



2. TÜBİTAK LİSELER ARASI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI YARIŞMASI

DETAYLI TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: Hür-Kanat

TAKIM ID: 51647

KATEGORİ: Döner Kanat

KURUM ADI: Recep Tayyip Erdoğan Anadolu İmam Hatip Lisesi

DANIŞMAN ÖĞRETMEN: Fatih TAŞPINAR

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	2
1. GENEL ÖZET	4
1.1 Tasarım Süreci	4
1.2 Temel Görev Gereksinimleri ve Tasarım Özellikleri	5
1.3 Sistem Performans Özellikleri	5
2. YÖNETİM ÖZETİ	6
2.1 Takım Organizasyonu	6
2.2 Zaman Akış Çizelgesi	7
İş Paketi Tanımları	9
3. DETAYLI TASARIM	10
3.1 Tasarımın Boyutsal Parametreleri	10
3.2 Tasarımın Yapısal Özellikleri	11
3.2.1 Gövde, Mekanik Sistemler	11
3.2.2 Aerodinamik Özellikler	12
3.2.3 Görev Mekanizması Sistemi	13
3.2.4 Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemleri Entegrasyonu	16
3.3 Uçuş Performans Parametreleri	17
3.4 Hava Aracı Maliyet Dağılımı	18
4. PROTOTİP ÜRETİM SÜRECİ	19
4.1 İHA İmalat ve Montaj Süreci	19
4.2 İHA Elektrik Elektronik Entegrasyon Süreci	19
4.3 İHA Montajı ve Genel Kontroller	20
4.4 Üretim İş Zaman Çizelgesi Planlanan ve Gerçekleşen	21
5. TEKNİK ÇİZİMLER	22

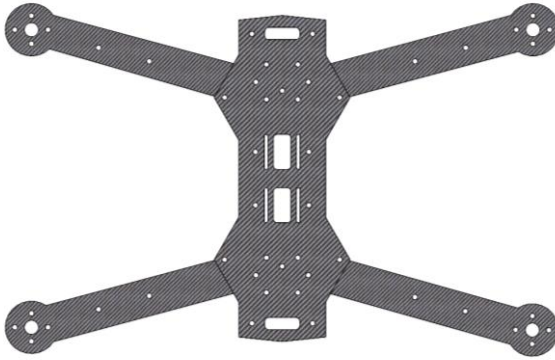
6. KAYNAKÇA.....	24
------------------	----

1. GENEL ÖZET

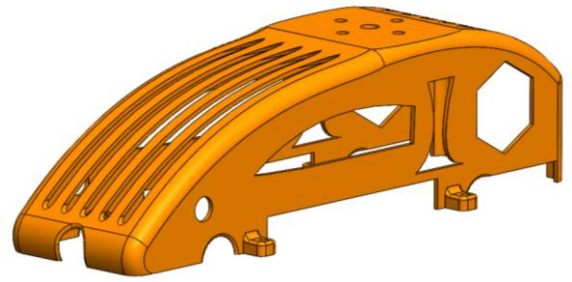
1.1 Tasarım Süreci

Döner kanatlı İHA'nın tasarım sürecinde verilen görevleri yerine getirmesi, otonom özelliklerin kullanılabilmesi ve hafif olması amaçlanmıştır.

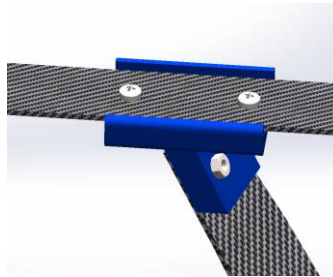
Verilen görevlerin gerektirdiği özellikler araştırılıp İHA tasarımına eklendikten sonra uluslararası yarışmalarda kullanılan tasarımlar incelendi. Gerekli tasarım kriterleri hazırlandıktan sonra özgün tasarımın çalışmalarına başlandı. Otonom uçuşa elverişli olan elektronik parçaların piyasa araştırması yapıldı. Belirlenen malzemelere göre gövde ve şasi tasarımı hazırlandı ve İHA'nın şasi (Şekil 1) ve koruma kapağı (Şekil 2) özgün olarak dijital ortamda takım üyeleri tarafından 3B tasarımları yapıldı. İHA'nın üretiminde koruma kapağını 3B baskı yöntemiyle, şasinin ise karbon fiber plakaların CNC kesim yöntemiyle üretilmesi planlandı. İniş ayaklarının şasi ile olan bağlantı noktalarında (Şekil 3) sağlamlık açısından yeterli oldukları için 3B baskı yöntemiyle üretilmiş parçaların kullanılması planlandı.



Şekil 1: Şasi Tasarımı



Şekil 2: Koruma Kapağı Tasarımı



Şekil 3: İniş Ayakları ve Şasinin Bağlantı Noktası

1.2 Temel Görev Gereksinimleri ve Tasarım Özellikleri

İHA, döner kanatlı olduğu için 1. ve 2. görevlerdeki güzergahı keskin manevralarla tamamlaması planlandı. Görevleri iniş ve kalkışlar dahil olmak üzere otonom yapması planlandı. Araç, üzerinde bulunan GPS ve pusula modüllerinden aldığı veriler ve görev öncesi araca yüklenen yol bilgisi sayesinde görevleri otonom bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Aracın planlanan uçuş yüksekliği 8 metredir.

İHA herhangi bir bağlantı problemi olduğu zaman fail-safe durumuna geçip yarı gaz yapacak şekilde tasarlandı. Araçta kullanılan sigorta yarışma kurallarında da belirtildiği gibi bataryanın artı (+) kutup çıkışında bulunmaktadır. Şekil 4'te gösterilen formül kullanılarak İHA'nın maksimum sigorta amperi hesaplanmış ve çıkan sonuç aralığındaki bir değer olan 150A sigorta kullanılmıştır.

MEA = Maksimum ESC Amperi

MS = Motor Sayısı

MSA = Maksimum Sigorta Amperi

$$MSA = (MEA \times MS) + \left(MEA \times MS \times \frac{10}{100} \right) = ((35) \times (4)) + \left((35) \times (4) \times \frac{10}{100} \right) = 154$$

Şekil 4: Maksimum Sigorta Amperi Hesabı

1.3 Sistem Performans Özellikleri

İHA'nın planlanan uçuş parametreleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

İHA'nın Planlanan Uçuş Parametreleri	
Yüksüz Ağırlığı	1200 gram
Taşıyabileceği Maksimum Yük Ağırlığı	1000 gram
Kalkış Ağırlığı	1500 gram
Uçuş Tipi	Otonom
Planlanan Otonom Uçuş Hızı	8 m/sn
Uçuş Süresi	5 Dakika

Tablo 1: İHA'nın Planlanan Uçuş Parametreleri

2. YÖNETİM ÖZETİ

2.1 Takım Organizasyonu



Fatih TAŞPINAR (Danışman Öğretmen): 1984 yılında Nevşehir’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Nevşehir’de tamamladı. Konya Selçuk Üniversitesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Öğretmenliği bölümünü 2007 yılında tamamladı. Tekirdağ, Giresun illerinde görev yaptıktan sonra 2013 yılından beri Nevşehir’de görev yapmaktadır. 2019 Haziran ayından itibaren Nevşehir Recep Tayyip Erdoğan Proje İmam Hatip Lisesi’nde görev yapmaktadır. Robotik Kodlama, C Programlama ve 3 Boyutlu tasarım programı eğitimleri vermektedir.

Furkan KARAKETİR: 2005 yılında Kayseri’de doğdu. İlk ve orta eğitimini Nevşehir’de tamamladı. Nevşehir Recep Tayyip Erdoğan Proje İmam Hatip Lisesi’nde 11.sınıf öğrencisidir. Bilişim, Kodlama, 3B tasarım ve havacılık ilgi alanıdır. Kullandığı programlar SolidWorks, Unity, Android Studio, Blender programlarını ileri düzey, Fusion 360, Adobe İllüstratör, C#, Python programlarını da orta düzeyde kullanmaktadır. Takım kaptanıdır. Genel tasarım, malzeme seçimi ve otomasyon sistemlerinden sorumludur.

Halit BAŞBUĞ: 2005 yılında Nevşehir’de doğdu. İlk ve orta eğitimini Nevşehir’de tamamladı. Nevşehir Recep Tayyip Erdoğan Proje İmam Hatip Lisesi’nde 11.sınıf öğrencisidir. Bilişim, Kodlama, 3B Tasarım ve kablosuz iletişim ilgi alanıdır. Processing, Java, Arduino (C++), Inkscape ileri seviyede, GIMP, Fusion 360, SketchUp, SolidWorks programlarını da orta seviyede kullanmaktadır. Takımdaki görevi görev mekanizması tasarımı, elektrik elektronik sistemlerinden sorumludur. Takım pilotudur.

Furkan KİRAZ: 2005 yılında Nevşehir’de Doğdu. İlk ve orta eğitimini Nevşehir’de tamamladı. Nevşehir Recep Tayyip Erdoğan Proje İmam Hatip Lisesi’nde 11.sınıf öğrencisidir. Bilişim, Havacılık, Kodlama, Yapay Zekâ ve Uzay ilgi alanıdır. C++, SolidWorks, SketchUp, Inkscape, Shotcut ve Fusion 360 programlarını orta düzeyde kullanmaktadır. Takımdaki görevi itki sistemleri, lojistik ve sosyal medyadan sorumludur. Detay tasarım raporunda görevlidir.

2.2 Zaman Akış Çizelgesi

Zaman Akış Çizelgesi Tablo 2’de gösterilmiştir.

İş Paketi No	İş Paketi Adı / Tanımı	Kimler Tarafından Yapılacağı	Aylar																															
			Şubat				Mart				Nisan					Mayıs				Haziran				Temmuz					Ağustos					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4		
1	Görev Analizi ve Literatür Taraması	TÜM TAKIM ÜYELERİ																																
2	Tasarım Boyutsal Parametrelerinin Belirlenmesi	HALİT BAŞBUĞ																																
3	Tasarımın Yapısal Özellikleri	FURKAN KARAKETİR HALİT BAŞBUĞ																																
4	Kontrol ve Güç Sistemleri Tasarımı	HALİT BAŞBUĞ																																
5	Uçuş Performans Parametreleri	FURKAN KİRAZ																																
6	Hava Aracı Maliyet Hesaplama	FURKAN KİRAZ																																
7	Bileşen Modellerinin Belirlenmesi	FURKAN KARAKETİR HALİT BAŞBUĞ																																
8	Teknik Çizimler	FURKAN KARAKETİR																																
9	Yapısal Üretim ve Lojistik	TÜM TAKIM ÜYELERİ																																
10	Detaylı Tasarım Raporu Hazırlanması ve Video Gönderimi	TÜM TAKIM ÜYELERİ																																
11	Proje Yönetimi	FURKAN KARAKETİR																																
Planlanan			Gerçekleşen																															

Planlanan

Gerçekleşen

Tablo 2: Zaman Akış Çizelgesi

İş Paketi Tanımları

Görev Analizi ve Literatür Taraması: Bu iş paketinde, gerçekleştirilmesi gereken görevlerin analiz edilmeleri, görev gerekliliklerinin belirlenmesi ve kaynakların taranması yer alır.

Tasarım Boyutsal Parametrelerinin Belirlenmesi: Bu iş paketinde, seçilen bileşenlerin boyutlarının incelenmesi ve bu verilere göre İHA tasarımının boyutlarının belirlenmesi yer alır.

Tasarımın Yapısal Özellikleri: Bu iş paketinde, belirlenen boyutsal parametrelere ve verilen görevlere göre İHA'nın genel tasarımının belirlenmesi yer alır.

Kontrol ve Güç Sistemleri Tasarımı: Bu iş paketinde, İHA kontrolcüsünün ve güç bağlantılarının yapılan hesaplamalara uygun olarak tasarımı yer alır.

Uçuş Performans Parametreleri: Bu iş paketinde, İHA'nın sistem testleri ve güç gereksinimlerinin hesaplanması yer alır.

Hava Aracı Maliyet Hesaplama: Bu iş paketinde, İHA'nın belirlenen bileşenlerinin piyasa araştırmalarının ve maliyet hesaplarının yapılması yer alır.

Bileşen Modellerinin Belirlenmesi: Bu iş paketinde, belirlenen görev gereksinimleri ve birbirleriyle uyumlu çalışabilme kriterlerine göre elektronik bileşenlerin modellerinin belirlenmesi yer alır.

Teknik Çizimler: Bu iş paketinde, İHA'nın hazırlanan 3B tasarımlarına göre teknik çizimlerin hazırlanması yer alır.

Yapısal Üretim ve Lojistik: Bu iş paketinde, tasarımı ve maliyeti belirlenen İHA'nın şasi ve gövde üretimi yer alır.

Detaylı Tasarım Raporu Hazırlanması ve Video Gönderimi: Bu iş paketinde, üretimi yapılan İHA ile ilgili Detaylı Tasarım Raporunun ve Uçuş Videosunun hazırlanması, ardından kys.turkiyeteknolojitaakimi.org adresine gönderilmeleri yer alır.

Proje Yönetimi: Bu iş paketinde, İHA ile ilgili gerekli tüm işlerin planlanması ve gerçekleştirilmesi yer alır.

3. DETAYLI TASARIM

3.1 Tasarımın Boyutsal Parametreleri

İHA tasarlanırken ağırlık merkezinin görev mekanizması üzerinde bulunmasına dikkat edildi (Şekil 5).



Şekil 5: Ağırlık Merkezinin Önden Görünümü

No	Parça Adı	Birim Ağırlık (gr)	Adet	Toplam Ağırlık (gr)
1	Şasi	74.9	1	74.9
2	Koruma Kapağı	34	1	34
3	İniş Ayakları	60.8	2	121.6
3	Fırçasız Motor (Emax RS2205)	29	4	116
4	Omnibus F4 Pro V2 Uçuş Kontrolcü	10	1	10
5	4 in 1 ESC (Racerstar REV35)	12	1	12
6	RF Alıcı (FlySky FS-I6AB)	14.9	1	14.9
7	Buzzer	0.65	1	0.65
8	Sigorta	11	1	11
9	Lityum Polimer Batarya (Profuse)	323	1	323
10	Telemetri	19	1	19
11	GPS Modülü (M8N)	5	1	5
12	Görev Mekanizması Motor (SG90)	10	1	10
13	Pervaneler	5.5	4	22
14	Görev Mekanizması (SG90 dahil değildir)	147	1	147
15	Pusula	2	1	2
16	İniş Ayakları Montaj Parçaları	9	4	36
17	Montaj Esnasında Kullanılan Birleştiriciler	100	1	100
17	Toplam			1059.05

Tablo 3: İHA Malzemeleri Ağırlık Tablosu

İHA tasarlanırken kullanılan parçaların İHA'nın ağırlık merkezine olan uzaklıkları Tablo 4'de verilmiştir.

No	Parça Adı	Birim Ağırlık (gr)	X uzaklığı (mm)	Y uzaklığı (mm)	Z uzaklığı (mm)
1	Sağ Ön Motor (Emax RS2205)	29	130.35	61	82.75
2	Sağ Arka Motor (Emax RS2205)	29	130.35	61	82.75
3	Sol Ön Motor (Emax RS2205)	29	130.35	61	82.75
3	Sol Arka Motor (Emax RS2205)	29	130.35	61	82.75
4	Omnibus F4 Pro V2 Uçuş Kontrolcü	10	0	74.6	4
5	4 in 1 ESC (Racerstar REV35)	12	0	64.8	4
6	RF Alıcı (FlySky FS-I6AB)	14.9	0	61.2	23.5
7	Buzzer	0.65	14.8	59	31.8
8	Sigorta	11	0	9.3	83.5
9	Lityum Polimer Batarya (Profuse)	323	0	4	0
10	Telemetri	19	0	68	70.7
11	GPS Modülü (M8N)	5	0	214	16.3
12	Görev Mekanizması Motor (SG90)	10	43	25.3	22
13	Şasi	74.9	0	0	57.5
14	Koruma Kapağı	34	25	59	33.85
15	İniş Ayağı (Sağ)	60.8	88.3	47	54.5
16	İniş Ayağı (Sol)	60.8	88.3	47	54.5
17	Sağ Ön Pervane (5045)	5.5	83.8	76.8	106.5
18	Sağ Arka Pervane (5045)	5.5	83.8	76.8	106.5
19	Sol Ön Pervane (5045)	5.5	83.8	76.8	106.5
20	Sol Arka Pervane (5045)	5.5	83.8	76.8	106.5

Tablo 4 (Verilen Uzaklıklar İHA'nın Ağırlık Merkezine Göre Hesaplanmıştır)

3.2 Tasarımın Yapısal Özellikleri

3.2.1 Gövde, Mekanik Sistemler

İHA şasisinin esnemeyen ve tamir edilebilir bir yapıya sahip olabilmesi için 3 ayrı katman olarak tasarlandı (Şekil 6).



Şekil 6: İHA Şasisinin Katmanlı Yapısı

İHA'nın üzerinde bulunan koruma kapağı hafif ve esnek olması için PLA malzemeden 3B baskı yöntemiyle üretildi. Hafifliğe katkı sağlaması için delikli bir yapıya sahiptir (Şekil 2). Şasi ve ayakların birleşiminde 3D yazıcıdan çıkan PLA destekler ile birleştirildi (Şekil 3). PLA kullanılmasının sebebi, PLA'nın ABS malzemeden daha esnek ve maliyetinin daha düşük olmasıdır.

3.2.2 Aerodinamik Özellikler

İHA üzerindeki motorların ne kadar itki uygulaması gerektiği bir web sitesi üzerindeki itki hesaplama uygulaması ile hesaplandı (2). Hesaplanan veriler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Toplam Ağırlık	1500g
Motor Sayısı	4
Toplam İtki	3000g
Motor Başına Minimum İtki	750g

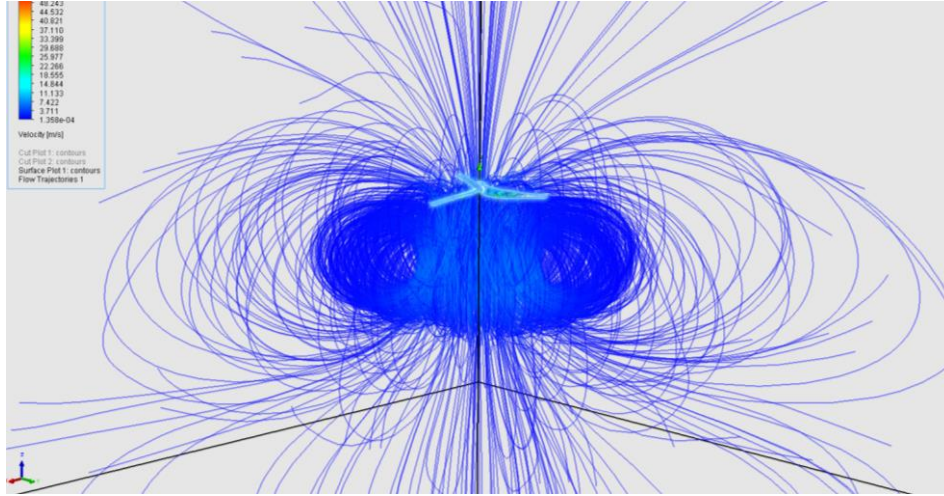
Tablo 5: Kalkış İçin Gerekli Olan Minimum İtki Tablosu

İHA üzerindeki motorlara uygun pervane türü, motor üreticisi firma tarafından yayınlanan belgeler incelendikten sonra “5045 3 Bıçaklı Pervane” olarak belirlenmiştir (3). Bununla ilgili veriler Tablo 6'da gösterilmiştir.

Motor Type	Voltage (V)	Paddle Size	Current (A)	Thrust (G)	Power (W)	Efficiency (G/W)	Speed (RPM)
RS2205-2300KV	12	HQ5045 BN	3	162	36	4.5	10080
			5	236	60	3.93	12070
			7	311	84	3.7	13730
			9.1	374	109	3.42	15100
			11	439	132	3.33	16320
			13	490	156	3.14	17350
			15.3	548	183	2.98	18350
			17.3	611	207.6	2.94	19210
			20.7	712	248.4	2.87	20080
	16	HQ5045 BN	3	183	48	3.81	10790
			5	283	80	3.54	13030
			7.1	352	113.6	3.1	14720
			9.1	426	145.6	2.93	16180
			11	497	176	2.82	17150
			13	560	208	2.69	18460
			15	628	240	2.62	19270
			17	692	272	2.54	20270
			19	754	304	2.48	21060
			21	812	336	2.42	21840
			23.3	878	372.8	2.36	22590
			25.4	936	406.4	2.3	23210
			27.3	997	436.8	2.28	23390
			29.9	1024	478.4	2.14	24560

Tablo 6: Motor-Pervane-İtki Tablosu

Pervane tercih edilirken hava akışkanlık özelliklerine dikkat edilerek aerodinamiğine önem verildi. Bu verilerin elde edilen hava akış simülasyonu Şekil 7'de gösterilmiştir.



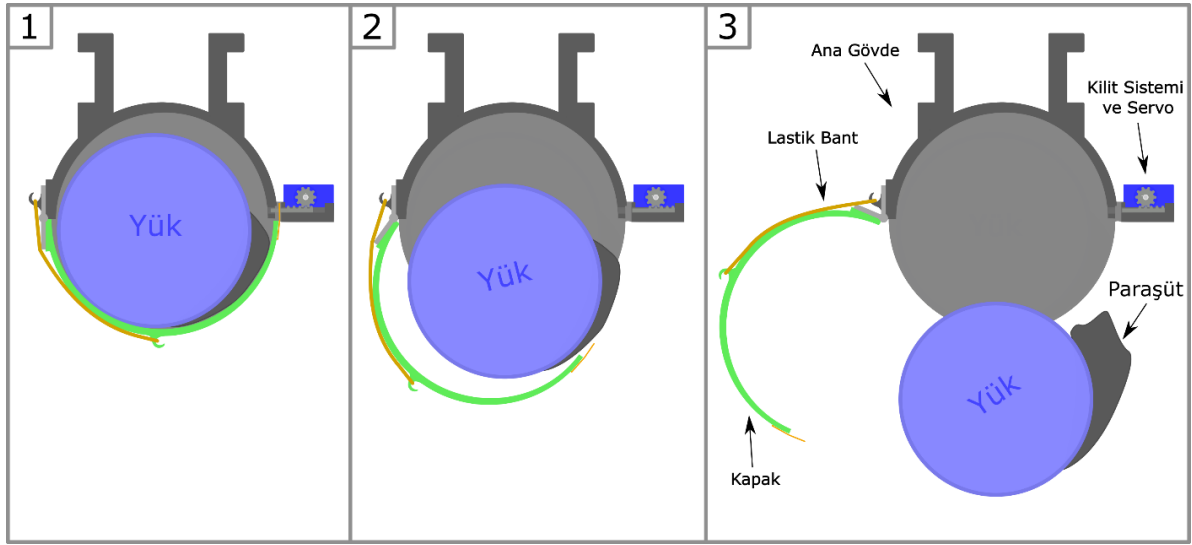
Şekil 7: 5045 Pervanelerin 3B Ortamdaki Hava Akış Simülasyonu

3.2.3 Görev Mekanizması Sistemi

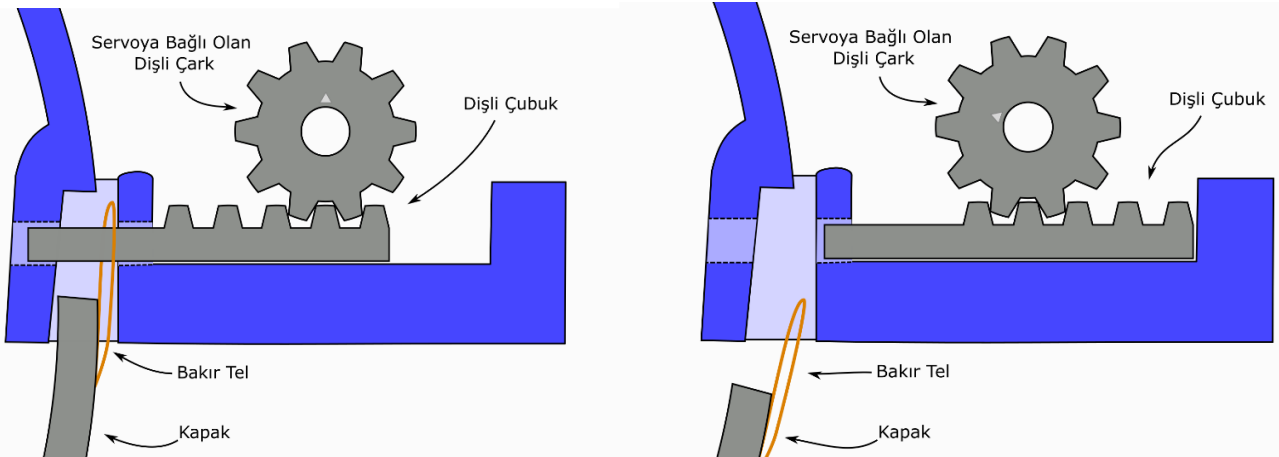
Tasarlanan Görev Mekanizması Sistemi 4 parçadan oluşmaktadır, bunlar: Ana gövde, pimi çekmek için servo motoru, pim ve pim ile kilitlenebilen kapak. Görev mekanizması gövdesi (Şekil 21), görevlerde taşınacak olan 330ml su şişesinin ve paraşütün sığabileceği boyutlarda tasarlandı ve sağlamlığının yeterli seviyede olması dikkate alınarak ağırlığının hafifletilmesi amacı ile birçok yüzey boşluklu olarak tasarlandı. Görev mekanizmasını kullanarak yükün bırakılması istenildiğinde test uçuşlarımızda manuel olarak kullanılan ve yükün yüklenmesi için gerekli olan kumanda kullanılabilir. Ancak biz yarışma esnasında kullanılması planlanan otonom uçuş için, istenilen şartlara ulaştığında uçuş kontrolcünün sinyaliyle görev mekanizması çalıştırılarak yük otomatik olarak bırakılır. Uçuş kontrolcü, yükü ancak önceden belirlediğimiz şartlara ulaştınca bırakır. Bu şartlar şu şekildedir:

- İHA'nın GPS den aldığı enlem ve boylam verileri yarışma alanında bulunan 2x2 metre karelik hedef alanının enlem ve boylam verileriyle örtüşmeli.
- İHA'nın yerden yüksekliği 5 metreden yüksek ve 30 metreden alçakta olmak üzere 7 ila 9 metre arasında olmalıdır.
- İHA'nın hızının yaklaşık 0m/s olması gerekmektedir (Görev Yükünü bırakma anı için).

Yukarıda verilen şartların sağlandığında uçuş kontrolcü, sg90 servo motoruna gerekli frekansta sinyal vererek servo motoruna bağlı olan dişli çarkı istenilen turda döndürmektedir. Dişli çark döndürüldüğünde dişli pim de çarkın döndürülme açısıyla oranla ileri ve geri hareket etmekte. Pim geri çekildiğinde kapağın ucundaki bakır halka, pimden ucundan kurtulduktan sonra kapak serbest hale gelmekte. Bir ucu kapağın arkası, diğer ucu ana gövdeye bağlı olan lastiğin çekme gücü, aynı zamanda da görevde kullanılacak olan 330ml şişenin ağırlığı sayesinde kapak açılmakta, şişe ve ona bağlı olan paraşüt ile İHA'nın hemen altından aşağıya bırakılmaktadır. Mekanizmanın çalışma yöntemi Şekil 8'de bütün olarak, Şekil 9'da ise mekanizmanın kilit sistemi yakından gösterilmiştir.



Şekil 8: Görev Mekanizmasının Çalışma Şekli



Şekil 9: Görev Mekanizmasının Çalışma Şeklinin Yakından Görünüşü

Bu tasarımın kullanılmasına karar kılmadan önce çeşitli tasarımlar gözden geçirildi. Bunlardan bir tanesi kapağa direkt bağlı olup menteşe görevi gören servolar kullanılmaktı, ancak bu tasarım İHA'nın yükselmesi sırasında artacak olan faydalı yükün

ağırlığını kaldırmakta zorlanacağından ve gereksiz enerji israfına neden olacağından pinli sistem ile değiştirildi. Pinli sistem kullanmamızın nedeni kullanacağımız servonun üzerine olabildiğince az yük yüklemek ve kapağın açılmasını garantilemekti, bu yöntem ile aynı zamanda servonun kullanım ömrü uzatılmaktadır. Kapak pinden kurtulduktan sonra ilk olarak kendi ağırlığı ve şişenin ağırlığı sayesinde açılmaya başlamaktadır, ancak açılmakta olan kapak yarım daire şeklinde olduğu için yaklaşık 45° açıldıktan sonra kapağın tamamen açılması için aşağı yönde bir kuvvet değil de, Şekil 9'daki gibi önden bakıldığında sol tarafa doğru bir kuvvet verilmesi gerekmektedir, bizim tasarımımda bu kuvvet kapağın altından ana gövdeye bağlı olan bir paket lastiği tarafından sağlanmaktadır. Bu kuvvet sağlanmaz ise faydalı yük kapağın uç kısmından sekerek gitmesi gereken yönden sapmaktadır. Yük bırakıldıktan sonra yüke bağlı olan paraşüt sayesinde yük istenilen alana makul bir hızda inmektedir. Paraşüt tasarımı seçerken Şekil 11'de verilen Newton'un 2. Hareket Yasasına dayanan bir sürüklenme kuvveti eşitliği kullanılarak, istenilen maksimum iniş hızına uygun bir paraşüt tasarımı yapıldı.

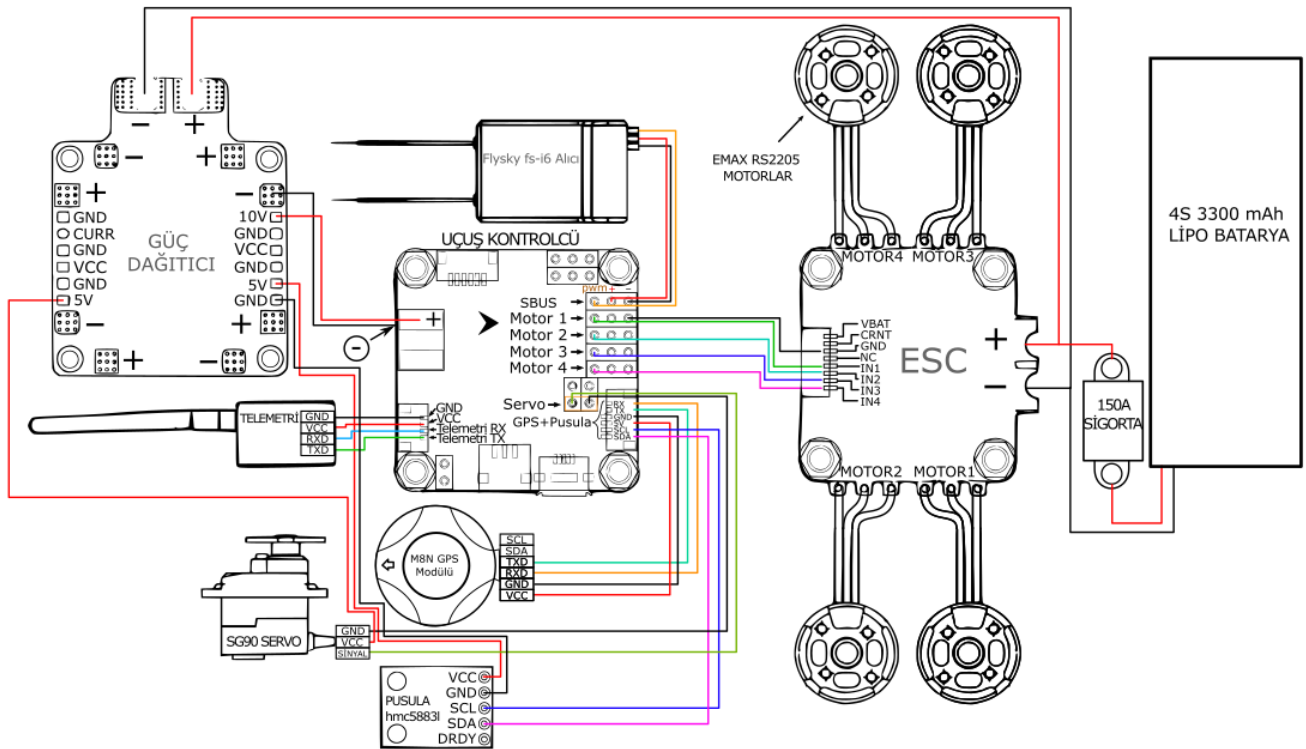
$$v = \sqrt{\frac{2 \times m \times g}{A \times p \times C_d}} = \sqrt{\frac{2 \times (0.35 \text{ kg}) \times (9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}{(0.19 \text{ m}^2) \times (1.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) \times 0.8}} = 6.3 \text{ m/s}$$

Şekil 10: Sürüklenme Kuvveti Eşitliği

Burada v yükün ulaşabileceği maksimum hızı, m yükün ağırlığını, g dünyadaki yerçekimi ivmesini temsil etmekte. A paraşütün yüzey alanı, p hava yoğunluğu, Cd ise sürüklenme katsayısını temsil etmektedir. 330ml plastik su şişesinin 6.3m/s hız ile yere düşmesi ile sonuçlanmıştır. Paraşüt şişenin kapak kısmına bağlı olması ve şişenin dik bir şekilde yere inmesi hedeflenmektedir. Şişenin yan olarak indirilmesi daha geniş bir yüzey alanı sağlayacağından inişi hafifletmekte başarılı olmaktadır. Ancak yan indirildiğinde şişenin en kırılgan ve hassas olan kapak kısmı üzerine düşme olasılığından dolayı dik olarak indirilmesine karar verildi.

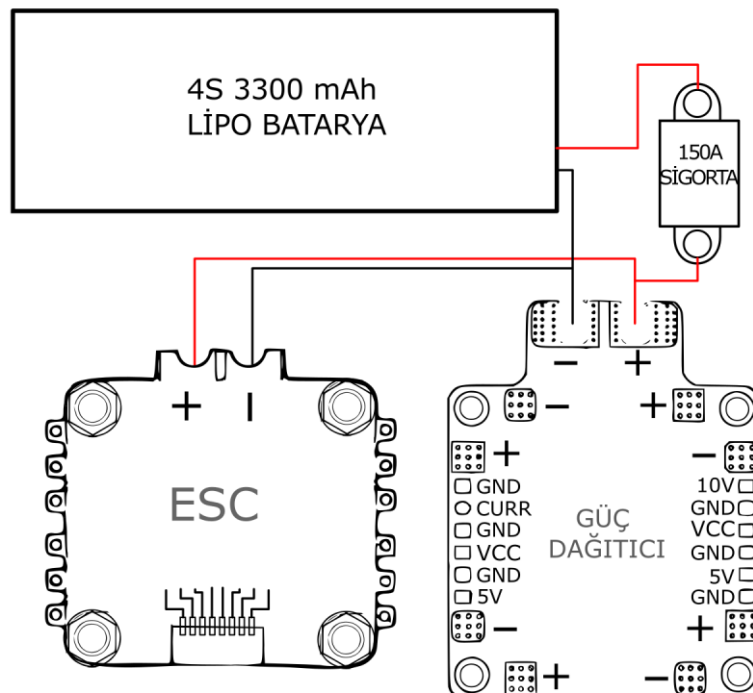
3.2.4 Elektrik Elektronik Kontrol ve Güç Sistemleri Entegrasyonu

İHA'nın elektronik sistem şeması Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11: Elektronik Sistem Şeması

İHA'nın Güç Bağlantı Şeması Şekil 13'de gösterilmiştir.



Şekil 12: Güç Bağlantı Şeması

İHA'nın görevleri gerçekleştirebilmesi için otonom uçuş destekli olması, küçük boyutlu olması, dahili barometre ve ivme ölçer bulundurmasından dolayı Omnibus Markalı F4 Pro V2 model bir uçuş kontrolcü tercih edildi.

Konum bilgisini almak için yüksek hassasiyetli M8N-GPS modülü kullanıldı. Pusula verilerini almak için 3 eksenli HMC5883L pusula modülü tercih edildi.





İHA'nın enerjisini sağlamak için 3300mAh kapasiteli Lityum İyon bir batarya tercih edildi.

Görev mekanizmasının fonksiyonlarını kullanmak için yeterli kuvveti sağlayabilen ve düşük maliyetli olan SG90 Servo Motor tercih edildi.

Sistem, hareketsiz durumdayken 0.14A akım çekmektedir.

3.3 Uçuş Performans Parametreleri






İlk uçuş öncesi yapılan sistem testleri Tablo 7'de verilmiştir.

	Sistem Testi Resmi	Sistem Testi Adı ve Açıklaması	Tamamlanma Durumu
1		Otonom Testi: Mission Planer yazılımı kullanarak İHA'nın görevi uygun şekilde gerçekleştirmesinin test edilmesi	Tamamlandı
2		Görev Mekanizması Testi: İHA'nın Görev Yükünü uygun şekilde bırakabilmesi için gerekli testlerin yapılması	Tamamlandı
3		Yapısal Testler: İHA'nın kaldırabileceği yük ağırlığı ve dış gövdenin dayanıklılık testleri yapılması	Tamamlandı
4		Uçuş Testleri: İHA'nın görev 1 ve görev 2'deki uçuş süresinin ve hızının belirlenmesi için testlerin yapılması ve bataryanın görev 1 ve görev 2'deki kapasite yeterliliğinin test edilmesi	Tamamlandı

Tablo 7: Uçuş Öncesi Yapılan Sistem Testleri

İHA'nın bataryası seçilirken Motorların gerektirdiği Akım ve Voltaj değerleri (Tablo 6) incelendi. Sonuç olarak 4 hücreli 30C 3300mAh değerlerine sahip Lityum Polimer bir batarya kullanılmasına karar verildi.

3.4 Hava Aracı Maliyet Dağılımı

No	Malzeme Resmi	Parça Adı	Birim Fiyatı (TL)	Miktar	Toplam Fiyat (TL)
1		Omnibus F4 Pro V2 Uçuş Kontrolcü	283.91	1	283.91
2		Emax RS2205 2300kv Fırçasız Motor	168.03	4	672.12
3		Racerstar REV35 4 in 1 ESC	736.91	1	736.91
4		FlySky FS-i6 Kumanda	529	1	529
5		FlySky FS-I6AB RF Alıcı	157.53	1	157.53
6		Profuse Lityum Polimer Batarya 4200 mAh	828.68	2	828.68
7		M8N GPS Modülü	293.7	1	293.7
8		Telemetri 915mhz 500mW	519.2	1	519.2
9		Sigorta 150A	31	1	31
10		Buzzer	1.52	1	1.52
11		Sg90 Servo Motor	14.66	1	14.66
12		Gy-271 Pusula	20.28	2	40.56
13		Matek FCHUB-6S Güç Dağıtıcı	139.15	1	139.15
14		5045 3 Bıçak Pervane	6.08	16	97.28
15		CNC Kesim Karbon Fiber Plaka	1133.67	1	1133.67
16		PLA Filament	109	1	109
Toplam					5587.89

Tablo 8: İHA Maliyet Dağılımı

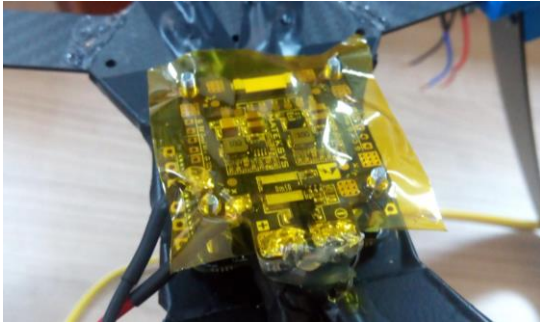
4. PROTOTİP ÜRETİM SÜRECİ

4.1 İHA İmalat ve Montaj Süreci

İHA'nın imalatından önce tasarlanan şasi ve iniş ayakları CNC kesim yöntemiyle karbon fiber malzemeden üretildi (Şekil 1). Şasi ile iniş ayaklarını birleştirmek için tasarlanan ayak tutucularını, görev mekanizmasını, kart ve devrelerin hasar görmemesi için tasarlanan koruma kapağı PLA malzemeden 3B baskı yöntemiyle üretildi. Birleşme noktaları metal somunlar ile birleştirildi.

4.2 İHA Elektrik Elektronik Entegrasyon Süreci

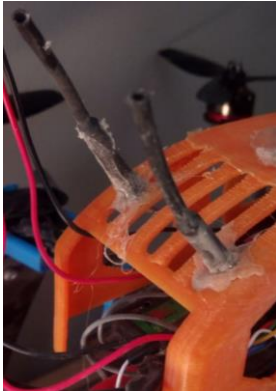
İlk olarak kabloların uygun bağlantı şekilleri ve yerleştirilmesi gereken yerler planlandı ve soketler uygun yerlere yerleştirildi. Bu hazırlıklarda kabloların bağlantıları lehim ile sağlamlaştırıldı ve elektrik bandı ile yalıtıma katkı sağlandı. Yalıtımı arttırmak için termal bant kullanıldı (Şekil 13). Metal somunlar yerine plastik somunlar kullanıldığı için istenmeyen kısa devrelerin önüne geçildi (Şekil 14). Kumanda alıcısının antenleri sinyal akışını engellemek için kasanın dışına yerleştirildi (Şekil 15). Bataryayı sabit tutmak için cırt cırtl bant ile sabitlendi ve olası bir kazada zarar görmesini önlemek amacıyla balonlu naylon yerleştirildi (Şekil 16).



Şekil 13: Termal Bandın Kullanımı



Şekil 14: Plastik ve Metal Somunlar














Şekil 15: Alıcı Anteni Konumlandırması



Şekil 16: Bataryanın Cırt Cırtl Bant ile Sabitlenmesi

4.3 İHA Montajı ve Genel Kontroller

	Malzeme Resmi	İş Paketleri	Tamamlanma Durumu
1		Şasinin ve iniş ayaklarının 3B tasarımlarının yapılıp siparişlerinin verilip teslim alınması	Tamamlandı
2		Görev mekanizması, üst kapak ve ayak tutucuların tasarlanıp 3B yazıcıdan baskısının alınması	Tamamlandı
3		Ayak tutucular ile şasi ve iniş ayaklarının metal somunlar ile sabitlenmesi	Tamamlandı
4		ESC, uçuş kontrol ve güç kontrol kartlarının gövdeye plastik somunlar ile sabitlenmesi ve kartların kablo bağlantılarının yapılması	Tamamlandı
5		Görev mekanizmasına servo motorun yerleşiminin yapılması ve ardından gövdeye sabitlenmesi	Tamamlandı
6		Motorların şasiye sabitlenmesi ve ESC bağlantısının yapılması	Tamamlandı
7		Şasiye telemetrinin sabitlenmesi ve uçuş kontrol kartına bağlantısının yapılması	Tamamlandı
8		Koruma kapağına GPS ve pusula modülünün sabitlenmesi ve uçuş kontrol kartına bağlantısının yapılması	Tamamlandı
9		Koruma Kapağının montajının yapılması	Tamamlandı
10		Batarya cırt cırtlı bant ile görev mekanizması ve gövde arasına sabitlenmesi	Tamamlandı
11		Bataryanın sigorta ile bağlantısının sağlanması	Tamamlandı
Tüm Kontroller Yapıldı ve İHA ilk uçuşa hazır hale getirildi.			

Tablo 9: İHA Montajı Kontrol Listesi

4.4 Üretim İş Zaman Çizelgesi Planlanan ve Gerçekleşen

Üretim İş Zaman Çizelgesi Tablo 10'da gösterilmiştir.

İş Paketi No	Üretim İş Paketi Adı	Kimler Tarafından Yapılacağı	Aylar														
			Mayıs				Haziran				Temmuz						
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5		
1	Şasinin Üretimi	FURKAN KİRAZ															
2	Ayak Tutucuların Üretimi	FURKAN KARAKETİR															
3	Görev Mekanizmasının Üretimi	FURKAN KARAKETİR HALİT BAŞBUĞ															
4	Koruma Kapağı Üretimi	HALİT BAŞBUĞ															
5	Ayak Tutucuların Montajı	FURKAN KİRAZ															
6	Elektronik Bileşenlerin Montajı	HALİT BAŞBUĞ FURKAN KARAKETİR															
7	Koruma Kapağı ve Görev Mekanizmasının Montajı	FURKAN KARAKETİR HALİT BAŞBUĞ															
8	Prototipin Oluşturulması ve İlk Uçuşa Hazır Hale Getirilmesi	TÜM TAKIM ÜYELERİ															

Planlanan

Gerçekleşen

Tablo 10: Üretim İş Zaman Çizelgesi

Üretim İş Paketi Tanımları

Şasinin Üretimi: Bu iş paketinde, dijital ortamda 3B olarak tasarlanan İHA şasisinin CNC kesim yöntemiyle karbon fiber plakalardan üretilmesi yer alır.

Ayak Tutucuların Üretimi: Bu iş paketinde, dijital ortamda 3B olarak tasarlanan ayak tutucularının 3B Baskı yöntemiyle üretilmesi yer alır.

Görev Mekanizmasının Üretimi: Bu iş paketinde, dijital ortamda 3B olarak tasarlanan Görev Mekanizmasının 3B Baskı yöntemiyle üretilmesi ve mekanik kısımlarının yerleştirilmesi yer alır.

Üst Kapak Üretimi: Bu iş paketinde, dijital ortamda 3B olarak tasarlanan koruma kapağının 3B Baskı yöntemiyle üretilmesi yer alır.

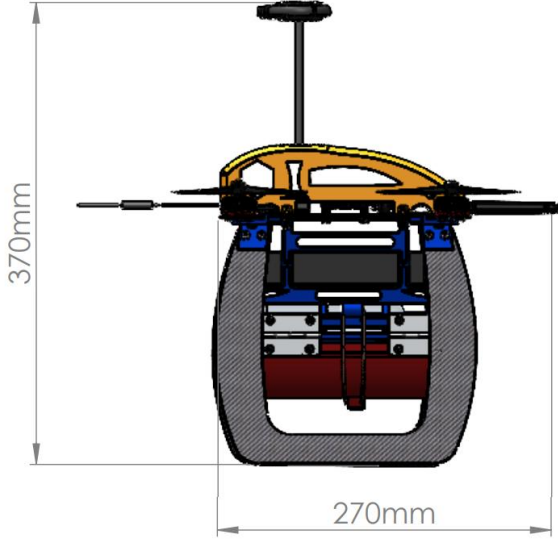
Ayak Tutucuların Montajı: Bu iş paketinde, üretilen ayak tutucularının metal somun ve vida kullanılarak şasiye montajı yer alır.

Elektronik Bileşenlerin Montajı: Bu iş paketinde, belirlenen elektronik bileşenlerin şasiye montajı ve elektronik bileşenlerin kablo bağlantılarının yapılması yer alır.

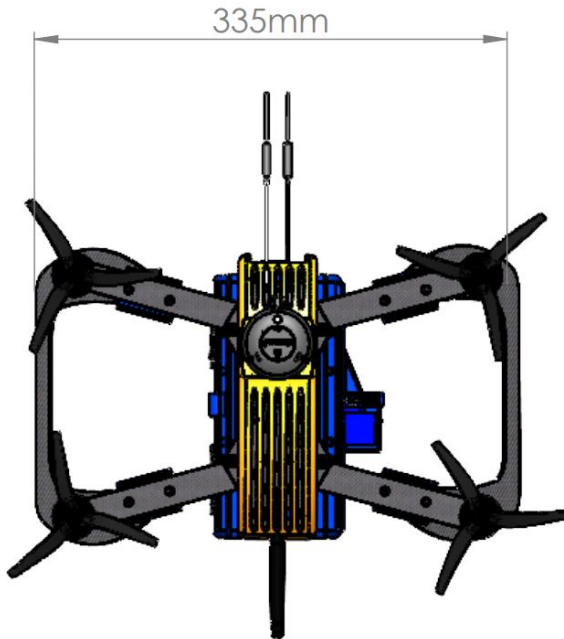
Koruma Kapağı ve Görev Mekanizmasının Montajı: Bu iş paketinde, Koruma Kapağı ve Görev Mekanizmasının şasiye metal somun ve vida kullanarak montajı yer alır.

Prototipin Oluşturulması ve İlk Uçuşa Hazır Hale Getirilmesi: Bu iş paketinde; İHA'nın gövde montajı, kablo bağlantıları ve ilk uçuş öncesi yapılan güvenlik testleri yer alır.

5. TEKNİK ÇİZİMLER

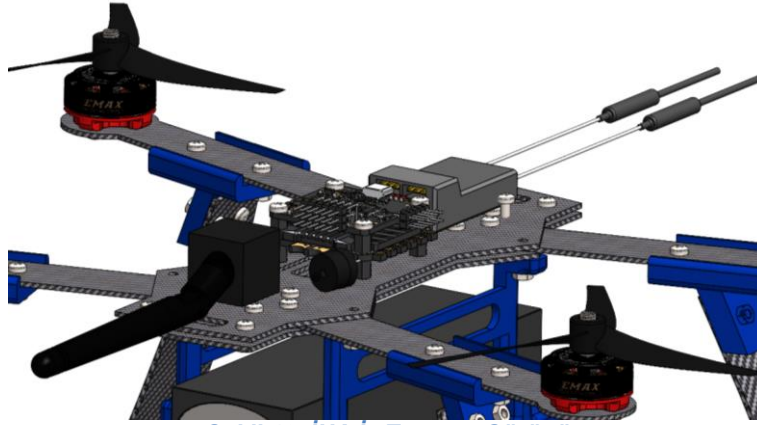


Şekil 17: İHA Tasarımının Sağdan ve Önden Görünümü

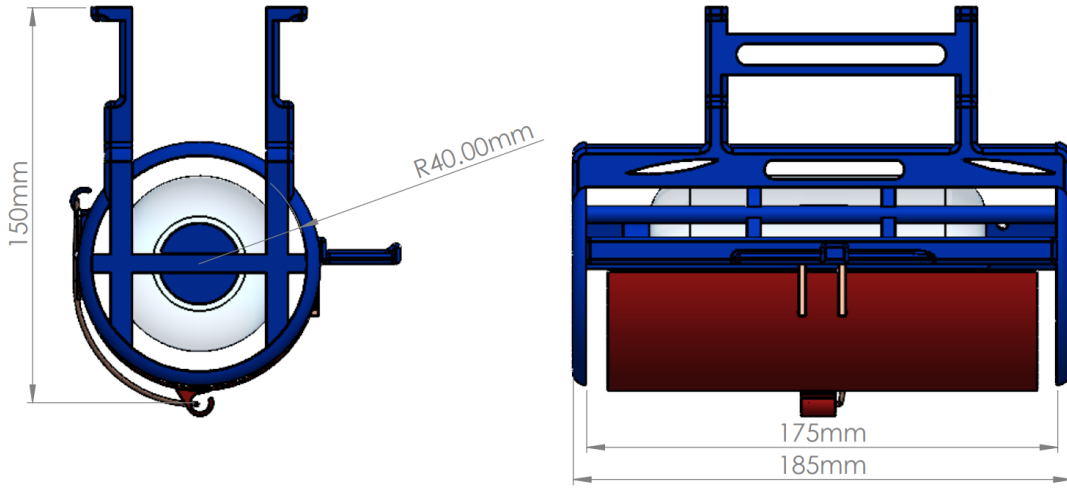


Şekil 18: İHA Tasarımının Üstten ve Perspektiften Görünümü

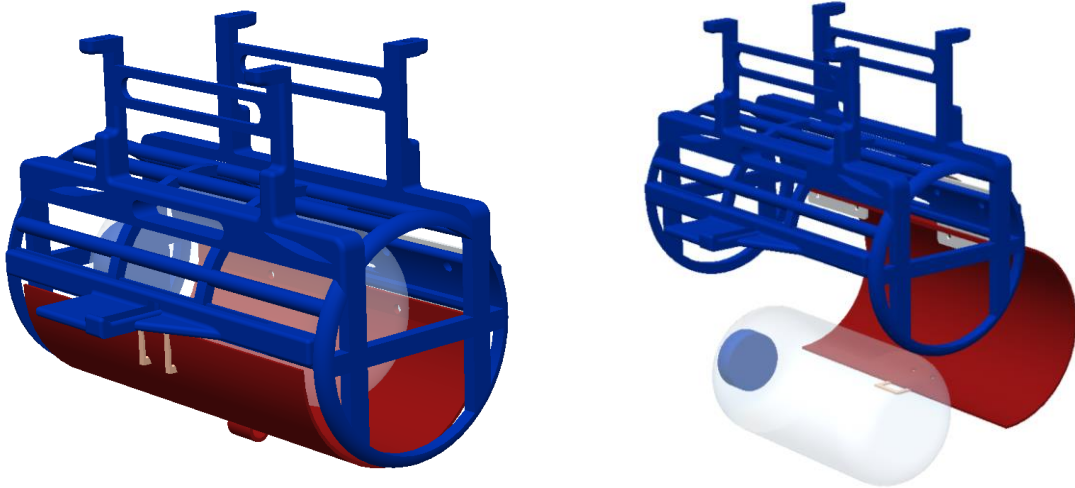




Şekil 19: İHA İç Tasarım Görünü



Şekil 20: Görev Mekanizması Tasarım Boyutları



Şekil 21: Görev Mekanizması Tasarımı Açık ve Kapalı Halleri

6. KAYNAKÇA

1. TEKNOFEST (2021). Liselerarası İnsansız Hava Araçları Yarışması Etkinlik Kuralları 2021, erişim tarihi: 29.07.2021,
<https://www.teknofest.org/upload/diger/Lise%20%C4%B0HA%20Kurallar%20Kitap%C3%A7%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2.03.2021.pdf>
2. OMNI CALCULATOR (2021), Drone Motor Calculator, erişim tarihi: 29.07.2021,
<https://www.omnicalculator.com/other/drone-motor>
3. EMAX (2021), RS2205 RaceSpec Motor, erişim tarihi: 29.07.2021,
<https://emaxmodel.com/products/emax-rs2205-racespec-motor-cooling-series>