, geleceğe yönelik ne gibi çalışmaların yapıldığı ve yapılacağı hakkında farkındalık sahibi olabilecektir.

Mümkün oldukça sistemi Ram Air Tipi Paraşüt Sistemi, Güdüm, Kontrol ve Navigasyon Sistemi ve Faydalı Yük Taşıma Sistemi şeklinde bir bütün olarak en uygun sistem kombinasyonunun aynı tedarik kaynağından temin edilmesine gayret gösterilmelidir. Aksi halde ortaya çıkabilecek uyumsuzluklar karşısında farklı çözüm yolları aramak zorunda kalınacaktır.

Tedarik kaynağı seçim safhasında kaynakların öngördükleri teknolojik ömür dikkate alınmalı ve tedarik sonrasında modernizasyon ihtiyaçlarını karşılamak üzere ortaya konulan şartlar ve teklifler değerlendirilmelidir.

Sistem içerisinde özellikle küresel konumlamaya ait alt sistemin sadece tek bir uydu sistemine bağlı çalışması şartı yerine diğer ülkelerin ürettiği ya da tasarladığı konumlama sistemleri ile uyumlu olacak şekilde ortak çalışabilirlik özelliğinin aranması gelecekte şekillenecek teknolojik gelişmeler açısından gereklidir.

¹¹ Airborne Systems, Airborne Days IV, 2013 Educational Event Happening. (EK’te sunulmuştur.)

İlk defa kullanılacak bir teknoloji olduğu için ilk aşamada sistemin başlangıç seviyesi kullanıcı eğitiminin paket ile beraber alınması gerekmektedir. Takip eden dönemlerde ve teknolojik gelişmelere paralel olarak temel ve tekamül eğitimlerinin hangi koşullarda talep edileceği ve tedarik kaynağının bu talebi karşılama imkanları dikkate alınmalıdır.

Eğitim faaliyetleri, savaş öncesi yapılması gereken, barış döneminin en önemli faaliyetidir. Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından envanterindeki uçakların barış döneminde belli bir eğitim planı dâhilinde uçurularak, uçucu ve uçuşu destekleyen tüm personelin sürekli olarak hazır tutulması amaçlanmaktadır. Bu eğitimlerde maddi kaynakların etkin olarak kullanılması ve tecrübe kazanılarak personel ile beraber sistemin emniyetinin sağlanması amacıyla simülatör cihaz ve yazılımlar kullanılmaktadır.

Buna benzer şekilde, uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sisteminin kullanıcısı ve bakım ekibi olan personeli eğitebilmek için de sistemin simülatörünün temin edilmesi ve bunun için bilgisayar destekli dershanelerin daha aktif kullanılması uygun olacaktır. Gaziemir Hava Teknik Okullar Komutanlığı bünyesindeki Uçak Bakım Okul Komutanlığı'na kazandırılacak simülatör sayesinde hem bakım yapacak personel, hem de Çiğli 2'nci Ana Jet Üs Komutanlığı bünyesinde paraşüt ile atlama görevi yapan ve eğitim veren Muharebe Arama Kurtarma Komutanlığı personel ve öğrencileri deneyim kazanabilecektir.

Eğitimler için yurtdışına personel göndermenin yanı sıra birliklerde kurulmuş olan uzaktan eş zamanlı yüksek lisans dershanelerinin aktif olarak kullanılması, maliyet ve zaman etkinliği açısından fayda sağlayacaktır.

Ayrıca garanti şartları, süresi ve maliyeti titizlikle incelenerek, sistemin kullanılacağı bölgelere özel ilave şartların¹² eklenmesi gerekmektedir.

¹² Ege Bölgesi deniz üzeri arama kurtarma görev ihtiyaçları.

Türk Silahlı Kuvvetleri bünyesinde kullanılmak üzere tedarik edilmesi planlanan bu yeni sistemin sahip olması gereken standartlar ile bu standartları sağlaması için periyodik olarak uygulanması gereken test metotlarının neler olduğu, tedarik kaynaklarının bu kriterleri hangi oranda dikkate aldığı araştırılmalıdır.

TEKAÇAG tarafından test ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla Test Plan Dökümanı (TPD)¹³ oluşturulmalıdır. İhtiyaç olmadığı halde yapılması istenilen her bir test ilave maliyet anlamında olup, gereksiz bütçe artışına sebep olacağından test plan dokümanına ihtiyaç duyulmaktadır.

1 yıllık süre içerisinde elde edilen bilgiler doğrultusunda tedarik kaynağı araştırma çalışması sonlandırılmalıdır. Bu çalışma sonunda oluşturulan doküman, görevin niteliğine ve ihtiyacın karşılanmasına en uygun kaynağın sahip olması gereken şartları ortaya koyacaktır.

5.1.3 Planlama

Söz konusu kaynaklar bu tarz ileri teknolojiye sahip sistemleri depolarında bekletmek yerine aldıkları siparişleri taahhüt ettikleri süre zarfı içerisinde karşılamayı tercih etmektedir. Uzay araştırması, hava ulaştırması ve arama kurtarma görevlerinde Hava Kuvvetleri Komutanlığının dolaylı olarak sahip olduğu sorumluluğa benzer olarak diğer kuvvet komutanlıklarının da bu sisteme olan ihtiyacı belirlenmeli ve tedarik projesi Hava Kuvvetleri Komutanlığının tekelinde yürütülmelidir. Böylece gayret tasarrufu sağlamanın yanı sıra talep miktarına bağlı olarak kaynağın fiyat politikası talep eden lehine değişebilecektir.

Ayrıca Türk Silahlı Kuvvetlerinin her bir kuvvetinde uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sistemlerinin bulunması yerine, tüm kuvvetlerin ihtiyacı olan miktar belirlendikten sonra optimum seviyede tedarik edilecek sistemin Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde kurulacak olan ortak bir havuzda toplanması ve gerektiğinde sahip olduğu hava araçlarının desteğini de alarak diğer kuvvetlerin ihtiyacının giderilmesi sistemin etkin olarak kullanılmasını sağlayacaktır.

¹³ TPD : Üretim sürecinde ortaya konulan standartlara uygun olarak sistemin sağlıklı çalışmasını kontrol etmek amacıyla gerekli olan test metotlarının belirtildiği dökümandır.

5.1.4 Programlama

Sistemin tedarik sayısına bağılı olarak yapılan planlama safhası sonrasında, diğerk sistem tedarikleri, modernizasyon ve modifikasyon ihtiyaçları ile uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sistemlerinin ihtiyaç oranı karşılaştırılır ve mali kaynağın kullanım esasları dikkate alınarak projenin gerçekleştirilmesi için zamana bağılı olarak programlama yapılır.

Programlama safhasında ileriye yönelik ihtiyacı daha önceden belirtilmiş olan sistem talepleri tekrar incelenir, gerekli görüldüğü takdirde öncelik sıraları yeniden gözden geçirilerek yeni bir maliyet-tedarik programı oluşturulur. Bu kapsamda bazı projelerin hayata geçirilmesi ertelenebilir ya da tamamen iptal edilebilir, buna karşılık uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sistemlerine olan ihtiyaç gibi ani beliren ihtiyaçlara öncelik verilebilir.

5.1.5 Bütçeleme

Programlama faaliyeti sonucunda karara bağılanan proje tedarik zamanına göre tedarik edilecek olan uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sistemleri için maddi kaynak ayrılması için 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu esaslarına göre bütçe planı hazırlanır.

Bütçe planının ilgili kurum tarafından onaylanmasını müteakip ödeneğın gelmesi ile aktif kontrollü faydalı yük taşıma sisteminin tedarik edilmesi için ihale aşamasına geçilir.

5.1.6 İhale ve tedarik etme

4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ve 4735 Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu esaslarına uygun olmak üzere sistemin tedariğı için şartname hazırlanarak yerli ve yabancı tedarik kaynaklarının ihale teklifleri alınır ve maliyet etkinliğı göz önünde bulundurularak ihtiyacı en iyi şartlarda karşılamayı teklif eden tedarik kaynağı ile anlaşma sağılanır.

Sistemin ilk aşamada aktif olarak kullanılabilmesi için kanopi ve AGU içeren 1 adet sistem, 1 adet konumlama cihaz tekrarlayıcısı, 1 adet görev planlayıcı bilgisayar, başlangıç seviyesi eğitim, teknik destek paketini içeren donanım ve hizmetlerin tedarik edilmesi uygun olacaktır.

Yukarıda belirtilen donanım ve hizmetleri kapsayan ortalama tahmini fiyat bilgisi ve üretim süreci (Çizelge 5.1)'de sunulmuştur¹⁴. [37]

Çizelge 5.1 : Tahmini fiyat bilgisi.

Nu.	Sistem (Kanopi ve AGU)	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat	Üretim Süreci
1	Sistem	1 - 10	93,675 \$	93,675 \$	240 gün
		11 - 50	84,932 \$	934,252 \$	240 gün
		51 ve üzeri	79,311.50 \$	4,044,866.50 \$	240 gün
2	GPS Tekrarlayıcı	1	26,229 \$	26,229 \$	240 gün
3	El Kontrol Cihazı	1	4,371.50 \$	4,371.50 \$	240 gün
4	Görev Planlama Bilgisayarı	1	72,442 \$	72,442 \$	240 gün
5	Muhafaza Kasası	1	16,391 \$	16,391 \$	240 gün
6	İntibak Eğitimi	-	281,025 \$	281,025 \$	-
7	Teknik Destek	-	68,695 \$	68,695 \$	-

Tedarikçi kaynak firma, kullanıma hazır halde bir sistemin teslimi için ortalama 240 günlük süreye ihtiyaç duymaktadır. Bu tarz bir sistemin baz seviyede tedarik edilebilmesi için toplamda **562,828.5 \$** 'a ihtiyaç duyulmaktadır. Talebin 11 ve üzeri ya da 50 ve üzeri olması durumunda söz konusu tutar düşmektedir.

¹⁴ Fima tarafından verilen fiyat bilgisi 11 Mart - 10 Mayıs 2013 tarihleri arasında geçerli olup, orijinal fiyat belgesi EK'te sunulmuştur.

Her bir uçak için 8 adet sistem taşınması ve kullanımı mümkün olup, her bir uçakta 1 adet GPS tekrarlayıcı, 1 adet görev planlama bilgisayar ve 1 adet el kontrol cihazı bulunması tüm sistemlerin kullanılabilmesi için yeterlidir.

5.1.7 Son kabul işlemi

Sistem tedarik edildikten yani ilk kabul işlemi yapıldıktan sonra, sistemin performans kontrol ve testleri başarıyla sonuçlandığı takdirde son kabul işlemine geçilmelidir.

Söz konusu kontrol ve test işlemlerinde sistemin bir bütün halinde uyumluluğu ve etkin çalışabilirliğine dikkat edilmeli, sistemin kullanıcısı olan arama ve kurtarma personeli ile projeyi başından itibaren takip eden HUTEN ile İTÜ öğrenci ve personeli süreç içerisinde yer almalıdır.

5.1.8 İş paket süreçleri

İhtiyaç sahibi kurum tarafından ihtiyacın ortaya konulması ve talepte bulunulması sonrasında 1 yıl süreyle tedarik kaynağı araştırması, teknoloji takibi ve AR-GE çalışmaları sürecektir. Başlangıç tarihi olarak 2013 yılı başı alınmıştır. Bu faaliyetler devam ederken aynı süre içerisinde 6 ay sürecek şekilde planlama ve 6 ay sürecek şekilde programlama faaliyetleri yapılacak olup, 1 yıllık süre sonunda ilk 4 aşama katedilmiş olacaktır.

Programlama faaliyetinin bitmesi sonrasında 6 ay süre ile bütçeleme faaliyeti ve kaynak ayırma işlemi olacaktır. Takip eden 1 yıl içerisinde 6 aylık süresi ihale aşaması ve geri kalan 6 aylık süresi de tedarik süresi olmak üzere ihale ve tedarik etme faaliyetleri gerçekleştirilecektir.

Sistem tedarik edildikten sonra 3 ay içerisinde performans kontrol ve testleri tamamlanacak ve doğrudan tedarik etme süreci sonlandırılacaktır. Böylece 1 Ocak 2013 tarihinde başlayan süreç, 30 Eylül 2015 tarihinde tamamlanarak toplamda 33 aylık bir zaman dilimini içerisinde sonuçlandırılmış olacaktır.

İş paket süreçlerini gösteren tablo Microsoft Visio™ Gantt Grafiği ile çizilerek (Çizelge 5.2)'de belirtilmiştir.

Çizelge 5.2 : Doğrudan satınalma iş paket süreçleri.

NU	DOĞRUDAN SATIN ALMA PLANI	Başlangıç	Bitiş	Süre	2013												2014												2015											
					Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
1	SİSTEM İHTİYACININ BELİRLENMESİ 	01.01.2013	01.01.2013	1g																																				
2	TEDARİK KAYNAĞI ARAŞTIRMASI, TEKNOLOJİ TAKİBİ, AR-GE ÇALIŞMASI 	01.01.2013	31.12.2013	365g																																				
3	PLANLAMA FAALİYETİ 	01.01.2013	30.06.2013	181g																																				
4	PROGRAMLAMA FAALİYETİ 	01.07.2013	31.12.2013	184g																																				
5	BÜTÇELEME FAALİYETİ 	01.01.2014	30.06.2014	181g																																				
6	İHALE VE TEDARİK FAALİYETİ 	01.07.2014	30.06.2015	365g																																				
7	SON KABUL FAALİYETİ 	01.07.2015	30.09.2015	92g																																				

5.2 Alt Sistem Bazında Tedarik Planı

Alt sistem bazında tedarik etme faaliyeti, karşılaşılmaması muhtemel bir takım uyum problemleri nedeniyle bu tarz bir sistem için ancak belli bir tecrübe sahibi olma safahatı geride bırakıldığı takdirde etkili ve anlamlı olacaktır.

Uzaktan kumandalı ve otonom çalışabilen paraşüt sisteminin doğrudan satın alma yöntemi ile acil ihtiyacı karşılayacak optimum seviyede tedarik edilmesinden sonra edinilecek 1 yıllık tecrübe sonucunda sistemi Ram Air Tipi Paraşüt Sistemi, Güdüm Kontrol ve Navigasyon Sistemi ve Faydalı Yük Taşıma Sistemi şeklinde 3 farklı sisteme ayırarak her bir alt sistem içerisindeki cihaz ve malzemeyi alanında uzmanlaşmış tedarik kaynaklarından temin etmek uygun olacaktır.

Tekstil teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak Dünya genelinde kumaş üretimi yapan firmalar, paraşüt teknolojisinde askeri standartları sağlayacak nitelikte ve kalitede kumaş üretmekte ve bunları testlere tabi tutmaktadır. Türkiye’de ise talep miktarına bağlı olarak askeri standartlarda kumaş üreticisi az sayıda sivil firma bulunmaktadır. Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlıklarında kubbe tipi paraşüt, personel paraşütü ve uçak yavaşlatmak amacıyla kullanılan fren paraşütleri üretilmekte ve tamir/bakımları yapılmaktadır. Sistemin ihtiyaç duyduğu ram air tipi paraşüt ise uygun nitelikte ve askeri standartlara uygun kumaşın olmasına rağmen dikiş yapacak uygun cihaz bulunmaması, bu konuda eğitim almış personelin olmaması ve iş tanım formlarında bu üretim şeklinin yer almaması gibi nedenlerle üretilmemektedir.

Bu durum dikkate alındığında ram air tipi paraşütün Savunma Sanayii dışında yerli ya da yabancı sivil üreticiden tedarik edilmesi kaçınılmazdır. Ancak ilerleyen yıllarda ram air tipi paraşüt sistemine ilişkin özellik ve kullanımı hakkında yeterli tecrübe kazanılması ile ram air tipi paraşüt üretimi için ihtiyaç kendiliğinden oluşacak ve Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlıkları ile TSK’ya bağlı dikim evlerine uygun cihaz ve bu konuda eğitilmiş personel alımı sayesinde kendi imkân ve kabiliyetlerimiz oranında üretim yapılabilir.

Güdümlü, kontrol ve navigasyon sistemini oluşturan alt sistemlere ait elektronik ve mekanik cihazların bir kısmı yerli tedarik kaynakları tarafından Türkiye’de üretilmekte ancak, alt sistem cihazlarına duyulan ihtiyacın tamamı yerli piyasadan temin edilememektedir¹⁵.

Faydalı yük taşıma sistemini oluşturan alt sistemlerden yük pleyti yabancı tedarik kaynakları tarafından belirli standartlarda üretilmekte olup, aynı zamanda Kayseri 2’nci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığında prototip olarak üretilmiştir. Yerli pleytin seri üretime geçilmesi durumunda maliyetin daha uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bunun haricinde taşıma ağı, termal örtü, bağlama tokası ve bağlama kancası yabancı tedarik kaynakları tarafından üretilmekte ve tarafımızdan ithal edilmektedir. Ülkemizin içinde bulunduğu iklim değerleri dikkate alındığında termal örtüye olan kullanım ihtiyacı sistemin kullanılacağı bölgelerin özelliklerine ve iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Alt sistem bazında tedarik etme yönteminde karşılaşılabilecek cihaz uyum problemleri haricinde, sistemin bütünü üzerinde yapılması gereken Environmental Certification MIL-STD-810-F, Electromagnetic Interference (EMI) MIL-STD-461-F, Electrostatic Discharge (ESD) MIL-STD-1686-C standartlarına ait testler ile ilgili ihtiyaçlar ortaya çıkacaktır. Bu kapsamda söz konusu testler tarafımızdan yapılmak zorunda olacağı için ayrıca bir maddi ödenek ayırmak gerekecektir. Bu ihtiyaçları ortaya koyan TPD hazırlanarak takip edilmelidir.

Aktif kontrollü faydalı yük taşıma sisteminin alt sistem bazında tedarik edilmesine ilişkin kaynak ve maliyet analizi (Çizelge 5.3)’te sunulmuştur.

¹⁵ Güdümlü, kontrol ve navigasyon sistemine ait alt sistem tedarik ve maliyet analizi Kiraz, S. (2013). “Aktif Kontrollü Faydalı Yük Taşıma Sistemlerinin Güdümlü Kontrol ve Navigasyon Açısından İncelenmesi” konulu tezde araştırılarak ayrıntılı olarak sunulmuştur.

Çizelge 5.3 : Alt sistem bazında tedarik kaynak ve maliyetleri.

Nu.	Sistem	Alt Sistem	Tedarik Kaynağı		Birim Fiyat
			Yerli	Yabancı	
1	Paraşüt Sistemi	Pilot Paraşüt, Navlaka, Kanopi, Askı, Yön ve Fren İpleri, Slider, Riser		X	5000 \$
2	Güdümlü Kontrol ve Navigasyon Sistemi	Uçuş yönetim Bilgisayarı	X	X	10694 \$
		Servo Motor ve Kontrol Ünitesi	X	X	
		Uydu Konumlama Sistemi		X	
		Inertial Measurement Unit		X	
		Air Data Probe	X	X	
		Laser Ranger		X	
		Alıcı Verici	X	X	
		Devre Seçici, Kamera	X	X	
3	Faydalı Yük Taşıma Sistemi	Yük Pleyti	X	X	980 \$
		Taşıma Filesi Termal Örtü Bağlama Tokası Bağlama Zinciri		X	500 \$

5.3 Milli İmkan ve Kaynaklarla Üretim Planı

Teknolojik sistem ve cihazların milli imkan ve kaynaklar kullanılarak üretilmesi, bu sayede dışa bağımlılığın azaltılması bir ülkenin prestij kaynağı olup, gelişmişlik göstergelerinden birini oluşturmaktadır.

Bu sebeple sistemin ilk aşamada optimum seviyede satın alınmasından sonra, eldeki imkânlarla milli olarak üretilmesi yönünde çalışma başlatılması amacıyla aşağıda işlem basamakları belirtilen proje maddi desteğin sağlanması ile hayata geçirilebilecektir.

5.3.1 Proje bilgilendirme

Proje adı:

Uzaktan Kumandalı ve Otonom Çalışabilen Faydalı Yük Paraşüt Sistem Tasarımı.
“TURAF GPADS”

Proje tanıtımı:

Arama kurtarma ve hava indirme görevlerinde yükün, radyo kontrolü ve/veya koordinatları önceden girilmiş şekilde konumlama cihazı sayesinde otonom olarak hedef noktasına ulaştırılmasını sağlayacak paraşüt sisteminin tasarlanması ve üretilmesi.

Projenin başlatılma gerekçesi :

Görev ihtiyacı sebebiyle dış kaynaklardan temin edilmesi planlanan sistemin mevcut imkân ve kaynakların kullanılarak tedarik edilmesi.

Projenin amaçları:

- Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde arama kurtarma görevi yapan birliklere, aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemi kullanılarak personelden bağımsız olarak havadan atılan malzemeyi (bot, yaşam kiti vs.) operasyon bölgesinde istenilen noktaya indirebilme kabiliyetini kazandırmak,

- Türk Hava Kuvvetlerine yeni görev kabiliyeti ve uçak haricinde bir kuvvet çarpanını kazandırarak Türkiye'nin diğer ülkeler arasındaki gücünü ve saygınlığını artırmak.
- Hava Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki Hava Harp Okulu Komutanlığı ve İstanbul Teknik Üniversitesi ile ortak olarak üretilecek prototip sayesinde, aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemlerinde elde edebilecek bilgi ve tecrübe ile bir AR-GE çalışması yapılarak milli bir teknoloji elde etmek,
- Hava Harp Okulu Komutanlığı ile İstanbul Teknik Üniversitesi öğrenci ve araştırma görevlilerinin sistem, elektrik-elektronik, uçak ve endüstri mühendisliği bölümleri altında yüksek lisans veya doktora tezlerine temel teşkil edecek alt yapı oluşturmak,
- Sistemin sivil kullanım alanlarının belirlenerek bu amaçla yapılacak olan üretim planına sivil sanayi ve kuruluşları dahil etmek, yerli havacılık sektöründe yeni bir iş kolu oluşturmak,
- İnsansız hava aracı sınıfında bulunan aktif kontrollü uzaktan kumandalı paraşüt sistemleri teknolojisinde dışa bağımlılığı azaltmak.

Proje çıktıları ve başarı ölçütleri :

- Türk Hava Kuvvetlerinin mevcut birliklerinde ihtiyaç olarak bildirilen 500 ile 750 kg. arasındaki bir faydalı yükün, 25 km. uzaktan ve 25000 ft. irtifadan atılarak istenilen noktaya en fazla 200 m. lik bir hata payı ile emniyetli bir şekilde inmesi.
- Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü ile Hava Harp Okulunda yapılan akademik çalışmaların, Hava Kuvvetleri çapındaki ihtiyaçlar ile örtüştürülerek sonuçların gerçek hayatta uygulanabilir hale dönüşmesi.

5.3.2 Proje geliştirme faaliyetlerinde takip edilecek iş paketleri :

1. Kavram geliştirme
2. Teknoloji takibi
3. Teknolojik, teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü
4. Üretim kaynaklarının belirlenmesi
 - Sistem bazında
 - Alt sistem bazında

5. Laboratuvar alışmaları
6. Tasarım geliştirme
7. Standart Sağlama ve Uyumluluk Testleri
8. Prototip üretim ve ürün geliştirme
9. Nihai ürün şekillenmesi
10. Planlama, programlama, bütçeleme

5.3.2.1 Kavram geliştirme

TURAF GPADS.

Kavram geliştirme aşamasından sonraki teknoloji takibi, teknolojik, teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü, üretim kaynaklarının belirlenmesi, laboratuvar çalışmaları, tasarım geliştirme, standart sağlama ve uyumluluk testleri aşamaları için ihtiyaç duyulan proje fonu Hava Kuvvetleri Komutanlığı tarafından ilgili kaynaklardan sağlanacaktır.

5.3.2.2 Teknoloji takibi

- MicroFly™, FireFly™, DragonFly™ ve 2K1T™, MegaFly™, GigaFly™, Sherpa Provider™, Sherpa Ranger™, UltraFly™ ve Kuzgun™ sistemlerinin incelenmesi,
- Bilimsel etkinlik niteliğindeki yurt içi ve yurt dışı eğitim, konferans, seminer, sempozyum, teknoloji paneli ve fuarlar ile canlı performans gösterilerine katılım sağlanarak uzaktan kumandalı ve otonom çalışan paraşüt teknolojisindeki gelişmelerin yakından takip edilmesi.

5.3.2.3 Teknolojik, teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü

Yerli imkânlar ile insansız hava aracı ve uydu üretebilen ölkemizde HİBM Komutanlıkları, HUTEN, İTÜ, TÜBİTAK, TUSAş ve MUBİLDESKOM'un imkan ve kabiliyetleri doğrultusunda, bu kurumların ortak koordinasyon ve çalışması ile TURAF GPADS'in geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

5.3.2.4 Üretim kaynaklarının belirlenmesi

Üretim kaynaklarının belirlenmesi sistem ve alt sistem bazında iki farklı şekilde incelenebilir. Bunlar;

Sistem Bazında:

- Ram Air Tipi Paraşüt Sistemi, Faydalı Yük Taşıma Sistemi:
2'nci HİBM K.lığı, Türk Hava Kurumu, Dikimevleri.
- Güdüm Kontrol ve Navigasyon Sistemi:
HUTEN, İTÜ, TÜBİTAK, TUSAŞ ve diğer üniversiteler.

Alt Sistem Bazında:

- Pilot paraşüt, navlaka, kanopi, askı, yön ve fren ipleri, slider, riser, taşıma ağı, pleyt, termal örtü, bağlama tokası, bağlama zinciri, pleyt ek cihazı, AGU iç ve dış ünitesi:
2'nci HİBM K.lığı Teknoloji Üretim K.lığı Teknik Yönetim Bşk.lığı ve Üretim Atölyeler Bşk.lığı, TUSAŞ.
- Uçuş yönetim bilgisayarı, servo motor ve kontrol ünitesi, air data probe, alıcı-verici, anahtar:
TÜBİTAK, TUSAŞ, HUTEN-İTÜ
- IMU, lazer ranger ve uydu konumlama alt sistemleri milli imkanlarla üretilmeyecek sistemler olup, yurt dışından tedarikine ihtiyaç duyulmaktadır.

5.3.2.5 Laboratuvar çalışmaları

- Open source otopilot yazılımı TÜBİTAK ve İTÜ laboratuvarlarında geliştirilebilir.
- Servo sürücüleri, alıcı verici üniteleri, air data probe İTÜ ve Hava Harp Okulu laboratuvarlarında geliştirilebilir.
- Pleyt kompozit malzemesi, polietilen köpük 2'nci HİBM K.lığı laboratuvar ve iş tezgâhlarında geliştirilebilir.

5.3.2.6 Tasarım geliştirme

Labaratuvar çalışmaları sonucunda ortaya çıkan cihazların entegre çalışması İTÜ ve TUSAŞ tesislerinde test edilebilir.

5.3.2.7 Standart sağlama ve uyumluluk testleri

Entegre sistemin askeri standartlarda verimliliği TÜBİTAK, İTÜ, TUSAŞ ve MUBİLDESKOM'da test edilebilir.

5.3.2.8 Prototip üretim ve ürün geliştirme

Tasarım, testler ve bütçe desteği sonrasında son ürün olarak sisteme ait bir prototip geliştirilecektir.

5.3.2.9 Nihai ürün şekillenmesi

Prototip üretim ve ürün geliştirme işlemlerinden sonra elde edilen geri beslemeler doğrultusunda seri üretimi yapılacak olan nihai ürünün son hali ortaya konulacaktır.

5.3.2.10 Planlama, programlama, bütçeleme

Bu iş paketinde sistemin envantere dahil edilmesine yönelik TSK'nın kendi iç kanunları doğrultusunda planlama, programlama ve bütçeleme faaliyetleri yürütülecektir.

TSK bünyesinde ihtiyaç duyulan TURAF GPADS miktarı Hava Kuvvetleri K.lığı tarafından araştırılmalı ve planlanmalıdır.

TURAF GPADS projesi, diğer sistem ve projelerin öncelik dereceleri ile karşılaştırılarak öncelik ve üretim programı oluşturulmalıdır.

Üretim için ihtiyaç duyulan mali kaynak desteği Savunma Sanayi Müsteşarlığından talep edilecektir.

5.3.3 İş paket süreçleri

İhtiyacın ortaya çıkması ve talep edilmesinin ardından ihtiyaç sahibi kurum ile projeyi yürütecek teknik ve akademik personelin yapacağı toplantı sonucunda ihtiyaç duyulan sistemi özellikleri ile genel olarak belirten bir kavram diğer bir ifade ile proje adı ortaya konulmalıdır. Aynı toplantıda projenin sağlıklı yürütülebilmesi için Hv.K.K.lığı, HUTEN ve İTÜ arasında ön görevlendirme yapılmalıdır.

Bu kapsamda, İTÜ'den öğretim üyesi personelin danışmanlığında HUTEN'de yüksek lisans tezi hazırlayan iki öğrenci Dünya genelinde bu teknolojiyi kullanan ve/veya üreten ülke firmalarına ilişkin detaylı araştırma ile 3 ay sürecek bir çalışma dahilinde teknoloji takibi yapmalı, elde ettiği bilgileri tez formatında bir rapor ile HUTEN vasıtasıyla Hv.K.K.lığına iletmelidir.

İlgili teknoloji sahibi firmaları içeren rapor dikkate alınarak aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemine ait teknolojik, teknik ve ekonomik yapılabilirlik etüdü üzerine 3 aylık bir çalışma yapılmalıdır. Bu çalışmada sistemin milli imkânlarla üretiminin maliyet etkinliği açısından değerlendirilmesi ile sistemin üretilip üretilmemesinin uygunluğu belirtilmelidir. Uygunluk bildirimi projenin dönüm noktalarından birisi olacağı için projenin devam edip etmemesi yönünde danışılması gereken önemli bir kaynak olacaktır.

Yapılmasının uygunluğu yönünde karar alma sürecine paralel olarak (yapılabilirlik etüdü ile eş zamanlı olarak) bu projeyi oluşturan sistemi, sistem ya da alt sistem bazında milli imkânlarla hangi kurum, kuruluş ya da firmanın üretebileceğini belirtmek üzere üretim kaynakları araştırmalı ve 3 aylık süre sonucunda üretim kaynakları belirlenerek koordine kurulmalıdır.

Bu sayede yapılabilirlik etüdü bittiği anda üretim yapacak kaynaklar da belirlenmiş olacak ve projede sıralı takip edilen iş paketleri sebebiyle kaybedilen vakit sorunu aşılmış olacaktır.

Üretim kaynaklarının sahip olduğu imkânlar dâhilinde alt sistemlere ait cihaz ve ekipmanların parça parça yapılarak oluşturulması 8 aylık süre içerisinde yapılacak olan laboratuvar çalışmaları ile sağlanmalıdır.

Labaratuvar çalışmalarının ilk yarısından sonra eş zamanlı bir şekilde, parça ve cihazlar bir tasarımın ön hazırlığı olarak bir araya getirilmeli ve 18 ay sürecek olan detaylı bir çalışma ile sistemin askeri standartlarda ergonomisini ve etkin kullanılabilirliğini ortaya çıkaracak tasarım geliştirme çalışması yapılmalıdır.

Tasarım sürecinin son 6 ayından başlayacak şekilde askeri standartlarda çalışması kriteri ile dizayn edilen sistemin standartlara bağlılığını ve uyumluluğunu ölçmek üzere daha önceden geliştirilmiş olan test metotları uygulanmalı ve sistemin verimliliğine dair geri besleme alınmalı, uygun olmayan nokta veya noktalar var ise tasarım üzerinde değişiklik yapılması amacıyla o alanın uzmanları ile koordineye geçilmelidir. Bu çalışma test ortamlarının çalışma yoğunluğuna bağlı olarak 18 ay sürebilmektedir.

Standart sağlama ve uyumluluk testleri ile eş zamanlı olarak 18 aylık süre içerisinde prototip üretim yapılmalı ve test sonuçlarına göre ürünün geliştirilmesi sağlanmalıdır. Prototip ürün ortaya çıktıktan sonra 3 aylık süre içerisinde nihai ürün şekillendirme çalışmaları yapılarak seri üretim öncesi sistemin son hali ortaya konulmalıdır.

Prototip üretimin sonlarına doğru başlayarak nihai ürün şekillendirme sürecinide kapsayacak şekilde 6 aylık süre içerisinde Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından hangi kuvvete ne kadar sistem üretilebileceği planlanmalı, yapılan bu planlamaya sadık kalınarak ihtiyaca karşılık gelen bütçe ve insan kaynakları hususunda programlama yapılmalı, programlama doğrultusunda ortaya konulan yol haritasına bağlı olarak sistemin üretime yönelik bütçeleme faaliyeti ve kaynak ayırma işlemi tamamlanmalıdır.

İhtiyacın ortaya konulmasını takiben başlatılan proje üretime yönelik teknoloji takibi, yapılabilirlik etüdü, üretim kaynaklarının belirlenmesi, laboratuvar çalışmaları, tasarım geliştirme, standart sağlama ve uyumluluk testleri, prototip üretim ve ürün geliştirme yapılarak toplamda 39 aylık süre içerisinde nihai ürün şekillendirme çalışmasına geçilebilecektir. 3 aylık süre sonunda ise nihai ürün geliştirmesi ve öncesinde başlayan planlama, programlama ve bütçeleme faaliyeti tamamlanacaktır.

Böylece 1 Ocak 2013 tarihinde başlayan milli imkan ve kaynakların kullanımı ile TURAF GPADS üretim süreci, 30 Haziran 2016 tarihinde tamamlanarak toplamda 42 aylık bir zaman dilimini içerisinde proje sonuçlandırılmış olacaktır.

İş paket süreçlerini gösteren tablo Microsoft™ Visio Gantt Grafiği ile çizilerek (Çizelge 5.4)'te sunulmuştur.

Çizelge 5.4 : Milli imkan ve kaynaklarla üretim iş paket süreçleri.

NUM	MİLLİ İMKAN VE KAYNAKLARLA ÜRETİM PLANI	Başlangıç	Bitiş	Süre	2013												2014												2015												2016											
					Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem					
1	KAVRAM GELİŞTİRME 	01.01.2013	01.01.2013	1g																																																
2	TEKNOLOJİ TAKİBİ 	01.01.2013	31.03.2013	90g																																																
3	YAPILABİLİRLİK ETÜDÜ 	01.04.2013	30.06.2013	91g																																																
4	ÜRETİM KAYNAKLARININ BELİRLENMESİ 	01.04.2013	30.06.2013	91g																																																
5	LABARATUVAR ÇALIŞMALARI 	01.07.2013	28.02.2014	243g																																																
6	TASARIM GELİŞTİRME 	01.11.2013	30.04.2015	546g																																																
7	STANDART SAĞLAMA, UYUMLULUK TESTLERİ 	01.10.2014	31.03.2016	548g																																																
8	PROTOTİP ÜRETİM VE ÜRÜN GELİŞTİRME 	01.10.2014	31.03.2016	548g																																																
9	NİHAİ ÜRÜN ŞEKİLLENMESİ 	01.04.2016	30.06.2016	91g																																																
10	PLANLAMA, PROGRAMLAMA VE BÜTÇELEME FAALİYETİ 	01.01.2016	30.06.2016	182g																																																

5.3.4 Alternatif iş planı (B planı)

“Aktif Kontrollü Faydalı Yük Taşıma Sistemi Projesi” içerisinde çeşitli sebepler ile meydana gelebilecek risklere ait oluşma olasılık değerleri ile bu risklerin proje çıktılarına etkileri, bu risklere karşı alınan tedbirleri ve düşünülen alternatif planları belirten bir “B Planı” hazırlanarak (Çizelge 5.5)’te belirtilmiştir.

Çizelge 5.5 : Alternatif iş planı (B planı).

Yüksek Olasıklı Risk – 1	
Proje kapsamında üretilmesi planlanan ram air tipi paraşüt sisteminin dikimi için deneyim sahibi personel ve uygun dikim teçhizatının bulunmasında aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için HİBM K.lığı Teknoloji Üretim K.lığında paraşüt dikim ve tamiri ile görevli personele ilave eğitim planlanması ve uygun nitelikteki dikim cihazının tedarik edilmesi sağlanacaktır.
ORTA	
ÇOK	

Yüksek Olasıklı Risk – 2	
Proje kapsamında üretilmesi planlanan güdüm, kontrol ve navigasyon sistemi içerisindeki alt sistemlerden bazılarında ait elektronik cihazların sarf malzemelerinin temin edilmesinde aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	
ORTA	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için iş paketlerinin başlama ve bitiş süreleri birbiri üzerine denk gelecek şekilde genişletilerek esnek hareket imkânı sağlanacaktır. Süreler üzerine marjin eklenerek gecikmelere karşı tedbir alınmış olacaktır.
ÇOK	

Yüksek Olasıklı Risk - 3 Proje kapsamında görev alan personel ve öğrenci grubunda yaşanacak sirkülasyon nedeniyle bilgi aktarımı konusunda aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	
ORTA	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için proje sonuçlanana kadar projede görev alacak personelin atamalı olarak HUTEN’de görev yapması için Hv.K.K.lığına talepte bulunulacaktır. Ayrıca HUTEN’de yüksek lisans tez aşamasındaki öğrenciler ile HHO’da tez öğrencisi olan Harbiyelilerin katılım yapması sağlanacaktır. Buna ilave olarak projede görev alacak ana personelin HUTEN ve İTÜ’de kadrolu Dr. veya Arş. Gör. olmasına özen gösterilecektir.
ÇOK	

Orta Olasıklı Risk – 1 Sistemin yer ve hava testleri ile uçuş denemelerinde meydana gelebilecek kaza kırımlar nedeniyle aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	
ORTA	
ÇOK	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için elektronik ve yapısal malzeme tedarikinde ve bütçelemelerde marjin dikkate alınarak sarf malzeme sayısı ve maddi kaynak % 25 oranında artırılacaktır. Ayrıca paraşüt uçuşuna ilişkin pilotaj eğitimi almış personelin projeye dahil edilmesi sağlanacaktır.

Orta Olasıklı Risk – 2 Yapısal olarak kanopi, AGU ve faydalı yük entegre sistem dizaynında bağlantıların aerodinamik yapıya uyumsuzluğu nedeniyle aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	
ORTA	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için Hv.K.K.lığı bünyesinde gerçekleştirilen planlı nakliye uçuşlarında sistemin benzer modeli ile deneme testleri yapılarak en uygun yapının ortaya çıkarılması sağlanacaktır.
ÇOK	

Düşük Olasıklı Risk – 1 Küresel konumlama sistemi ile AGU’ın iletişimi kesilmesi nedeniyle aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	
ORTA	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için daha önceden koordinat sisteminin girilmesi ile çalışan otonom sisteme alternatif olarak paraşütün radyo kontrolü ile uzaktan kontrol edilebilmesine imkân tanıyan radyo kontrol ünitesi kullanımı planlanmıştır.
ÇOK	

Düşük Olasıklı Risk – 1 Mesafeye bağlı olarak radyo kontrol ünitesi ile otopilot arasında iletişimin sağlıklı yapılamaması sebebiyle aksaklık yaşanabilir.	
Etki	
AZ	
ORTA	Aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması için yer kontrol istasyonuna bağlanacak ekstra bir radyo kontrol alıcısı sayesinde uzaktan kumandanın etki alanı genişletilerek veri iletiminde mesafe kısıtı aşılmış olacaktır.
ÇOK	

Yukarıda belirtilen riskler ön görülen risk grubunu oluşturmakta olup, projenin laboratuvar ve test çalışmaları sürecinde gelişimine bağlı olarak gerçek risk değerleri ortaya çıkacak ve bu risklerin sistem üzerinde yaratacağı etkiyi minimuma çekmek ya da tamamen ortadan kaldırmak amacıyla daha aktif bir proje risk yönetimi yapılabilecektir.

Genel olarak temel risk, sistemin yer ve hava testleri ile uçuş denemelerinde meydana gelebilecek kaza kırımlar nedeniyle yaşanabilecek aksaklıklardır.

Bu aksaklığın oluşturacağı etkinin azaltılması amacıyla elektronik ve yapısal malzeme tedariğinde ve bütçe lemede marjın dikkate alınarak sarf malzeme sayısı ve maddi kaynak % 25 oranında artırılacak, ayrıca paraşüt uçuşuna ilişkin pilotaj eğitimi almış personel tarafından testlerin yapılabilmesi amacıyla projeye personel planlaması teklifi yapılacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemi üzerine yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgiler ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin kullanımına sunulmak üzere tasarlanacak sisteme ilişkin öneriler yer almaktadır.

6.1 Sonuçlar

Teknolojik gelişmeler her alanda olduğu gibi havacılık ve uzay bilimlerinde de yakından takip edilmesi gereken bir yarış haline gelmiştir. Bu yarışta geri kalındığı takdirde elde mevcut bulunan teknoloji işlevliğini yitirmekte ve başta operasyon alanı olmak üzere teknolojiye ihtiyaç duyulan alanlarda üstünlüğün karşı tarafa geçmesine sebep olmaktadır.

Çağıyla yarışan Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı da havacılık ve uzay bilimlerindeki teknolojik gelişmeleri yakından takip etmekte, sistemlerini güncel tutmak amacıyla ar-ge çalışmalarına ağırlık vermektedir. Havacılıkta geçmiş yıllarda olduğu gibi uçak, helikopter gibi hava araçları uçan sınıfta tek başına kuvvet çarpanı olarak yetersiz kalmaktadır. Bunların çeşitli sebeplerle yetersiz kaldığı görevlerde kullanılmak üzere insansız hava araçları konsepti ortaya konulmuş olup, bu konseptlerden birini de uzaktan kumandalı otonom çalışabilen faydalı yük taşıma sistemi olarak bilinen GPADS oluşturmaktadır.

GPADS öncelikle askeri görevlerde kullanılmaya başlanılmış olup, zamanın önemli olduğu ve diğer ulaşım vasıtalarının etkin kullanılamadığı durumlarda görevin başarısına büyük katkı sağlamaktadır. Arama kurtarma, havadan mühimmat, yiyecek ve tıbbi malzeme nakli gibi lojistik destek sağlama görevlerinde aktif olarak kullanılabilir.

GPADS konusunda ciddi yatırımlar yapmış olan ABD, Kanada ve Fransa'daki örnekler araştırılarak, sistemi oluşturan ram air tipi paraşüt sistemi ve faydalı yük taşıma sistemi detaylı olarak incelenmiştir.

Araştırma sonucunda yatay ekseninde hareket ve dikey ekseninde manevra kabiliyeti yüksek olan ram air tipi paraşüt sisteminin, yükü istenilen hedef noktasına ulaştırmada en uygun yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır.

Bu sistemin yük taşımak amacıyla kullanılması Türkiye’de yeni bir kavram olmakla birlikte araştırılmaya ve geliştirilmeye açık bir konudur. Türk Hava Kuvvetlerine bağlı Hava İkmal Bakım Merkezlerinde daha çok insan ve uçaklar için tasarlanmış kubbe tipi paraşüt üretimi ve tamiri yapılabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken hususlardan bir tanesi hem kubbe tipi hem de ram air tipi paraşüt sistemlerinde kullanılan askeri standartların aynı standart ve testlere tabi olmasıdır. Bu kapsamda ram air tipi paraşüt sisteminin sahip olması gereken askeri standartlar ve bunlara ilişkin testler bilinmekte olup, sistemin tasarımının yapılarak üretim yapılabilmesi için personel eğitimi ve ekipmana ihtiyaç duyulmaktadır. Devamlılığın kontrolü için yapılması gereken testler ve geri beslemeler ise mili imkânlar dâhilinde ilgili kurumlarda yapılabilecek özelliktedir.

Faydalı yük taşıma sistemini oluşturan alt sistemlerden taşıma pleyti halihazırda milli imkanlar dahilinde Kayseri 2’nci Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı atölyelerinde prototip olarak üretilmiş bulunmaktadır. Bu gelişmeye ilave olarak Türkiye’deki üniversite ve sanayi kollarının imkân ve kabiliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, sistemin önemli parçalarının dışa bağımlı kalmadan daha uygun maliyette Türkiye’de üretilebileceği düşüncesi desteklenmektedir.

Ayrıca bu çalışma, HUTEN’de yüksek lisans yapan tez aşamasındaki öğrencilerin, Hava Kuvvetleri Komutanlığı adına başlatılan projelerde yer aldığı somut bir örneği niteliğinde olup, İTÜ gibi saygın üniversiteler ile koordinasyon ve iş birliğinin yapılması, bilim adına ikili ilişkilerin geliştirilmesi anlamında fayda sağlamıştır.

6.2 Öneriler

Aktif kontrollü faydalı yük taşıma sistemi ile ilgili olarak yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi düşünülen öneriler aşağıda belirtilmiştir.

Türkiye’de sivil ya da askeri alanlarda henüz kullanımı bulunmayan uzaktan kumandalı otonom çalışabilen faydalı yük taşıma sistemi, öncelikle hava indirme ve arama kurtarma görevlerinde aktif rol alan askeri personelin kullanımına sunulmak üzere tedarik edilmelidir. Ancak bu konuda dikkat edilmesi gereken husus, sistemin doğrudan üretimine geçilmesi yerine, ilk aşamada göreve ilişkin temel ihtiyacı karşılayacak sayıda satın alma yöntemiyle tedarik edilmesidir. Tedarik sonrasında kazanılacak olan bilgi ve tecrübe doğrultusunda akademik ve teknik personelin katılımıyla oluşturulacak bir çalışma grubu tarafından proje kapsamında prototip olarak üretim yapılabilecektir.

Ram air tipi paraşüt sisteminin mili imkanlarla üretilebilmesine yönelik ihtiyaç duyulan bilgiye erişim için personel eğitim planı oluşturulması ve kanopi dikimi için uygun özellikte teçhizat ve makinenin envantere dahil edilmesi uygun olacaktır.

Faydalı yük taşıma sisteminin mili imkanlarla prototip olarak üretilebildiği gerçeği dikkate alınarak Hava İkmal Bakım Merkezlerinin eldeki imkan ve kabiliyetle bu tarz projelerde aktif rol oynaması için gerekli olan koordinenin kurulması fayda sağlayacaktır.

Üretim öncesinde yapılacak olan ar-ge çalışması ile teknoloji takibinin ilk adım olarak tabir edilen önemli bir basamak olması sebebiyle, gerekli bütçenin ayrılması, projede görevli öğrenci ve personelin bilimsel etkinlik niteliğindeki yurt içi ve yurt dışı eğitim, konferans, seminer, sempozyum, teknoloji paneli ve fuarlar ile canlı performans gösterilerine katılım yapmalarının sağlanması bilgi birikiminin maksimum seviyede oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Hava Kuvvetleri Komutanlığı nam ve hesabına yüksek lisans ya da doktora eğitimi alan pesonel ile Hava Harp Okulunda lisans tezi hazırlayacak Harbiyelilerin GPADS teknolojisinde kullanılan yazılım için oluşturulacak proje gruplarında görevlendirilmeleri hem söz konusu personel ve Harbiyelilerin kişisel gelişimine katkı sağlayacak hem de Hava Kuvvetleri Komutanlığının kurumsal bilgi ve tecrübesini bir adım ileri taşımasına yardımcı olacaktır.

Doğrudan tedarik, alt sistem bazında tedarik, milli imkan ve kabiliyetlerle özgün tasarım, modernizasyon, güncelleme ve üretim vasıtasıyla envantere katılarak Hava Kuvvetleri Komutanlığının kullanımına sunulmak üzere geliştirilecek projelerde elektromanyetik etkilenmeye karşı sahip olunması gereken askeri standartlar ve bu standartların sağlanıp sağlanmadığını ortaya koyan geri besleme niteliğindeki testler için teknik şartnamelerde ayrıca bir bölümün oluşturulması, sistemlerin uyum içerisinde entegre çalışabilirliğine ve maksimum performansla ömür devri süresince faal kalmasına katkı sağlayacaktır.

Sistemin sivil kullanım alanlarında sağlayacağı fayda detaylı olarak araştırıldığı takdirde sivil ve askeri kullanım alanlarının kesiştiği noktalarda ortak kullanım imkanı yaratılabilecektir. Kış mevsiminde meteorolojik şartların ağır geçtiği Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerinde kapanan köy ve okul yollarında mahsur kalarak erzak ve tıbbi malzemeye ihtiyaç duyan canlılara erişim ile doğal afet sonucu yardım ve arama kurtarma çalışmalarına destek gibi sivil askeri ortak kullanım alanlarında Türk Hava Kuvvetleri, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve Sivil Savunma Teşkilatı arasında görev planlamasının yapılması kriz anlarında çözüm için kısa sürede fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Url-1** <<http://www.parachutehistory.com/eng/drs.html>>
- [2] **Meyer, J.** (1985). Sandia Report SAND85-1180, An Introduction to Deployable Recovery Systems, Historical Review, p. 6-7,11.
- [3] **Airborne Systems**, 2K1T™, One-Time Use Parachute For GPADS.
<http://www.airborne-sys.com>
- [4] **HDT Global Airborne Systems.** (2013). JPADS Equipment and Capabilities Presentation by Gary McHugh.
- [5] **McHugh, G.** (17 Ocak 2013). Kişisel Görüşme, Telekonferans, Customer Business Manager, Airborne Systems.
Gary.McHugh@airborne-sys.com
- [6] **Airborne Systems**, FireFly™, Guided Precision Aerial Delivery System.
<http://www.airborne-sys.com>
- [7] **HDT Global Airborne Systems**, (2013). Technical WriteUp, Guided Precision Aerial Delivery System (GPADS) Technical Description,
- [8] **Airborne Systems**, MicroFly™, Guided Precision Aerial Delivery System.
<http://www.airborne-sys.com>
- [9] **Airborne Systems**, DragonFly™, Guided Precision Aerial Delivery System.
<http://www.airborne-sys.com>
- [10] **Airborne Systems**, Products. <http://www.airborne-sys.com>
- [11] **MMIST**, Sherpa Provider™. <http://www.mmist.ca>
- [12] **İnce, F.** (2012). Uluslararası Uzay Politikaları-4, HUTEN Ders Sunusu Bahar 2012, Sf. 22-24

- [13] **MMIST**, Sherpa Ranger™. <http://www.mmist.ca>
- [14] **WAMORE**, UltraFly™, Precision Guided Airdrop System.
<http://www.wamore.com>
- [15] **Uçman Havacılık**, Kuzgun™ 150 Kumandalı Kargo Paraşütü.
<http://www.ucman.com.tr> , <http://www.parasuthane.com>
- [16] **Eko Mühendislik San. ve Tic. Ltd. Şti.**,
<http://www.ekoeng.com.tr/bernoulli.html>
- [17] **Süreyelken** <http://www.sureyelken.com/etiket/bernoulli-ilkesi/>
- [18] **Aydın, Ö.** (5-6 Mart 2013). Kişisel Görüşme, Paraşüt Öğretmeni, Türk Hava Kurumu İnönü Hava Eğitim Merkezi Başkanlığı, Eskişehir.
- [19] **Parachute equipment**, <http://rumell.net/fpspa4/fpspa/class2.htm>
- [20] **Babbar, Y.** Computational Analysis of Ram Air Parachute Canopy, 5th Semester Aeronautical Engineering Department, Punjab Engineering College, Chandigarh.
- [21] **Strong, T.** (1982). The Parachute Material Sample Book Revised January 2000, p. 3-14.
- [22] **Nordisk Aviation Products**,
<http://www.nordisk-aviation.com/main/en/military/hcu-6-e-single-base-pallet/>
- [23] **Asil Çelik Halat**, <http://asilcelikhalat.com/bilgi/tag/yuk-tasima-agi/>
- [24] **AMSAFE**, http://www.amsafe.com/wp-content/uploads/Thermal-Blankets_US_FINAL.pdf
- [25] **Poytner, D.** (1991). The Parachute Manuel, A Technical Treatise on Aerodynamic Decelerators, Chapter IV, 4034 Canopy Fabric, p. 74, 4036 Fabrics For Ram-air Canopies, p. 75-80.

- [26] **Cönger, N.** (18 Mart 2013). Kişisel görüşme, Tekstil Mühendisi, 2'nci HİBM K.lığı, Teknoloji Üretim K.lığı, Teknik Yönetim Bşk.lığı, Kayseri.
- [27] **FED-STD-191.** (1978). Federal Standart For Textile Test Methods.
<http://www.everyspec.com>
- [28] **Konuk, N.** (6 Aralık 2012). Kişisel görüşme, İleri Tedarik Teknolojileri Temsilcilik ve Dış Tic. Ltd. Şti. nazan@ilerited.com.tr
- [29] **MIL-STD-810-F.** (2000). Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests. <http://www.everyspec.com>
- [30] **Apaydın, Ö.** (2004), Elektromanyetik Ortam Etkileri ve Elektromanyetik Uyumluluk.
- [31] **MIL-STD-461-F.** (1999). Requirement for The Control of Electromagnetic Interference Characteristics and Equipment.
<http://www.everyspec.com>
- [32] **MIL-STD-1686-C.** (1995). Electrostatic Discharge Control Program For Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices).
<http://www.everyspec.com>
- [33] **MIL-STD-3009.** (2001). Lighting, Aircraft, Night Vision Imaging System (NVIS) Compatible. <http://www.everyspec.com>
- [34] **MIL-STD-1472-F.** (2012). Design Creteria Standart, Human Engineering.
<http://www.everyspec.com>
- [35] **Kavak, M.** (5 Şubat 2013). Kişisel görüşme, Kimya Mühendisi, 2'nci HİBM K.lığı, Teknoloji Üretim K.lığı, Üretim Atölye Bşk.lığı, İmalat Md.lüğü. mehmet.kavak@windowslive.com
- [36] **Şerbetçi, H. , Selçuk, O.** (10 Nisan 2013). Kişisel görüşme, Makel Uluslararası Isıtma Soğutma ve Yalıtım Malz. Ltd. Şti.
<http://www.makelgroup.com/>

[37] **IPT (Integrated Procurement Technologies)**. (2013). Quotation for Turkish Air Force Command by Gareth RICHARD, OEM Business Manager, gareth@iptsb.com

EKLER

EK A : FireFly™

EK B : MicroFly™

EK C : 2K1T™

EK Ç : DragonFly™

EK D : Sherpa Provider™

EK E : Sherpa Ranger™

EK F : UltraFly™

EK G : Kuzgun™ 150

EK Ğ : Airborne Days IV, 2013 Educational Event Happening

EK H : Fiyat Bilgisi

EK I : Kanopi Fotoğrafları

EK İ : Pilot Paraşüt Fotoğrafları

EK J : Navlaka Fotoğrafları

EK K : Hücre Ağı Fotoğrafları

EK L : Slider ve Riser Fotoğrafları

EK M : Pleyt Ağı Fotoğrafları

EK N : Pleyt Bağlama Tokası-Kancası Fotoğrafları

EK O : Pleyt Bağlama Zinciri-Kancası Fotoğrafları

EK Ö : Pleyt Ek Cihazı Fotoğrafları

(CD OLARAK VERİLECEKTİR)

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Nevşehir’de doğan Ümit MERCAN, ilk, orta ve liseyi İzmir’de bitirmiş olup, 2005 yılında Hava Harp Okulu Elektronik Mühendisliği Bölümü’nden mezun olmuştur. 2’nci Ana Jet Üs K.lığı, Hava Teknik Okullar K.lığı, 10’uncu Tanker Üs K.lığı, Genelkurmay Elektronik Sistemler (GES) K.lığı ve 210 Numaralı Taşanabilir Hava Radar Kıta Komutanlığı’nda görev yapmıştır. Bayan Zübeyde Burcu MERCAN ile evli olup, İngilizce bilmektedir.