

T. C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAĞ İLAÇLAMA UYGULAMALARI İÇİN BİR DRONE
TASARIMI, İMALATI VE PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

Sercan EZİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

DIYARBAKIR

Temmuz-2021

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Sercan EZİN tarafından yapılan “Bağ İlaçlama Uygulamaları için Bir Drone Tasarımı, İmalatı ve Performansının Belirlenmesi ” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Abdullah SESSİZ

Üye : Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN

Üye : Doç. Dr. Ahmet Konuralp ELİÇİN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 30/07/2021

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../.....

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

İlk olarak farklı bir alanda lisans eğitimimi tamamlamama rağmen, tez konumu seçerken ve bütün çalışmalarım boyunca, bilgilerini, tecrübelerini ve zamanını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan, ve bu alandaki eksiklerimi gidermek için mesleki deneyim ve manevi destekleri ile bana yol gösteren tez danışmanım

Sayın Prof. Dr. Abdullah SESSİZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübeleri ile yardımlarını esirgemeyerek

bana destek olan saygıdeğer hocalarım;

Doç. Dr. A. Konuralp ELİÇİN'e,

Dr. Öğr.Üyesi Reşat ESGİCİ'ye,

Dr. Öğr. Üyesi F.Göksel PEKİTKAN'a ve

Dr. Öğr. Üyesi M.Murat TURGUT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Başta babam Süleyman EZİN ve annem Simensa EZİN olmak üzere tüm hayatım boyunca benden maddi manevi desteklerini esirgemeyerek daima yanımda olan saygıdeğer ve sevgili aileme ve tez süresi boyunca sayısız başarısız denemelerde bana moralen çok destek olan eşim Şeyma EZİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında benden yardımlarını esirgemeyen sevgili

Arkadaşım Ebuzer CENGİZ ve kardeşim Piroz EZİN'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	III
ABSTRACT	V
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	VII
KISALTMA VE SİMGELER	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Seçiliş Amacı	6
2. KAYNAK ÖZETLERİ	9
3. MATERYAL VE METOT	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Huş Kontrplak Malzeme ve Lazer Kesimi	19
3.1.2. Batarya	28
3.1.3. Uçuş Kontrol Kartı (Pixhawk)	29
3.1.4. Güç Dağıtım Kartı	30
3.1.5. GPS Konumlama Sistemi	31
3.1.6. Motor Sürücü Modülü (ESC)	32
3.1.7. Radyo kumanda alıcı ve verici modülü	32
3.1.8. İlaçlama Pompası ve Püskürtme Memeleri	34
3.1.9. Elektronik Sistemin Dizilimi	34
3.2. Metot	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	47
6. KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ÖZET

BAĞ İLAÇLAMASINDA KULLANILABİLECEK BİR DRONE TASARIMI, İMALATI VE PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sercan EZİN

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2021

Bu çalışmada yer araçlarının rahatlıkla giremediği bağ alanlarının ilaçlama ve gübrelemesini havadan yapabilecek bir dronun tasarımı, imalatı ve farklı uçuş koşullarında performansının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda açık kaynak yazılım programından yararlanarak 6 motorlu ve çoklu rotor sistemine sahip (Hexacopter) bir dron tasarlanarak imalatı tarafımızdan yapılmıştır. Teknik ölçülere göre lazer kesimi yapılan dronun ana gövdesini oluşturulduktan sonra bu gövde üzerine uçuş ve ilaçlama için gerekli organların montajını yapılarak imalat süreci tamamlanmış olup uçuşa hazır hale gelmiştir. Bu drone 20 km menzile ve 10 lt depo kapasitesine sahiptir. GPS Koordinatları verilerek manuel veya otomatik olarak belirtilen tarla, bağ veya farklı alanlarda püskürtme veya ilaçlama yapma özelliğine sahiptir. Araç takibi drone üzerine monte edilen kameradan 640x480 çözünürlükte dijital olarak radyo dalgaları üzerinden kumandaya iletilmektedir. Kumandaya TYPE-C veya Micro USB kablo yardımı ile cep telefonu, tablet, bilgisayar üzerinden canlı olarak görüntü aktarımı sağlanmaktadır. Aracın anlık uçuş verileri; irtifa, hız, yükseklik, batarya bilgisi, kalkış mevkiine olan uzaklığı, gibi genel parametrelerin hesaplanması için tarafımızca bu işe özel olarak kodlanan, açık kaynak kodlu Arducopter yazılımından faydalanılmıştır. Bu yazılım ile belirtilen tüm veriler 20 Km menzil kapasitesine sahip olup aynı şekilde bilgisayar, Android tabanlı cep telefonu, tablet gibi cihazları yer istasyonu olarak kullanımına olanak sağlamaktadır.

Uçuş denemeleri Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait bağ alanlarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerde iz maddesi ve kalıntı miktarını ölçmek için suya duyarlı kağıtlar ve filtre kağıtlar kullanılmıştır. Denemelere başlanmadan önce bu kağıtlar asmanın üst, orta ve alt kısmına yerleştirilmiştir. Daha sonra püskürtülme denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemeler 0.5 m/s, 1.00 m/s ve 2 m/s uçuş hızında ve 30 cm, 60 cm ve 90 cm gibi farklı yükseklikte ve üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Her uçuş denemesi sonucunda asma ağacının farklı noktalarına yerleştirilen kağıtların iz maddesi birikim miktarları spektrofotometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Suya duyarlı kağıtlar ise tarayıcıdan taratılarak fotoğraf olarak dijital ortama alınması sağlanmıştır. Daha sonra MATLAB programında oluşturulan görüntü işleme yazılımı yardımıyla bu fotoğraflar analiz

edilmiş, damlaların filtre kağıtlarında kapladığı alan ölçülerek elde edilen değer % orana dönüştürülerek kaplama oranı değerleri bulunmuştur.

Uçuş denemelerinin sonuçlarına göre iz maddesi birikim miktarları bitkinin üst bölgelerinde daha fazla bulunmuş olup, alt bölgelere inildikçe birikim miktarları azalış göstermiştir. Genel olarak bütün ilerleme hızlarında en iyi iz maddesi birikim miktarı 30 cm uçuş yüksekliğinde elde edilmiştir. 0.5 m/s uçuş hızında bitki içindeki birikim miktarı $24-25 \mu\text{gcm}^{-2}$ iken bu değer 60 cm yükseklikte $20-21 \mu\text{gcm}^{-2}$ ve 90 cm uçuş yüksekliğinde $20 \mu\text{gcm}^{-2}$ 'e düşmüştür. Dolayısıyla 0.5 m/s ilerleme hızında elde edilen en düşük birikim miktarı ise 90 cm yükseklikten yapılan denemelerde gerçekleşmiştir. Kalıntı birikim miktarım 2 m/s'lik uçuş hızında ve 90 cm yükseklikteki değeri 0.5 m/s'lik hıza göre yarıya düşmüştür. Tüm uçuş hızlarında ve yüksekliklerinde en fazla kalıntı miktarı asmanın üst kısımda oluşurken alt bölgeye doğru bu oran azalmıştır. Püskürtme yüksekliğinin artmasının, damlacıkların bitki içine penetrasyonunu da olumsuz anlamda etkilediği sonucuna varılmıştır. Düşük hızlarda birikim miktarının daha iyi olduğu, hız arttıkça bitki içi birikim miktarının pervanelerin yarattığı hava akımından dolayı azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Drone, Tasarım, İmalat, İlaçlama, Bağcılık, Hassas Tarım,

ABSTRACT

DESIGNING AND MANUFACTURING OF DRONE FOR VINEYARD SPRAYING APPLICATIONS AND DETERMINING IT'S PERFORMANCE

Master THESIS

Sercan Ezin

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES
ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2021

In this study, it is aimed to design, manufacture and determine the performance of a drone that can spray and fertilize vineyard areas where ground vehicles cannot easily enter from the air.

For this purpose, a drone with 6 motors and a multi-rotor system (Hexacopter) was designed and manufactured by using open source software program. After the main body of the drone, which was laser cut according to technical dimensions, was formed, the necessary organs for flight and spraying were assembled on this body, and the manufacturing process was completed and it became ready for flight. This drone has a range of 20 km and a storage capacity of 10 liters. It has the feature of spraying or spraying in fields, vineyards or different areas specified manually or automatically by giving GPS coordinates. Vehicle tracking is transmitted from the camera mounted on the drone to the controller digitally at 640x480 resolution via radio waves. With the help of TYPE-C or Micro USB cable to the remote, live image transmission is provided via mobile phone, tablet, computer. Instant flight data of the vehicle; In order to calculate general parameters such as altitude, speed, altitude, battery information, distance to the take-off site, open source Arducopter software, specially coded for this work, was used. All data specified with this software have a range of 20 Km, and it also allows devices such as computers, Android-based mobile phones and tablets to be used as ground stations.

Flight trials were carried out in the vineyard areas of Dicle University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture. In the experiments, water sensitive papers and filter papers were used to measure the amount of trace substance and residue. These papers were placed in the upper, middle and lower parts of the vine before the trials were started. Spraying experiments were then carried out. The trials were carried out at 0.5 m/s, 1.00 m/s and 2 m/s flight speeds and at different heights such as 30 cm, 60 cm and 90 cm and with three replications.

As a result of each flight trial, the amount of trace matter accumulation of the papers placed at different points of the vine tree was measured using a spectrophotometer device. Water sensitive papers were scanned from the scanner and transferred to digital media as photographs. Then, these photographs were analyzed with the help of the image processing software created in the MATLAB program, and the coverage ratio values were found by converting the value obtained by measuring the area occupied by the drops on the filter papers to %.

According to the results of the flight trials, the accumulation amounts of trace material were found to be higher in the upper regions of the plant, and the accumulation amounts decreased as the lower regions descended. In general, the best amount of trace material deposition at all travel speeds was obtained at 30 cm flight altitude. While the amount of accumulation in the plant at 0.5 m/s flight speed was 24-25 μgcm^{-2} , this value decreased to 20-21 μgcm^{-2} at 60 cm height and 20 μgcm^{-2} at 90 cm flight height. Therefore, the lowest accumulation amount obtained at 0.5 m/s feed rate was realized in the trials made from a height of 90 cm. The amount of residue accumulation was halved at a flight speed of 2 m/s and at an altitude of 90 cm compared to a speed of 0.5 m/s. At all flight speeds and heights, the highest amount of residue was formed in the upper part of the vine, while this ratio decreased towards the lower region. It was concluded that the increase in the spray height also negatively affected the penetration of the droplets into the plant. It has been observed that the amount of accumulation is better at low speeds, and as the speed increases, the amount of accumulation in the plant decreases due to the air flow created by the propellers.

Key Words; Drones, vineyard, uav, spray, fertisiler, autonom.

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. GPS modülü teknik özellikleri	31
Çizelge 3.2. Kumanda (dümenleme) ve alıcının teknik özellikleri	34



ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Multispektral kamera ile bitki durumu analizi	16
Şekil 3.1. Huş ağacından yapılmış kontrplak malzeme	19
Şekil 3.2. Huş kontrplak malzemenin CNC lazer ile kesimi	20
Şekil 3.3. 6 ve 5 nolu drone kollarının sağ ve sol kısımları	21
Şekil 3.4. 2 ve 4 nolu drone kollarının sağ ve sol kısımları	22
Şekil 3.5. İniş takımı	23
Şekil 3.6. 2 ve 3 nolu kolların alt, 4 nolu kolun üst kısmı ile motor bağlantı parçaları	24
Şekil 3.7. 5 ve 6 nolu kolların alt, 3 nolu kolun üst kısmı ile motor bağlantı parçaları	25
Şekil 3.8. 1,2 ve 6 nolu kolların üst kısmı	26
Şekil 3.9. Orta alt göbek, yedek iniş takımı ve ilaçlama ekipmanları	27
Şekil 3.10. Kesimi yapılan parçaların adım adım montajı	28
Şekil 3.11. Montajı yapılan dronun 3 boyutlu görüntüsü	28
Şekil 3.12. Samsung ICR18650-30A tipi şarjlı pil	29
Şekil 3.13. Uçuş Kontrol Kartı (Pixhawk 4)	29
Şekil 3.14. Güç dağıtım kartı ve motora bağlantısı	30
Şekil 3.15. GPS konumlama modülü	31
Şekil 3.16. Motor sürücü modülü (ESC)	32
Şekil 3.17. Radyo kumanda alıcı ve verici modülü	32
Şekil 3.18. Skydroid T12 model, 12 kanallı radyo alıcı	33
Şekil 3.19. Skydroid radyo alıcısı veri alışverişi bağlantısı ve yer istasyonuna bilgi aktarması için uçuş kontrol kartına bağlantısı	33
Şekil 3.20. İlaçlama pompası ve püskürtme memeleri	34
Şekil 3.21. Drone üzerinde yer alan elektronik bileşenlerin bağlantı diyagramı	35
Şekil 3.22. Montajı ve elektronik bağlantıları yapılmış dronun genel görüntüsü	36
Şekil 3.23. Montajı ve elektronik bağlantıları yapılmış uçuşa hazır dronun genel görünümü	36
Şekil 3.24. Drone üzerindeki kanatlar	37
Şekil 3.25. Deneme alanı ve yerleştirilen kağıtların görünümü	38
Şekil 3.26. Çalışma esnasındaki görüntüler	38
Şekil 3.27. Plastik kaplar, spektrofotometre ve çalkalayıcı	39
Şekil 4.1. 0.5 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları	41

Şekil 4.2 1 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları	42
Şekil 4.3. 2 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları	43
Şekil 4.4. 0.5 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen kaplama oranı değerleri	44
Şekil 4.5. 1 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen kaplama oranı değerleri	45
Şekil 4.6. 2 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen kaplama oranı değerleri	45



KISALTMA VE SİMGELER

12s10p	: 12 Seri 10 paralel
6s10p	: 6 Seri 10 paralel
A	: Amper
C	: Santigrat
C	: Santigrat
ESC	: Elektronik hız kontrolörü
GHZ	: Giga hertz
Gr	: Gram
İHA (Drone)	: İnsansız hava aracı (İHA) olarak bilinen dronlardır.
KM	: Kilometre
M1	: Motor 1
M2	: Motor 2
M3	: Motor 3
M4	: Motor 4
M5	: Motor 5
M6	: Motor 6
mA	:Mili amper
mAh	: Mili amper saat
RAM	: Okunabilir bellek
V	: Volt

1. GİRİŞ

Bağcılık; neolitik çağlardan günümüze kadar Yukarı Mezopotamya'nın coğrafyasında yer alan Güneydoğu Anadolu Bölgesi için önemli tarımsal faaliyet olmuştur. Bölgenin toprak ve iklim koşullarının bağcılık için uygun olması nedeniyle hemen hemen bölgede yer alan tüm ilerde bağcılık yapılmaktadır. Ancak, bağcılık faaliyetlerinin ve üzüm üretimin en yoğun yapıldığı il Diyarbakır'dır. Diyarbakır ili bağ üretim alanları bakımından yıllara göre dalgalanmalar göstermekle birlikte genellikle Türkiye'de yedinci sırada yer almaktadır. TÜİK (2019) yılı verilerine göre toplam 196.939 dekar (da) bağ alanının 147.835 da sofralık çekirdekli, 29.780 kurutmalık çekirdekli, 153 da sofralık çekirdeksiz ve 19.171 da'lık alanda şaraplık üzüm yetiştirilmektedir.

Diyarbakır'da da bağcılık özellikle Dicle, Eğil, Ergani, Çermik ve Çüngüş ilçelerinin dağlık kesimlerde ve küçük üretim alanlarına sahip çoğu ailenin temel geçim kaynağını oluşturmaktadır. Son yıllarda devlet tarafından sağlanan bazı hibe destekleri sayesinde daha modern ve mekanizasyona uygun yeni dikim alanları artmaktadır. Dolayısıyla, üzüm bölge ve ilin ekonomisi için önemli bir üründür ve olmaya devam edecektir. Bağcılık faaliyetinin ana ürünü olan üzüm, yaş olarak sofralık tüketim dışında kuru üzüm, pekmez, pestil, sucuk, üzüm suyu ve şarap gibi çok farklı ürünlere işlenerek değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gerek beslenmede gerek ticari olarak daima önemli ve değerli bir ürün olmuştur. Durum böyle olmasına rağmen, Diyarbakır'ın üzüm bağlarında geleneksel üretim yöntemleri hakimdir. Neredeyse traktörle yapılacak işlerin tümü insan el emeğine dayalı olarak yapılmaktadır. Bu yüzden, bağ yetiştiriciliğinde toprak işleme uygulamalarından hasat sonrası aşamasına kadar mekanizasyon araçlarının kullanımı oldukça azdır. Küçük üretim alanlarında toprak işleme hayvan pulluğu ile yapılırken daha büyük ve yeni bağ üretim alanlarında traktörle çalıştırılan toprak işleme alet ve makinaları kullanılmaktadır. Geriye kalan sulama, gübreleme, ilaçlama, budama, budama atıklarının uzaklaştırılması ve hasat gibi diğer önemli işlerin hemen hemen tümü işçilerle ile basit el aletleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu yüzden de ürün verimi düşük kalmaktadır.

FAO (2019) göre Dünya nüfusunun sürekli arttığı ve 2050 yılında bu artış hızıyla nüfusun 10 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. Nüfus artışının yanı sıra, küresel ısınma,

yağışların düzensizliği ve buna bağlı olarak su kaynaklarının azalması, çölleşme, fosil yakıt enerjisinin azalması, biyo-çeşitliliğin giderek kaybolması, tarım arazisi ve ormanların farklı amaçlar için kullanılması ve giderek yok olması, çevre kirliliği ve ekolojik tahribat ile tüm bunların bir sonucu olarak yetersiz gıda üretimi toplumları tehdit eden en önemli sorunlar olarak görülmektedir (FAO., 2019; Sessiz ve ark., 2020). İnsan ve doğa üzerinde tehdit oluşturan çok sayıdaki bu olumsuz faktörler göz önüne alındığında mevcut kaynaklarla toplumların beslenme ihtiyaçlarının karşılanması gittikçe zorlaşmaktadır. Özellikle toplumların nüfus artış hızıyla 2050 yılında mevcut gıda üretiminin en az iki katına ihtiyaç duyulacaktır. Bu yüzden üreticilerin faaliyetlerini sürdürebilmesi için gelirini artıracak tarımsal teknolojiye dayalı yöntemleri kullanmaları gerekmektedir. Bunun için çiftçilere çevreye ve toprağa zarar vermeden birim alandan olanaklar dahilinde minimum girdi ile yeterli ve karlı bir üretimi yapabilecekleri yöntem ve ekipmanları sunmak zorundayız. Bunu sağlamak için klasik yöntemlere alternatif olabilecek teknoloji ürünü olan tarımsal teknolojilerin kullanılmasına ihtiyaç vardır. Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojileri tarımın karşılaştığı sorunların ele alınmasında önemli roller oynamaktadır. Artan, dünya nüfusunu beslemenin anahtarı da bilgi ve iletişim teknolojisinin kullanımına bağlıdır. Nitekim son dönemlerde hassas tarım olarak adlandırılan bilişim teknolojisinin tarımın farklı alanlarındaki uygulamaları gittikçe yaygınlaşmaktadır (Mattese, 2020). Özellikle, etkin ilaç ve gübre uygulanması için hava araçlarının kullanımı hassas tarım kapsamında gittikçe arttığını görmekteyiz.

Hassas tarım, girdi kullanımının azaltılması konusundaki baskılar altında, geliştirilmiş bilgi ve kontrol sistemlerinin kullanımıyla etkinliğin artırılması sayesinde kaynak israfının önüne geçmeyi, ürünün brüt getirisini artırmayı ve üretimden kaynaklanan çevresel kirliliği en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Hassas tarım teknikleri, mekanizasyon açısından toprak işlemeden hasada kadar bitkisel üretimin hemen her döneminde kullanılabilmektedir. Uygulamada toprak analizi, toprak işleme, ekim, gübreleme, sulama, ilaçlama, verim tespiti, ürün koşullarını izleme ve hasat işlemlerinin daha etkin bir şekilde yerine getirilmesinde bu tekniklerden yararlanılabilmektedir (Vatandaş ve ark., 2005; Keskin ve Görücü., 2012; Türkseven ve ark.,2016). Tarımda kullanımı gittikçe popüler olan teknolojilerden bir tanesi insansız hava aracı (İHA) olarak bilinen dronlardır. Drone; üzerlerinde bir pilot bulunmaksızın kumanda aracılığıyla operatör tarafından kontrollü veya yer istasyonundan programlanabilen sürekli veya belli

bir süre uçurulan bir hava aracıdır. Özellikle, tarım uçaklarının kullanımının yasaklanmasıyla birlikte ilaçlama amaçlı insansız hava araçları olan droneler yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır. Dronlarla havadan tek uçuşla yüzlerce hektar büyüklükteki tarladan yüksek çözünürlükte görüntüler alınabilmektedir.

Dronların tarımda bilgi sağlayan faaliyetlerde kullanılmasının yanı sıra, gelecekte tarım makinelerinin bir parçası olabileceğini de göstermektedir. Ürün deseni değişikçe ve arazi büyüklüğü artıkça ihtiyaçlar doğrultusunda mekanizasyon araçları da daha akıllı hale gelmektedir. Örneğin klasik mekanizasyon araçlarıyla toprağın her noktasına eşit miktarda gübre ve ilaç uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulamalarla gübre, ilaç ve su kullanımının ve maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Oysa toprağın her noktasındaki besin ihtiyacı, zararlı oranı ve su ihtiyacı farklıdır. İhtiyaç üretimin yapıldığı alanın bazı noktalarda daha az bazı noktalarda daha fazladır. Artık günümüzde akıllı tarım uygulamalarıyla toprağın her noktasında ihtiyaç duyulan miktarda besin maddesi, ilaç ve suyu uygulayabilen yeni nesil olarak adlandırılan akıllı araçlar geliştirilmekte ve tarımda kullanılmaktadır. Bu araçlarla toprağın veya bitkinin ihtiyaç duyulduğu yerde, zamanında, istenilen miktarda ve doğru yöntemlerle gübre, ilaç ve sulama ihtiyacı sağlanmaktadır. Bununla aşırı kullanılan gübre, ilaç ve su miktarının azaldığından hem üretim maliyetleri azalmakta hem de çevrenin zarar görmesi engellenmektedir. Bu yaklaşım arazideki bazı yerlerin fazla, bazı yerlerin ise daha az girdi almasına neden olmaktadır. Bu noktada Dronlar devreye girerek tarlanın hangi bölgesinde ne kadar ilaçlamaya ne kadar gübreye ihtiyacı olduğunu tespit edip, ihtiyacı kadarıyla bu işlemi gerçekleştirmektedir.

Nitekim, insansız hava aracı (İHA), yetenekli bir bitki koruyucu teknoloji olarak ortaya çıkmıştır. İHA'lar yüksek çalışma verimliliği, yüksek hız ve düşük sapma avantajlarına sahiptirler. Buna karşın, çevresel faktörlerden kolayca etkilenirler; bireysel İHA'nın kendisi ve taşıdığı sensörler için ağırlık, boyut ve enerji tüketimi açısından yetersizdirler. Freeman ve ark.(2015) insansız hava araçlarının tarımda kullanılabilme potansiyelinin yüksek olmasına karşın, halihazırda tarımsal uygulamalara hızlı giren ucuz İHA'ların çalışma menzilleri, uçuş süreleri ve taşıma yükleri, gelişmiş askeri amaçlı kullanan dronlardan çok daha az olduğunu bildirmiştir. İHA ile ilaçlamanın yapılması ve yapılan püskürtme genellikle damlacık sürüklenmesine neden olurlar. Dolayısıyla pestisitlerin uygulanması sırasında dozajın bir kısmı hedef alana ulaşmadığından

damlacık kayması meydana gelmektedir (Kirk, 2000). Bu yüzden, dronla kimyasal uygulama sonrası tarlanın bazı alanlarında yüksek hız, ani rüzgar değişikliği, püskürtme sırasındaki rüzgarın şiddeti ve yönü gibi hava koşulları tüm ilaçlanacak alanın düz olmaması gibi nedenlerden dolayı yeterli etkinlik sağlanmamaktadır. Bununla birlikte, özellikle düşük ekipman maliyeti, açık kaynaklı yazılımı, uçuş kontrol zekası ve uydu tabanlı navigasyon kontrolü ile umut vaat ettiğini bildirilmektedir. Giles ve Billing (2014), Berner ve Chojnacil (2017) tarımsal ilaçlama için drone kullanım olanaklarını ve püskürtme için performanslarını araştırmışlardır. Lou ve ark. (2018), pamuk ilaçlamasında hava araçlarını yer araçlarıyla ilaçlama etkinlikleri bakımından karşılaştırmışlardır. Hava aracının damla düzgünlüğü ve kalıntı oranı yer aracına göre daha tatmin edici sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Anonymous (2019), Aeracoop (2019-İspanya) Droneoria adını verdikleri bir drone imal edip, bu drone üzerine monte edilen 8 kg'lık depoya sahip bir drone imal etmişlerdir. Yangınlarda yok olan orman alanlarına tohum atma ve meyilli alanlarda karşı kullanabilme olanaklarını araştırmışlardır. Orman yangınları sebebiyle, yok olan ve kara taşıtlarıyla ulaşılması zor olan ormanlık alanlara; bu drone yardımı ile metrekaresine 5 adet granül şeklinde tohumları serpmişlerdir.

Bu tür olası sorunları azaltmanın bir yolu birden fazla araç kullanarak yukarıda belirtilen denetimleri gerçekleştirmektir (Hilz ve Vermeer, 2013; Doering ve ark.,2014). Benzer durum Koç (2017) tarafından ifade edilmiştir. Araştırmacı, 5 litre kapasiteli bir ilaçlama yapan drone tasarlamıştır, bu drone saha ve laboratuvar ortamında testlerini başarıyla gerçekleştirmiş olup, maliyet açısından ucuz ama çalışma kapasitesi düşük olduğundan üretilen araç fazla verimli olmadığını, daha büyük kapasiteli olanlarla daha verimli olacağını ifade etmiştir. Ochs (2021) göre öngörülemeyen hava koşulları ve iklim değişikliğinin etkileri, bağların en büyük sorunlarını çözmek için teknolojiye yönelmesine neden oluyor. İlginç bir şekilde, günümüzde üzüm bağları için ortaya çıkan en umut verici teknolojik çözümlerden biri de insansız hava araçları olduğunu ifade etmiştir. Çiftçilerin her gün binlerce dönüm bağ alanına göz kulak olması imkansız, bu da drone teknolojisini üzüm bağları için bu kadar çekici kılıyor. Bağlarda drone kullanmanın birçok faydası vardır, bu nedenle artan sayıda bağ sahibi bu teknoloji hakkında daha fazla bilgi edinmekle ilgilenmektedir. Drone'lar, yetiştirilen üzümün kalitesini belirlemeye yardımcı olabilmekte ve bir sonraki hasatta üzümün hasat için

olgunluğunu belirlemede, ne kadar üzüm alınabileceğine dair tahminler sağlayabilmektedir. Genel olarak, dronlar bağ sahiplerine bağda neler olup bittiğine dair daha net bir resim vermeye yardımcı olabilmektedir. Bağ sahipleri, drone teknolojisi ile bağ hastalığına veya zararlısına uygulanan ilacın nereye püskürtüldüğünü izleyebilmektedir. Ancak, küçük ve orta büyüklükteki birçok bağcının drone teknolojisine yatırım yapması için çok büyük satın alma maliyeti vardır. Bu olumsuz özellikleriyle birlikte günümüzde, küçük üretim alanlarında bitki hastalık ve zararlı mücadelesinde, katı, sıvı gübre uygulamalarında kullanılan dronların bataryaları ve motor güçleri sınırlı olsa da tarımın farklı alanlarında yer araçlarına alternatif olabilecek şekilde kullanımını sağlamak için çaba harcanmaktadır.

Hastalık ve zararlılara karşı mücadelede dronların kullanımının avantajları arasında operasyonun gerçekleştirileceği yere hızlı bir şekilde ulaşma imkanı ve kısa sürede performans göstermesinin yanı sıra toprağın sıkışması veya bitkilerin buruşması ile ilgili problemleri ortadan kaldırılması olarak gösterilebilir. Ayrıca, sırt veya traktörle çalışan ilaçlama makinalarının yerine kullanacağından ilaçlama yapan kişilerin zehirlenmesi riski düşüktür. Buna karşın hastalık ve zararlıya etkili püskürtme için yer ekipmanlarına göre nispeten yüksek bir maliyete sahip olması, motor gücünün sınırlı olması, depo kapasitelerinin düşük olması ve kısa uçuş mesafelerinden dolayı işin kalitesini etkileyebilmesi dezavantaj olarak gösterilebilmektedir. Ancak, mevcut olanları veya yeni tasarımlarla bu olumsuzluklar ortadan kaldırılabilir.

Dünyada dronların tarımda kullanımı hızla artmaktadır. Yapmış olduğumuz kaynak taramalarında dünya genelinde tarımsal amaçlı dronları aktif olarak kullanan ülkeler sırasıyla, ABD, Çin, Japonya, Brezilya, bazı AB ülkeleri ve Hindistan'dır olduğu görülmüştür. Ülkemizde drone teknolojisinin tarımda kullanımı yok denenecek kadar olup, mevcut olanlarda daha çok araştırma amaçlıdır. Mevcut olanların da tamamı ithal yoluyla getirilmektedir. Bu yüzden ülkemizde ihtiyaç olan bu dronların tarımsal amaçlı kullanmanın yaygınlaşması için kendi yerel imkanlarımızı kullanarak geliştirip, tarımın farklı alanlarında kullanmamız gerekmektedir. Bu ayrıca tarımsal mekanizasyonun eksik olan teknoloji ayağının tamamlanması açısından önemlidir.

Tüm bu ihtiyaçlar dikkate alınarak yapılan bu çalışmanın temel amacı küçük bağ üreticileri için havadan ilaçlama yapabilecek insansız hava aracı (İHA) olan bir drone

tasarlamak, imalatını gerçekleştirerek ve farklı uçuş koşullarında bağ alanlarının ilaçlanmasını sağlamak ve performansını değerlendirmektir.

1.1. Tezin Seçiliş Amacı

Hassas tarım uygulamalarının en yenisi ve en teknolojik olanı drone uygulamalarının tarımsal amaçlı kullanımudur. İnsansız hava araçlarıyla toprağın veya bitkinin ihtiyaç gübre, ilaç ve sulama ihtiyacı zamanında, istenilen miktarda ve doğru yöntemlerle sağlanabilmektedir. Bununla aşırı kullanılan gübre, ilaç ve su miktarının azaldığından hem üretim maliyetleri azalmakta hem de çevrenin zarar görmesi engellenmektedir. Bu yaklaşım arazideki bazı yerlerin fazla, bazı yerlerin ise daha az girdi almasına neden olmaktadır. Bu noktada dronlar devreye girerek tarlanın hangi bölgesinde ne kadar ilaca ne kadar gübreye ihtiyacı olduğunu tespit edip, ihtiyacı kadarıyla bu işlemi gerçekleştirmektedir. Türkiye’de ve bölgemizde bağ alanlarında mantari hastalık, Bağ Mildiyusu ve Bağ Küllemesi, salkım güvesi, küf vb. uygulamalar için pestisit kullanılmaktadır. Pestisit uygulamak için genellikle bağ-bahçe pülverizatörü, tarla pülverizatörleri ve atomizörler kullanılmaktadır. Yer araçlarının rahatlıkla giremediği bağ alanlarında her ilaçlama dönemi için ilacın sarfiyatını azaltarak daha ekonomik, kontrolü, ihtiyaç kadarıyla bitkiye ve çevreye zarar vermeden etkin bir ilaçlamanın yapılması gerekmektedir. Son yıllarda ürüne zarar vermemesi, eğimli arazilerde rahat hareket edebilmesi ve hassas tarıma yönelik sahip olduğu veri depolama ve gönderme özelliklerinden dolayı insansız hava araçları pestisit uygulama amacıyla gündeme gelmiştir. Ülkemizde de hastalık ve zararlılara karşı bu teknolojinin kullanımının yaygınlaştırılması gereği ortaya çıkmıştır.

Bu tezin seçiliş amacı geleneksel olarak kullanılan ilaçlama ve gübreleme yapan tarımsal araçlara alternatif olabilecek bir hava aracı olan bir drone tasarlayıp imal etmek ve bağ ilaçlanmasında farklı yükseklik, hız, ilaçlama normlarında etkinliğini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda açık kaynak yazılım programı tarafımızca yeniden programlanıp şekillendirilen yazılım mimarisi, 10 litre depo kapasiteli, 25000 mAh olan 2 bataryalı, huş malzemeden imal edilmiş özel bir çatı, kamera, GPS ve ilgili kontrol ünitelerinden oluşan bir dronun tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Sonuçta hassas tarım uygulamalarından biri olan drone kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmış olup bu

amaç doğrultusunda etkin bir ilaçlama yapılması ve bölgede yaygınlaştırılması hedeflenmiştir.





2. KAYNAK ÖZETLERİ

Zhu ve ark (2010), yapmış oldukları çalışmalarında tarımsal ilaçlama için kullanılan İnsansız Hava Aracı (UAV) hassas püskürtme için bir yazılım gerçekleştirmişlerdir. Çeşitli hava aracı ile testler gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar püskürtme sisteminin tahıl ilaçlanması için ilaçlama verimliliğini artıracak hassasiyete sahip olduğunu göstermiştir.

Şahin ve Yıldırım (2011), sabit kanatlı bir insansız hava aracını kullanarak Ankara Gölbaşı'nda sedir ağacı ormanının ağaçlandırması için özel olarak sivil bir İHA geliştirilmiştir. Bir model uçak modifiye edilmiş ve İHA üzerine özgün olarak tasarlanmış ve üretilmiş bir tohum dağıtma sistemi monte edilmiştir. 9 ve 6 metre irtifalarda iki test uçuşu gerçekleştirilmiştir. Test uçuşu sonuçlarına göre tohum dağılımı sırasıyla 45 ve 30 metre genişliğe ulaştığını, her iki test için tohum dağılımının yoğunluğunun, tohum çimlenmesi için uygun koşullarla uyumlu olduğunu ve bu sonuçlara göre İHA'nın ağaçlandırma çalışmalarında çok yönlü, ekonomik, güvenli ve oldukça etkili bir araç olduğunu kanıtlamışlardır.

Doering ve ark. (2014), hassas tarım uygulamalarında çoklu insansız hava araçlarının tasarımı için özel bir tasarım platformu oluşturmuşlardır. Çeşitli testler yaparak ihaların olumlu ve olumsuz özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır.

Freeman ve Freeland (2015) ABD'deki tarımsal İHA'ların potansiyelini, politikalarını ve toplumda yaratmış olduğu heyecanı incelemişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında; insansız hava aracının (İHA) tarımda yerli uygulamalarına ilişkin beklentileri analiz etmişlerdir. 2010'dan 2014'e kadar 5418 ABD medya raporunun içerik analizi, çiftçilikteki potansiyel İHA uygulamalarını gözlemlemişlerdir. Gözlem ve analiz çalışmaları sonucunda ABD'de ticari uygulamaların yasallaştırılmasından sonra İHA'ların tarıma katkıları konusunda bir hayal kırıklığı dönemi yaşanacağı ancak, kısa vadeli katkılara ilişkin gerçekçi beklentiler geliştirilip yaygınlaştırıldıktan sonra, çiftliklerde İHA kullanılmasının artırılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Comba ve ark. (2015), “İnsansız hava sistemleri görüntülerinden bağ tespiti” isimli çalışmalarında, bağcılıkta, gerekli yüksek ürün kalite standartlarına ulaşmak için günümüzde hassas tarım tekniklerinin benimsenmesi giderek daha önemli hale geldiğini

ifade etmiştir. Bir bağda veya tek bir parselde ürün değişkenlik indekslerini haritalamak için bir görüntü algoritması geliştirmişlerdir.

Geliştirilen görüntü işleme algoritması farklı tekniklere dayalı üç ana adımdan oluşmaktadır. Prosedürün güvenilirliği, bağ görüntülerinde asma sıralarının düzgün bir şekilde algılanmasıyla, sıralar arası yoğun otlanma, çalılar ve ağaç gölgeleri gibi bozucu unsurların varlığına kadar görüntüleri tespit etmişlerdir.

Giles ve Billing (2015), küçük insansız hava taşıtlarının zorlu coğrafik arazilerde yüksek oranda pestisitlerin uygulaması için önemli avantajlar sağladığını bildirmişler ve bununla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında uzaktan kumandalı, çeltik tarlalarının ilaçlanmasında kullanılan benzinli bir helikopter (RMAX, Yamaha Motor Co. ABD, Cypress, CA ABD) üzerinde değişiklikler yapılarak Kaliforniya'da şaraplık üzüm bağlarının ilaçlanmasında kullanmışlardır. Denemelerde, ilaçların kalıntısını ölçmüşlerdir. Üzüm yaprakları üzerindeki püskürtülen ilaç birikimi, uygulanan hacim oranı ile artmıştır.

Kale ve ark. (2015) gübre ve ilaçlama için dron kullanmışlardır. İHA'larla kablosuz uzaktan kontrol sistemiyle tarımda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Rokhmana(2018), makalesinde, uzaktan algılama için İnsansız Hava Aracı-(İHA) tabanlı platform kullanmanın bazı pratik deneyimlerini ele almıştır. Bunlar hassas tarım haritalamanın desteklenmesi için arazi hazırlığı, kadastro sınırı, bitki örtüsü izleme, bitki sağlığı ve stok değerlemesi için bazı bilgilerin gerekli olduğunu yazmıştır. Araştırmacıya göre İHA tabanlı uzaktan algılama sistemi; uygun maliyetli, üretimde hızlı, yerel personel tarafından kolay kullanılabilme ve iyi geometri doğruluğu gibi özelliklere sahip olmalıdır.

Huang ve ark. (2015), insansız bir helikopter için düşük hacimli bir püskürtücü geliştirdi. Helikopterin ana rotor çapı 3 m ve maksimum taşıma kapasitesi 22,7 kg'dır. Helikopter her 45 dakikada bir galon gaz kullandı. Bu çalışmadan elde edilen yöntem, sistem ve analitik sonuçlar, daha yüksek hedef oranı ve daha büyük VMD damlacık boyutu ile mahsul üretim yönetimi için İHA hava uygulama sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılabilecek genişletilebilir bir prototip sunmaktadır.

Xue ve ark. (2016) insansız hava aracı için otomatik hava püskürtme sistemini geliştirmişlerdir. Sistem, bağımsız bir işlevsel modüle sahiptir. Sistem için ultra düşük

güçlü bir MSP430 tek çipli mikro bilgisayar kullanılmıştır. Kullanılan yazılım programı ile istenilen rotada püskürmenin yapılabileceğini göstermiştir.

Çolak ve ark. (2016), Bugün hem hayvancılıkta hem de ürün veriminin artırılmasında Dronların etkili bir şekilde kullanıldığını bildirmişlerdir. Dronlara monte edilmiş GPS ve spektrometrelerle mera alanlarında bitkilerin besin değerlerini ölçmekten tutun da ekinin ne kadar büyüdüğü, dondan ne oranda hasar gördüğü şaşma olmaksızın ölçülebildiklerini, arazi üzerinde gezen dronlar yine söz konusu spektrometrelerle ekilen arazi üzerinde ürünün “stresli” olduğu bölgeleri belirleyebildiğini, toprağın su ve gübre ihtiyaç noktalarında ihtiyaç miktarlarını nokta atış olarak ölçebildiğini ve önceden belirlediği noktalara havadan ilaçlama yapabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca dronlarla havadan tohum ekimi yapılabileceği, ya da topladığı ve bulutta stokladığı veriler üzerinden ne zaman hangi ürünü ekmenin maksimum üretime ulaştıracağı bilgisini sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Wang ark. (2016), İnsansız Hava Aracı olan bir dron kullanarak uçuş yüksekliğinin ve rüzgar hızının damlacık ve akış dağılımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Farklı testler uygulayarak pestisit kalıtım miktarını ölçmüşlerdir. Yükseklik ve rüzgar hızı artıkcı ilaç dağılım düzgünlüğünün bozulduğu ve sürüklenmenin arttığını bildirmişlerdir.

Teke ve ark (2016). Hassas Tarım, ürün verimi (rekolte), su, gübre ve ilaç gibi tarımsal girdileri en uygun şekilde kullanarak arttırmayı amaçladığını ve özellikle drone ve İHA sistemlerinin yaygın olarak kullanılması ile birlikte hassas tarımda uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştığını bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre, mevcut sistemler çoğunlukla multispektral sensörlerden elde edilen verilere bağlı bitki gelişimi ve sağlığı hakkında bilgi veren NDVI tabanlı yöntemlerdir. Araştırmacılar, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (UZAY) ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ortaklığında başlatılan Akıllı Tarım Fizibilite Projesi (AKTAR) ile İç Anadolu Bölgesi’nde yetişen ürünler için hassas tarım modellerinin geliştirilmesi amacıyla bir proje geliştirmişlerdir. Proje kapsamında akıllı tarım uygulamaları için sulama ve gübreleme için modeller geliştireceklerdir.

Wang ve ark. (2017) ilaç damlacık birikimi, kaplama oranı, damlacık yoğunluğu, penetrasyon ve iş verimliliği konusunda saha çalışmalarında testler yapmak üzere dört

çeşit İHA kullanmışlardır. Denemelerde kullanılan bu araçların performansları karşılaştırmışlardır.

Zheng ve ark. (2017) mısır ilaçlanması için İHA kullanarak çeşitli denemler yapmışlardır. Mısırın farklı büyüme aşamalarında çok rotorlu İHA kullanarak püskürtme etkilerini ve aralarındaki ilişkiyi test ederek matematiksel modellemeler geliştirmişlerdir. Denemelerde uçuş parametrelerini değiştirerek deneylerini gerçekleştirmişlerdir.

Chen ve ark. (2017), rüzgar yönünün damlacık dağılımı üzerindeki etkisini incelemek için M234AT dört rotorlu bir İHA kullanmışlardır. Benzer çalışma Xu et al. (2017) tarafından yürütülmüştür. Araştırmacılar çalışmalarında farklı uçuş parametreleri kullanarak çeltik bitkisinde dikey yönünde damlacıkların dağılım özelliklerini incelemişlerdir. Rüzgar hızı arttıkça sürüklenmenin arttığını bildirmişlerdir. Buna karşın Lou ve ark (2018), insansız hava aracı uçuş yüksekliğinin pamuk yaprak bitleri ve örümcek akarlarının damlacık dağılımı, sürüklenmesi ve kontrolüne olan etkisini araştırmışlardır. Mevcut çalışma, damlacık dağılımı ve sürüklenme özelliklerini, pamuk yaprak bitleri ve örümcek akarları üzerindeki kontrol etkinliğini ve İHA püskürtme sırasında pamuk yapraklarının tutunma ve emilimini açıklamayı amaçlamıştır. Gelişmekte olan bitki koruma makineleri olarak insansız hava araçlarının (İHA), yüksek operasyonel verimlilik, yüksek hız ve düşük sürüklenme avantajlarına sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Damlacıkları toplamak için numune alıcı olarak Kromekote kart ve filtre kağıdı kullanmışlar ve damla yoğunluğu, kaplama oranı, biriktirme ve sürüklenme yüzdesini istatistiksel olarak analiz etmişlerdir. Sonuçta, İHA uçuş yüksekliğinin 2 m olduğunda damlacık homojenliği, damlacık kaplama oranı, biriktirme ve sürüklenmenin daha yüksek olduğunu göstermiştir. İHA püskürtmesinin pamuk yaprak bitleri ve örümcek akarları üzerindeki kontrol etkileri sırasıyla % 63.7 ve % 61.3 olarak tespit etmişlerdir. Bu değerler, boom püskürtme yoluyla elde edilenlerden biraz daha düşük bulunmuştur. Etkinliğinin biraz düşük olması birlikte gelecek için bu sonucun tatmin edici olduğunu da ifade etmişlerdir.

Koç (2017), 5 litre depo hacimli hacmi, 222 W olan bir batarya, alüminyum malzemeden imal edilmiş özel bir çatı, kamera, GPS ve ilgili kontrol ünitelerinden oluşan bir drone tasarlayıp pestisit ve ilaçlama uygulamalarında kullanmıştır. 12.5 dk uçuş süresine sahip olan bu drone 0.5 l/dk ilaçlama kapasitesine sahiptir. Araştırmacı,

laboratuvar ve tarla denemelerini başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada en büyük sorunun havadan pestisit uygulamalarında sürüklenmenin olduğunu ve bu tür uygulamalar için özel olarak meme ve pompanın geliştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Sonuçta yapılan ölçümler sonucunda dron pervanelerinin pestisit için hava akışına yardımcı olarak görev yaptığını, dronun hızı arttıkça yüzey kaplama oranının düştüğünü belirtmiştir.

Yallappa ve ark. (2017), Tarımın çok önemli bir alan olduğu Hindistan'da insanların ilaçlamada zorluk yaşadığı arazi şartlarında, pirinç üzerinde ve kimyasalların insan sağlığına zarar vermemesi amacı ile teknolojiye dayanarak 6 motorlu bir drone tasarlayıp üretmişlerdir. 1300 mm ilaçlama alanına sahip olan bu drone 5 litre kapasiteye sahip olup, 2 adet 8000 mAh kapasiteli batarya grubundan güç almaktadır. Ürettikleri dronun tarla denemelerinde uygulamanın çok kullanışlı olduğu özellikle insanların erişemediği alanlarda hızlı bir uygulama olduğu ve insan sağlığına zararlı olan kimyasallar ile insanların temasta bulunmadan hızlı ve düşük maliyet ile ilaçlamanın sağlanabileceğinin altını çizmişlerdir. 5 litrelik kapasitenin tarla uygulamalarında yetersiz kaldığı bu amaçla en az 15 litre ve 30 dk uçuş süresine sahip bir dronun bu tür uygulamalar için daha verimli olacağını vurgulamışlardır.

Spoorthi ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada 4 motorlu mevcut bir dron üzerinde değişiklik yaparak bir ilaçlama ekipmanını monte etmişlerdir. Bu drone için Arduino tabanlı geliştirici kartı kullanarak, kodladıkları Android uygulaması ile ilaçlama ekipmanını kontrol etmeyi amaçlamışlardır.

Berner ve Chojnack (2017), sürdürülebilir tarımda modern yönetim için ekili bitkilerin durumu hakkında hızlı bilgi ve zararlıların ortaya çıkması gibi istenmeyen olaylara karşı hızlı karar vermesini gerektiğini ve bunun için tarımsal ilaçlamada dronların kullanılmasının önemli avantajlar sağladığını bildirmişler ve bu konuda bir çalışma yürütülmüşlerdir. Araştırmacılar, çalışmalarında, dronla sıvı ilaç uygulanması TeeJet firması tarafından üretilen XR 11002 meme tipi kullanılarak 0.2 MPa basınçta ve kanatların 0.4 m aşağısından hardal bitkisine püskürtme yapmışlardır. Drone üzerine monte edilen püskürtme memesinin bitkiler üzerindeki yüksekliği 0,6 m'dir. Testler rotorların sıfır hızında ve 1500 ve 4000 devir/dak dönüşlerinde gerçekleştirilmiştir.

Sonuçta, üç farklı noktaya püskürtülen ilaç dağılımının üzerine drone rotorlarının dönme hızının etkisinin önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Kulbacki ve ark. (2018), Ekimden hasada tarımsal otomasyon uygulamalarında dronun alanları adlı makalelerinde, hassas tarım uygulamalarında insansız hava araçlarının kullanım alanlarına dikkat çekmişlerdir. Verilerin toplama sıklığı ve alan değişkenlerinin sürekli hesaplanması hassas tarım alanında daha iyi uygulamalara ve sonuçlara yardımcı olacağını ifade etmişlerdir. İlk olarak hassas tarım alanının uzaktan algılama yönteminin 1930 yıllarda kullanmaya başlandıktan sonra 1950'li yıllardan sonra pratikte de kullanılmaya başlanmıştır. Uydular tarafından sürekli taranan dünyanın ve kaydettiği spektral görüntüler ile sıcaklık bilgileri çiftçiler için bitkilerinin sağlıklı olup olmadığını bilmeleri için önemli bir veriydi. Günümüzde uydular tarafından yapılan taramalarda tek başına bir uydu, alanın ne kadar karbon aldığı, bireysel alanlarda ne kadar su kullanıldığına dair bilgiler vermektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte çiftçiler buna ihtiyaç duymadan basit, ekonomik insansız hava araçları ile uydu taramalarına gerek kalmadan bitkileri hakkında gerekli bilgileri sunmuşlardır.

Mogili ve Deepak (2018), hassas tarımda drone sistemlerinin uygulanması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında hassas tarım uygulamalarına Drone teknolojisini de dahil ederek verimliliğin arttığı, özellikle ilaçlama işlemlerinde; püskürtme işlemlerinin çok hızlı ve sağlıklı bir şekilde gerçekleştiğini, insan gücünün az olduğu bölgelerde püskürtme işleminin çok kolay ve etkin bir şekilde hayata geçirildiğini beyan etmişlerdir. Multispektral kameralar ile tespit edilen ürün hasarı, GPS koordinatları ile belirlenip aynı şekilde Drone ile ilaçlama işlemi başarılı bir şekilde yapılmıştır.

Baraniuk (2018), Küçük bir Orta Amerika ülkesi olan El Salvador'daki çiftliklerde Traktörün yapamadıklarını dronlarla yaptıklarını ve bunun ger geçen gün yoğun kullanımının arttığını bildirmiştir. Başta şeker kamışı olmak üzere birçok tarla artık insansız hava araçları tarafından yönetiliyor. Çalışması için 20 litrelik gübre veya ilacı taşıyabilecek bir küçük helikopter geliştirerek önceden haritalanmış alanlara ilaç püskürtmüşlerdir.

Wu ve ark. (2019), yapmış oldukları çalışmada, topraktaki nemin durumunu haritalandırmak için bir drone tasarlayıp, üzerine 1.5 kg ağırlığında yer ölçümleri için radar monte etmişlerdir. Radardan alınan veriler toprak nem ölçümlerinin hesaplanması

için Lambot radar denkleminde faydalanmışlardır. Saha denemeleri Belçika, Walloon Bölgesi'ne bağlı 1.13 hektarlık Cinq Etoiles adlı tarımsal bölgede gerçekleştirilmiştir. Bu alanda 1196 adet ölçüm yapılmıştır. Geliştirilen radarlı prototip drone farklı saha denemeleri gerçekleştirmiştir. Bu denemeler Drone tabanlı radar sistemlerinin operasyonel olarak sağlıklı veriler sunduğu, hem mekânsal hem de 3 boyutlu olarak haritalandırma yapma kabiliyetine sahip olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte drone ile yapılan hassas radar ölçümleri, Radyo kontrol kumanda ile drone arasındaki radyo dalgalarından etkileşime girdiği görülmüştür.

Wang ve ark. (2019), dünya genelinde kuş zararının üzüm için önemli bir sorun teşkil ettiğini bildirmişlerdir. Kuş hasarının kontrolü için kuş psikolojisini yüksek sesle bozacak sistemle donatılmış yeni bir İnsansız Hava Aracı (İHA) drone önermişlerdir. Bunla ilgili Avustralya'nın güneydoğusundaki üzüm bağlarında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Sonuçta zararlı kuşların 50 metrelik bir yarıçapta uzun bir süre boyunca uzaklaştığını görmüşlerdir. Bağları korumak için 25 hektarlık bağ alanı için bir İHA yeterliyken, büyük bir bağ alanını daha etkili bir şekilde korumak için birden fazla İHA'ya ihtiyaç duyulduğu belirtmişlerdir.

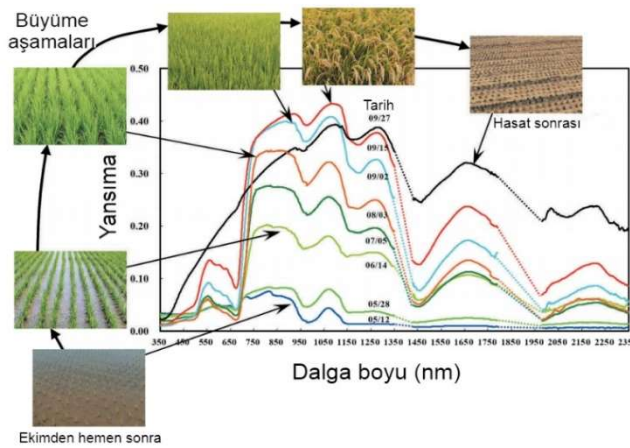
Budiharto ve ark.(2019), tarafından 2. Dünya İletişim Mühendisliği Sempozyumu'nda yayınlanan bir çalışmada, tarımsal alanda kullanılan drone teknolojisi incelenmiştir. Bu çalışmada bitkisel alan tespiti ve ilaçlama konularına değinilmiştir. Endonezya'da palmye ağacı tesbiti için yapılan deneylerde Dronun palmye ağaçlarını % 95 kesinlik oranı ile tespit ettiği görülmüştür. Ayrıca 1 kilo kaldıracı 5000 mAh batarya kapasitesine sahip ilaçlama dronu ile yapılan deneylerde, ilaçlamanın hedeften sapma oranları da incelenmiştir ve yapılan deneyler sonucu GPS sisteminin gelişmiş olmamasında kaynaklı sapmalar söz konusu olduğunu, 7 m/s hız ile yapılan deneyde dronun 3 metre yükseklikte 178 cm oranında bir sapma yaptığını ve bu hata ve sapmaları en aza indirmek için gelişmiş gps sistemlerinin kullanması gerektiğini ve RTK sistemler kullanarak ile bu hata payı 1 cm'ye kadar indirgenebileceğini belirtmişlerdir.

Zalavadiya ve Vasoya (2020), yayımladıkları bir makalede, hassas tarım uygulamalarında tarımsal ilaçlamalarda kullanılan dronların avantajlarına değinilmiştir. Yapılan çalışmada 5, 7, 10, ve 20 litre kapasiteli dronların saha çalışmalarına ve geleneksel ilaçlama yöntemleri ile karşılaştırma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre 1 acre

(0.4 hektar) tarla için geleneksel ilaçlamada ortalama 150 litre su kullanılırken aynı ölçüde bir tarla için ise dronla sadece 10 litre kullanılmıştır. Böylelikle drone ile yapılan ilaçlamalarda, hem su tasarrufu hemde kimyasalların %80-%90 oranında çiftçiye temasından korumaktadır. Ayrıca drone ile yapılan ilaçlamaların zaman açısında da önemli avantajlar sağladığını bildirmişlerdir. Örneğin çalışmalarında 4 dekarlık tarlanın ilaçlaması için 10 litre sıvı kapasiteli bir drone ile 15-20 dakikada gerçekleştirebileceğini ifade etmişlerdir.

Matese (2020) tarafından yapılan çalışmada, ormancılık uygulamaları için insansız hava araçlarının verimliliğine dair bir çalışma yapmıştır. Vosviewer adlı uygulamayı kullanarak yapılan çalışmalarının sonuçlarını detaylı bir şekilde grafiklerle açıklamıştır.

Inoue (2020) yapmış olduğu bir çalışmada, uydu ve drone yardımı ile ekinlerin uzaktan analizi ve akıllı tarım için uygulanması yapmıştır. Bu çalışmasında, geleneksel tarımda yer alan tecrübe ve deneyime dayalı tarım yerine, bilgi tabanlı, veri akışı sağlanabilen ve kullanıcı dostu olan akıllı tarım örneklerine yer verilmiştir (Şekil 2.1). Yapılan bu çalışmanın sonucunda, drone tabanlı uzaktan algılama ve analiz sistemlerinin küçük çaplı işletmeler ve yerel çiftçiler için düşük maliyetli ve kullanımın kolay olduğunu ifade etmiştir. Renkli resim ve multispektral görüntülerin elde edilmesi bu sistem ile çok kolay hale getirdiğini, ama güvenilir veri elde etmenin yolu multispektral çekimlerde kullanılan sensörlerin önemli bir rolü olduğunu belirtmiştir. Drone ile yapılan multispektral analizlerde, kesin sonuçlar alabilmek için, dronun yükseklik, rota, uçuş hızı kaliteyi görüntü kalitesini önemli oranda etkilemiştir.



Şekil 2.1. Multispektral kamera ile bitki durumu analizi

Ochs (2021), üzüm bağlarında dronların kullanımı, faydalarını ve kaygıları dile getiren bir makale yayımlanmıştır. Makalesinde bağ ürelileri için dronla ilaçlama ve gübrelemenin yanı sıra hasatlık ve zararlı kontrolünde önemli faydalar sağaldığını bildirmiştir. İnanılmaz derecede yetenekli sensörlerle düşük irtifalarda uçan dronların, artık uçaklardan veya uydulardan çok daha doğru ve ayrıntılı görüntüler elde edebileceğidir. Bunun için gelecekte de dronlar bağıcılıkta önemli rol alacaklardır. Fakat şimdiye kadar en büyük sorunun üreticiler için satın alma maliyetinin yüksek olması nedeniyle üreticinin bu teknolojiyi kullanmasını sınırlandırabileceğini ifade etmiştir.





3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

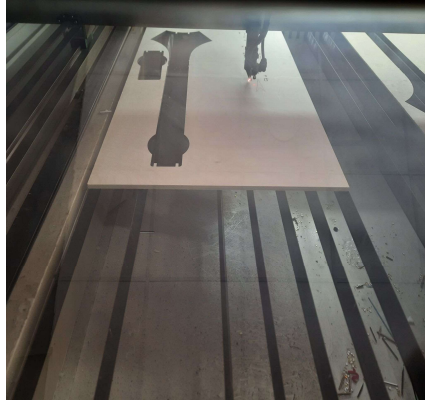
Çalışmada bağ ilaçlanması için yer araçlarına alternatif olacak ve tarımsal amaçlı kullanılabilecek bir dronun tasarımı, imalatını ve etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda açık kaynaktan genel taslağı temin edilen ve tarafımızdan tasarlanıp imal edilen drone 6 motorlu bir çoklu rotor (Hexacopter) tasarlanmış olup bu çoklu rotor sistemi ile bağ ilaçlamalarında kullanılarak performansının belirlenmesi hedeflenmiştir.

3.1.1. Huş Kontrplak Malzeme ve Lazer Kesimi

Dronun ana gövdesini imalatı için 60x40 cm ebatlarında ve 6 mm kalınlığa sahip huş ağacından yapılmış 12 adet kontrplak malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.1). Gövde malzemesi olarak kullanılan huş malzemesinin ucuz ve dayanıklı olması nedeniyle bu drone için tercih edilmiştir. Gövdenin CNC lazer ile kesimini yapmak için AutoCAD uygulamasında çizilen drone gövdesi, DXF formatında çıktı alınmıştır. CNC lazer kesim makinasına yüklenen DXF formatıyla ölçeklendirme yapıldıktan sonra lazer kesimi yapılarak dronun ana gövdesinin imalatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Kesim işleminden sonra dronu oluşturan tüm organlar bu gövde üzerinde monte edilerek imalat süreci tamamlanmıştır (Şekil 3.1).

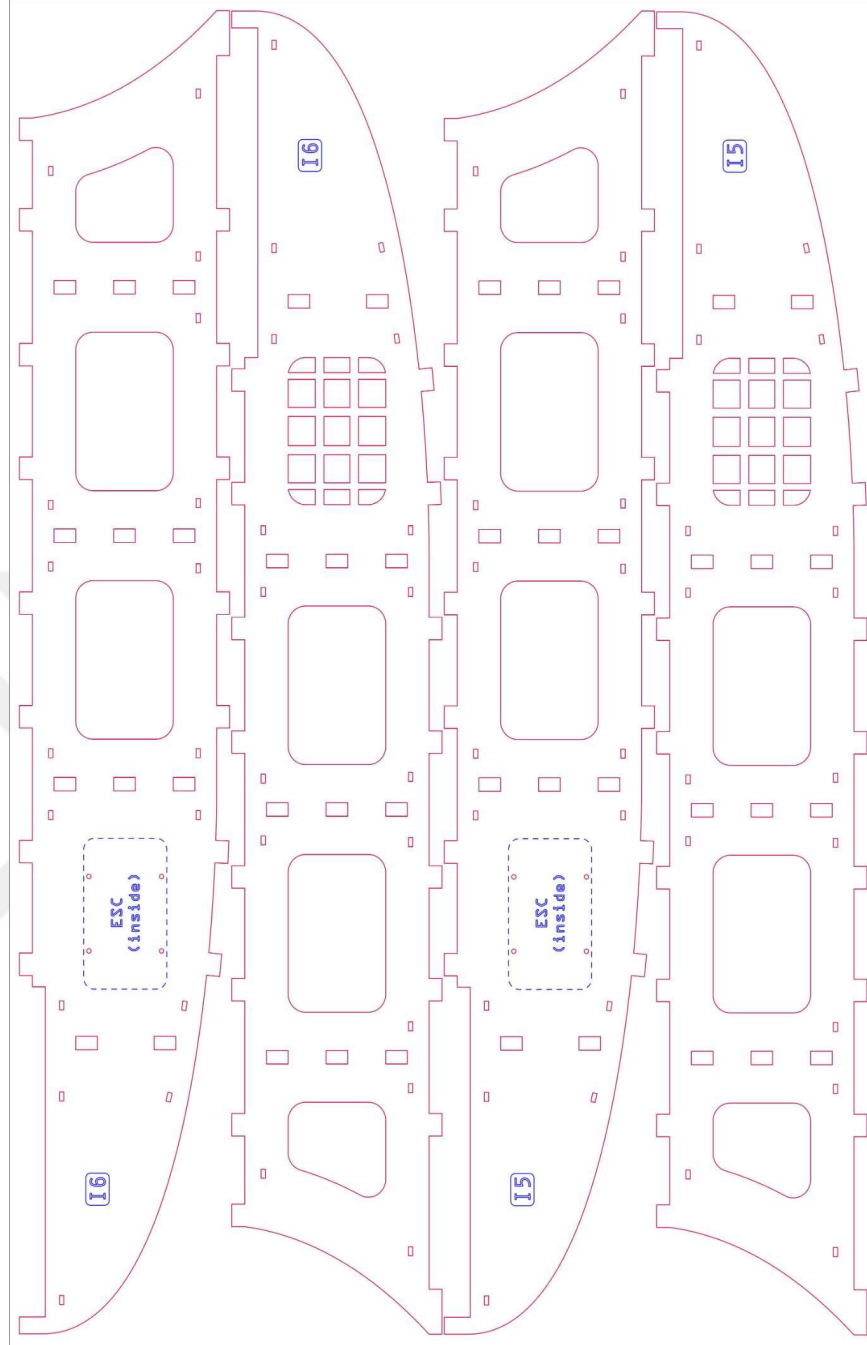


Şekil 3.1. Huş ağacından yapılmış kontrplak malzeme

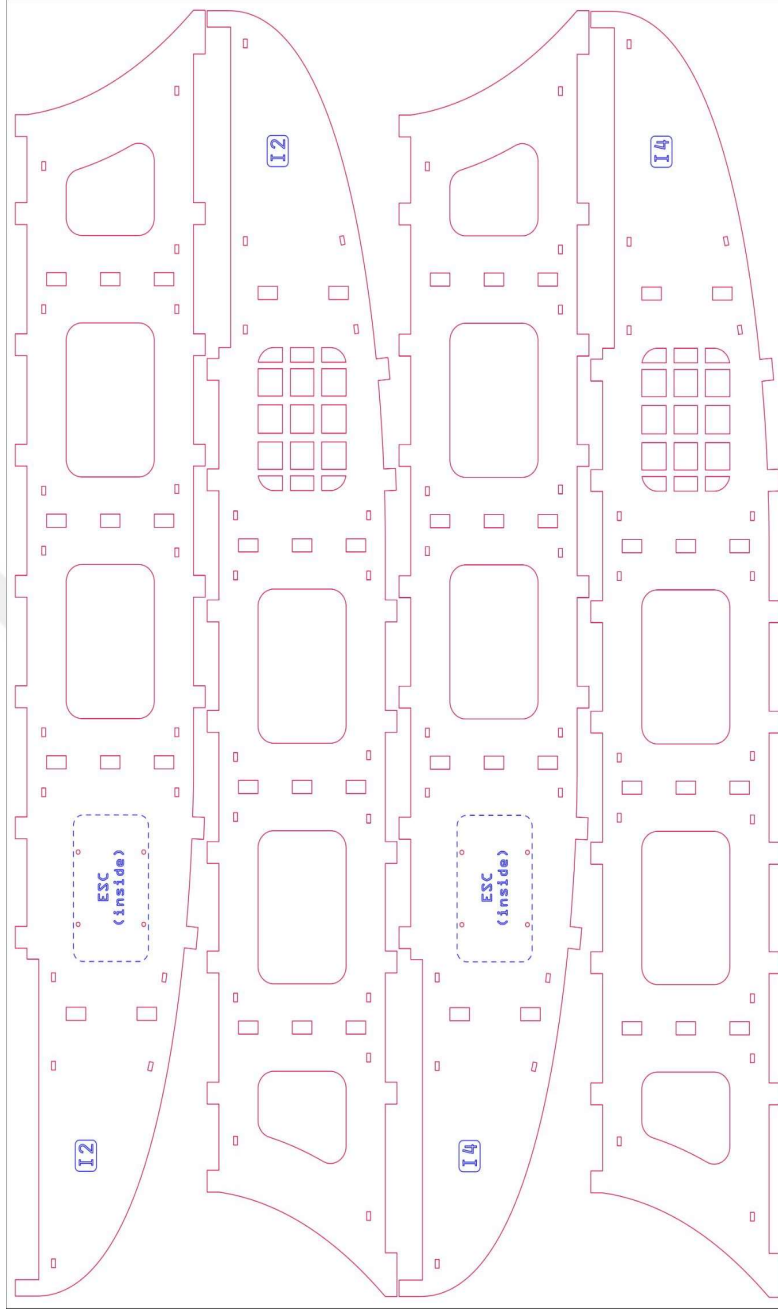


Şekil 3.2. Huş kontrplak malzemenin CNC lazer ile kesimi

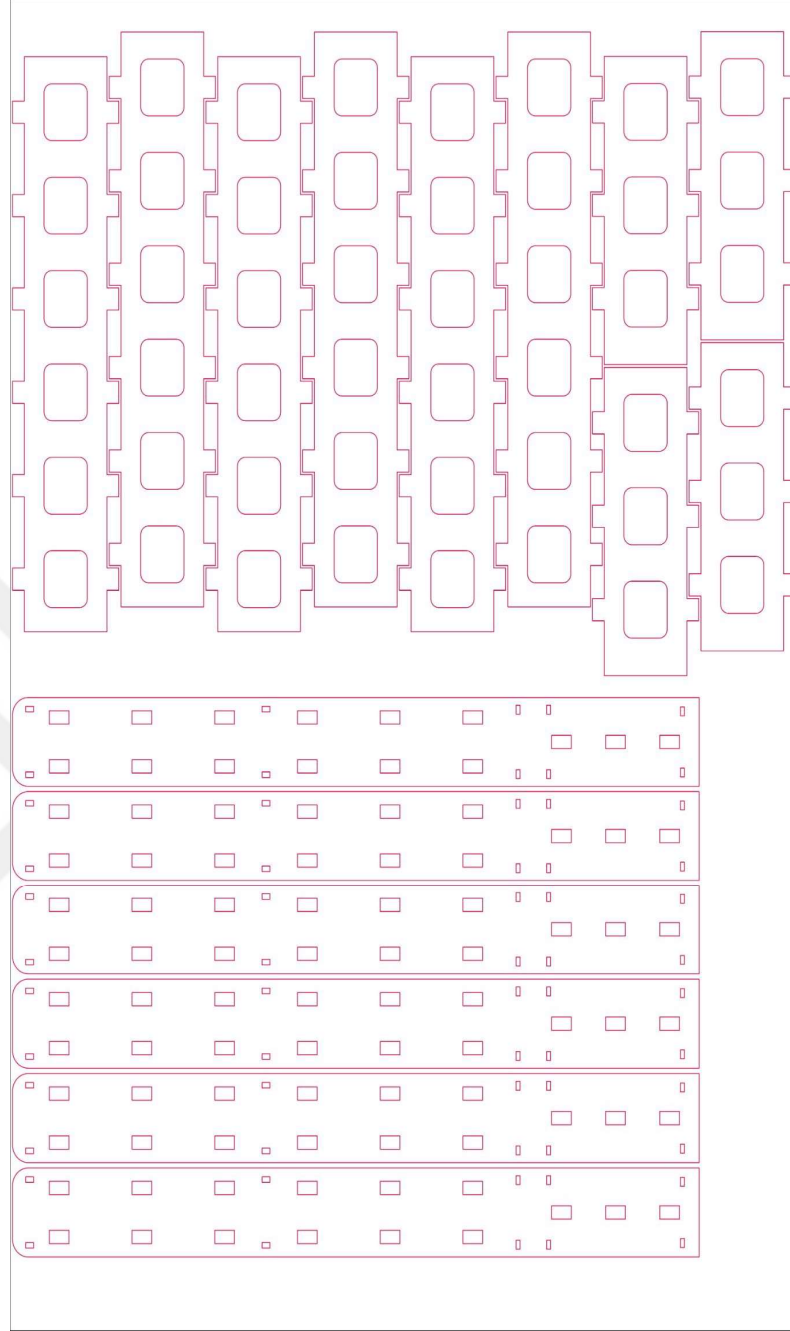
Dronun ana gövdesini oluşturan lazer kesimlerin parçaları Şekil 3.3 'de sırasıyla verilmiştir. Kesimi yapılan parçaların adım adım montaj yapım aşaması Şekil 3.4'de ve oluşturulan dronun genel görünüşü Şekil 3.5'te verilmiştir. Lazer kesim işlemi sanayi sitesinde CNC lazer ile yaptırılmıştır. Dronun diğer organları bu ana çatı üzerine monte edilmiştir.



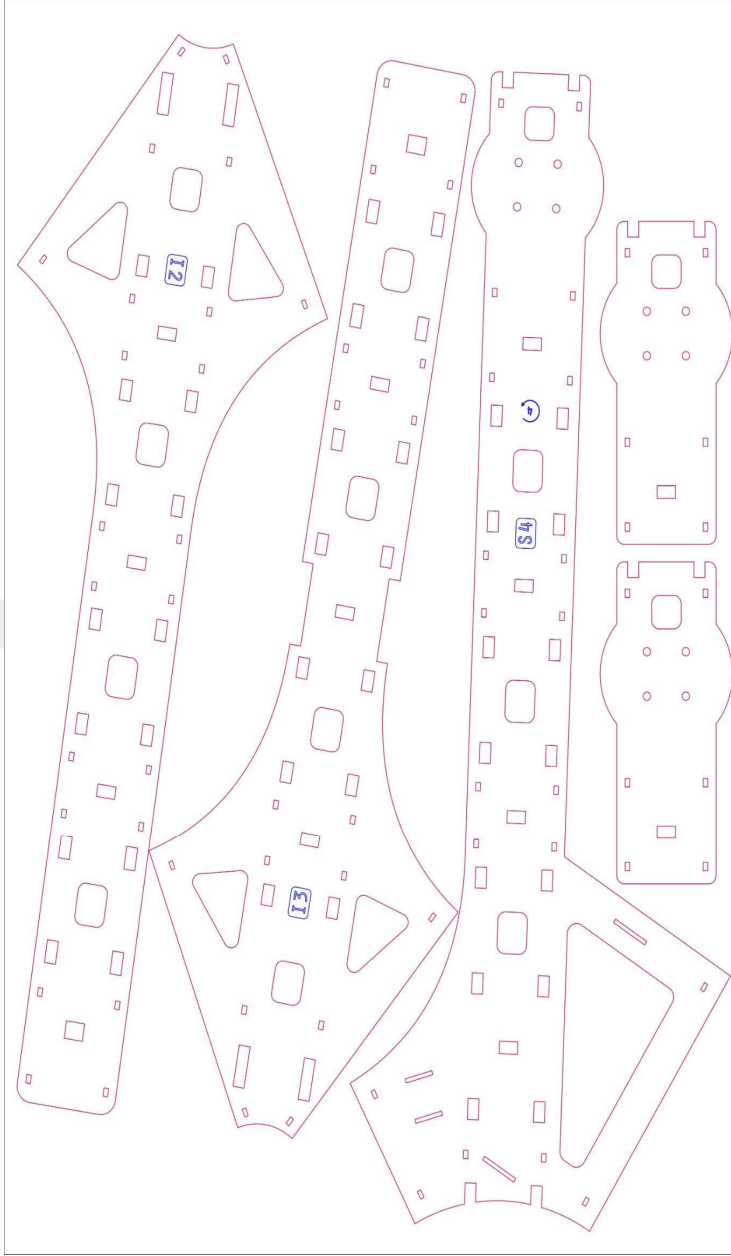
Şekil 3.3. 6 ve 5 nolu drone kollarının sağ ve sol kısımları



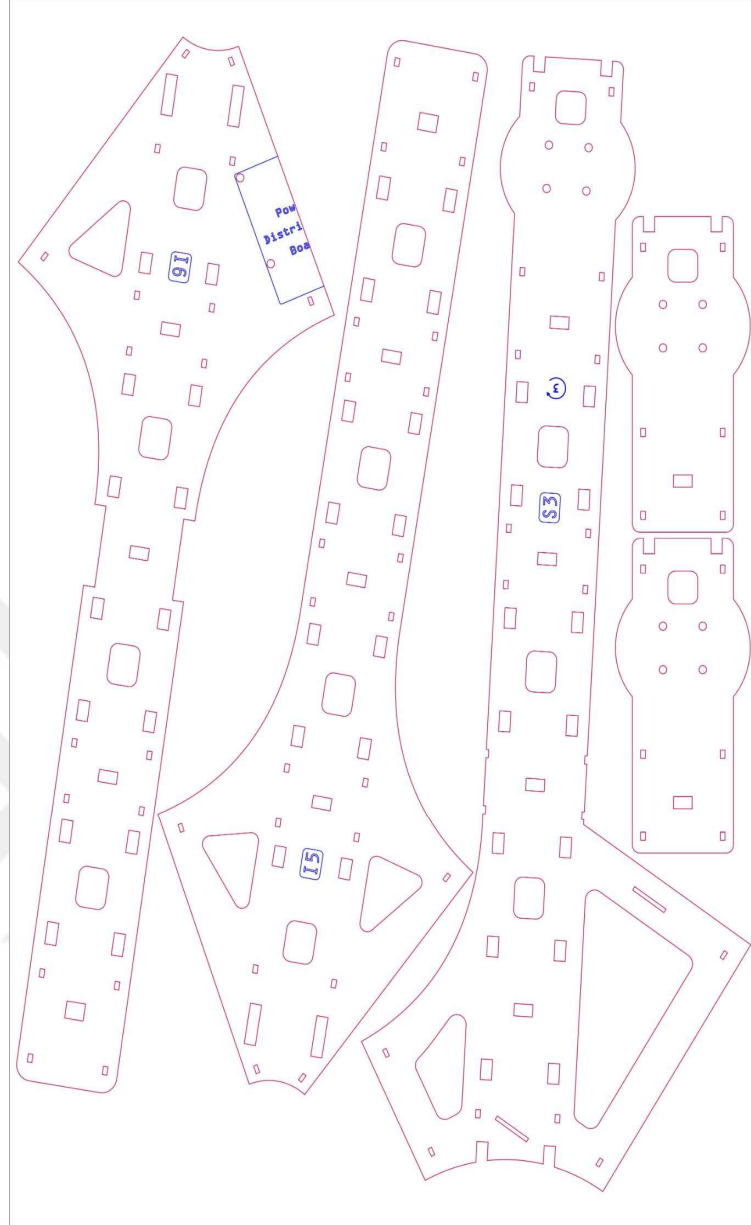
Şekil 3.4. 2 ve 4 nolu drone kollarının sağ ve sol kısımları



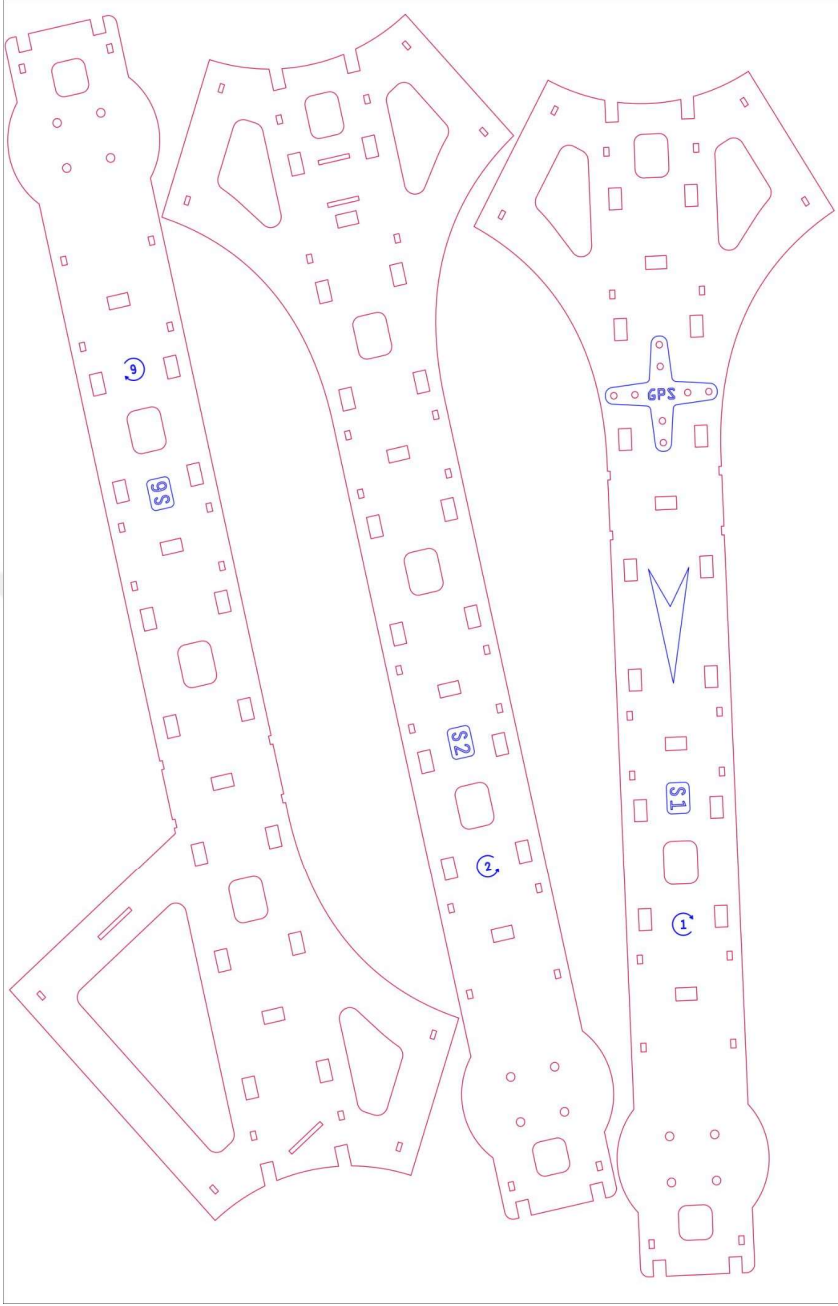
Şekil 3.5. İniş takımı



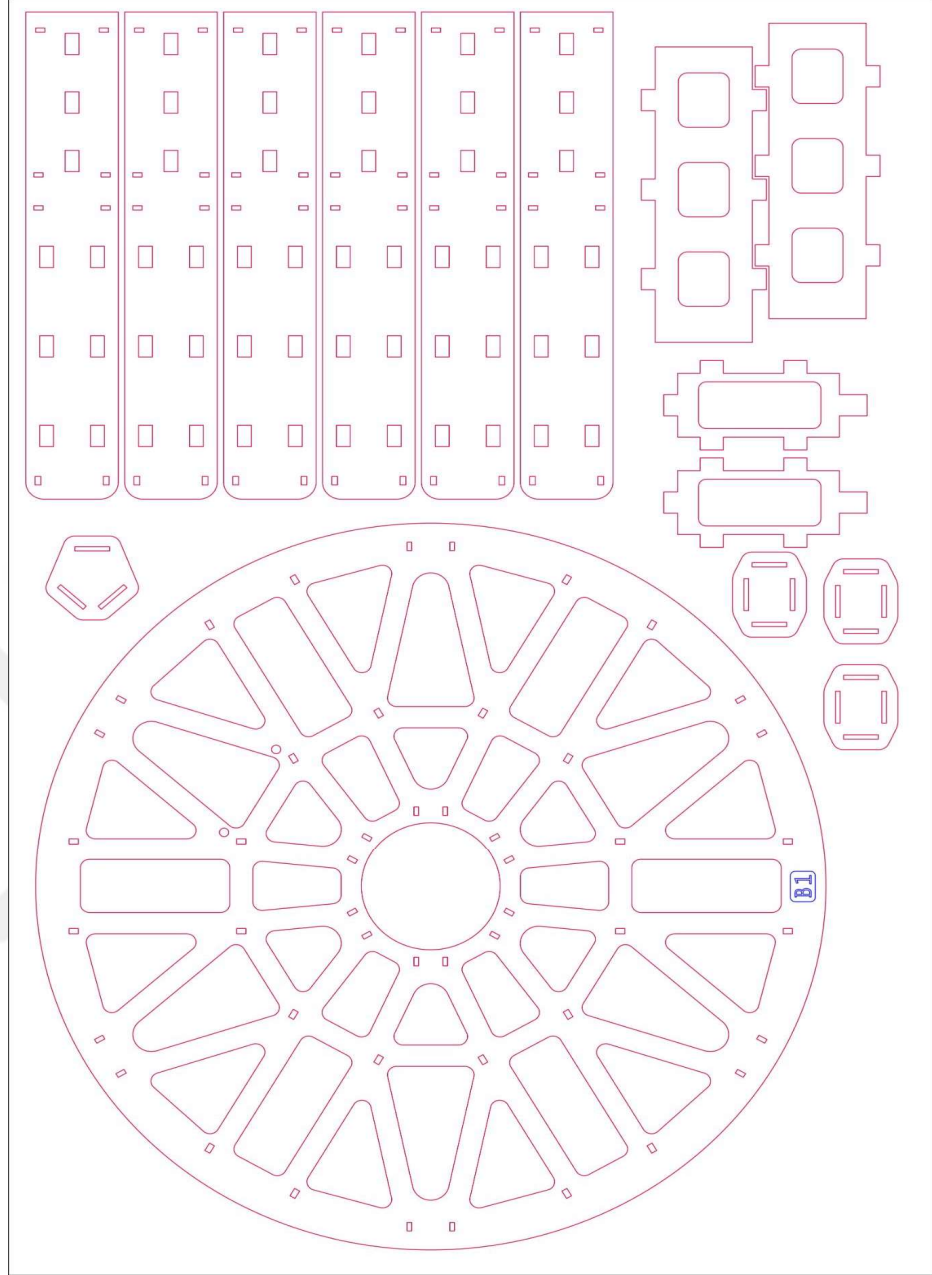
Şekil 3.6. 2 ve 3 nolu kolların alt, 4 nolu kolun üst kısmı ile motor bağlantı parçaları



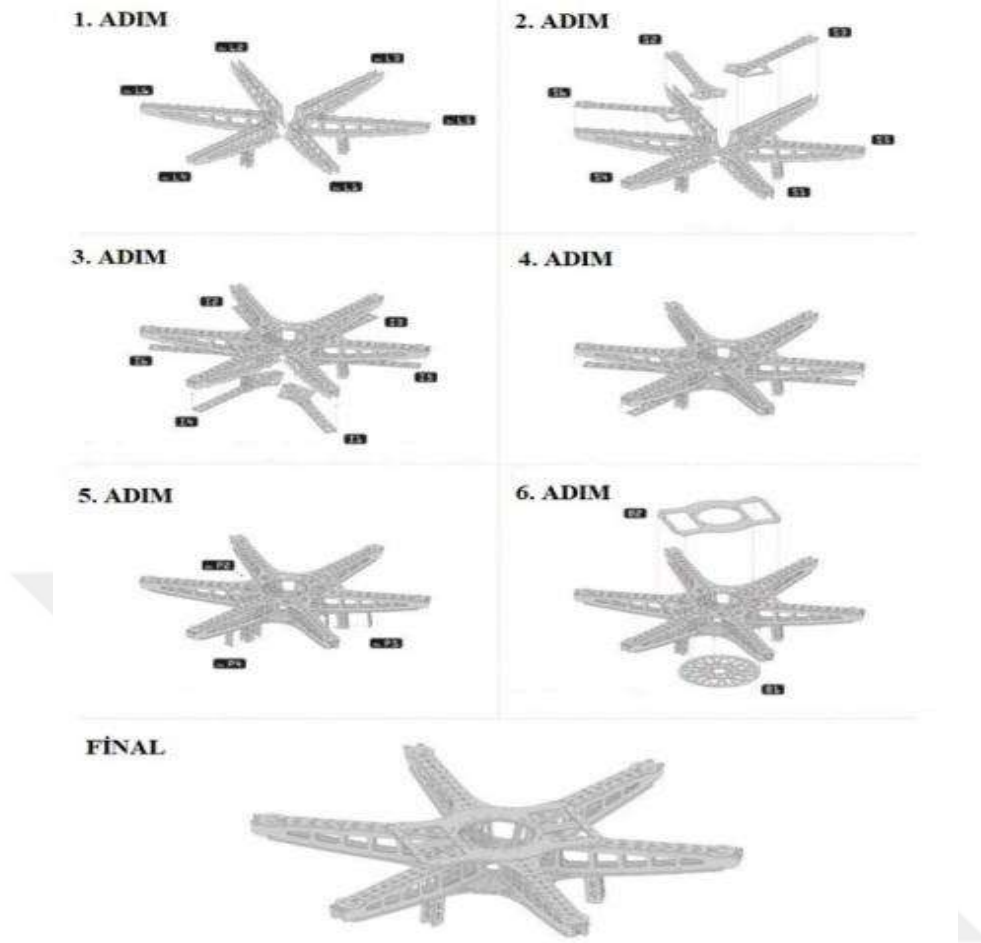
Şekil 3.7. 5 ve 6 nolu kolların alt, 3 nolu kolun üst kısmı ile motor bağlantı parçaları



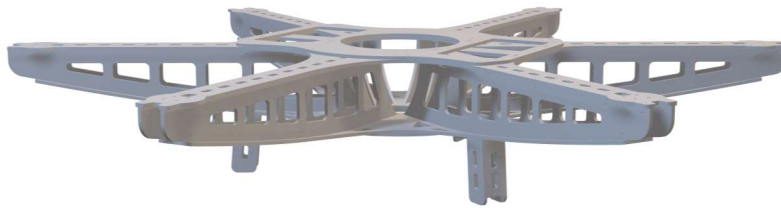
Şekil 3.8. 1,2 ve 6 nolu kolların üst kısmı



Şekil 3.9. Orta alt göbek, yedek iniş takımı ve ilaçlama ekipmanları



Şekil 3.10. Kesimi yapılan parçaların adım adım montajı

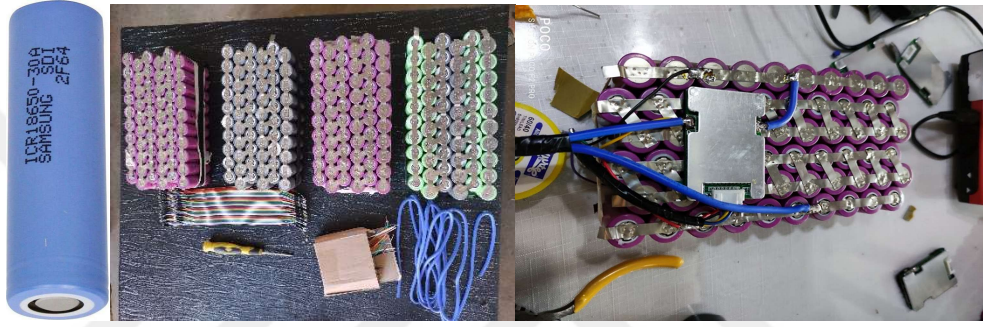


Şekil 3.11. Montajı yapılan dronun 3 boyutlu görünüşü

3.1.2. Batarya

Dronun uçuşunu sağlamak ve işlevini yerine getirmek gerekli olan enerji elektrikli araçlarda da kullanılan 18650 tipi Lithium-İon yüksek deşarj kapasitesine sahip piller kullanılmıştır. Bu pillerin kullanım amacı muadil dronlarda kullanılan Lipo piller ile kıyaslandığında bu pillerin gerilim kesme voltajlarının daha düşük olmasıdır. Buda daha fazla uçuş ve dolayısıyla daha fazla ilaçlama süresi sağlamaktadır. Çalışmamızda Dronun

ihtiyacı olan 50V gerilim ve 20000 mAh kapasite için Şekil 3.6 ‘da görülen Samsung ICR18650-30A şarj edilebilir pil kullanılmıştır. Uçuş ihtiyacını karşılamak için bu pillerden 120 adet kullanılmıştır. 60 Adet Samsung INR Lityum İon pil, 10 adet birbirleriyle nikel şerit ile punta olarak 6 adet 10’lu pil grubu elde edilmiştir. Bu pil grubu birbirlerine seri şekilde punta olarak 6S10P yani 6 seri 10 paralel pil grubu elde edilmiştir. Böylelikle 25000 mAh akım, 4.2 volt gerilim gücüne sahip pillerden 25 Ah ve 25.2 Voltluk bir pil grubu elde edilmiştir. Bu şekilde iki pil grubu üretilerek sistemin düzenli çalışması için gerekli olan 50-52 volt arası bir gerilim elde edilmiştir. Gerilim volt metre ile ölçülmüştür



Şekil 3.12. Samsung ICR18650-30A tipi şarjlı pil

3.1.3. Uçuş Kontrol Kartı (Pixhawk)

Bu çalışmada dronun uçuş kontrol kartı olarak; Holybro üretimi, uçuş kontrol kartlarının son güncellemesi olan Pixhawk 4 model uçuş kartı kullanılmıştır (Şekil 3.13). Karta ilişkin özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.13. Uçuş Kontrol Kartı (Pixhawk 4)

-Kartın Özellikleri:

- Ana FMU işlemci: STM32F765 (32 Bit ArmCortex-M7, 216MHz, 2MB bellek, 512KB RAM)
- ICM-20689 tipi ivme ölçer
- BMI055 tipi jiroskop sensörü

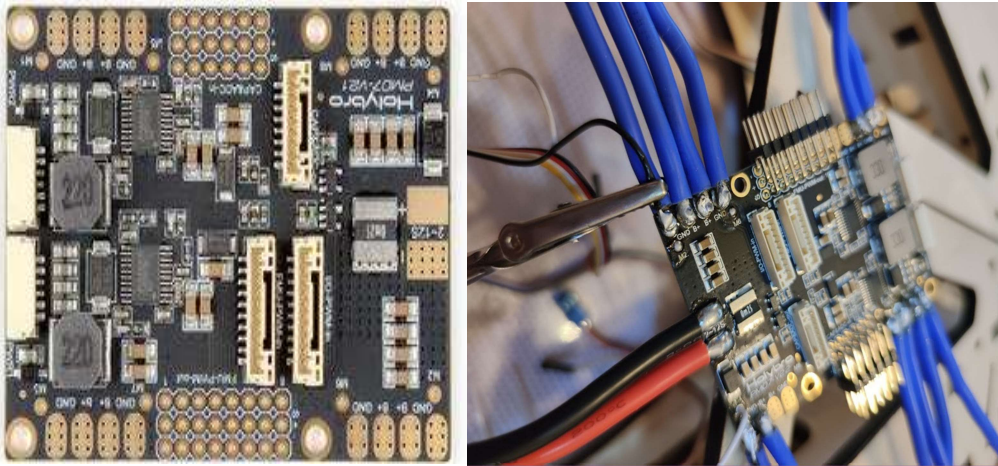
- IST8310 tipi manyetik pusula
- MS5611 tipi barometre
- Güç modülü çıkışı: 4.9 ~ 5.5V
- Maksimum giriş voltajı: 6V
- Maksimum akım algılama: 120 A
- Servo ray girişi: 0 ~ 36V
- Çalışma sıcaklığı: - 40 ile +85C

Bu uçuş kartının diğer uçuş kartlarından ayıran başlıca özellikler aşağıda verilmiştir.

- Önceki sürümlere göre daha hızlı işlemci ve 2 kat RAM
- Yüksek sıcaklıklarda daha stabil çalışmaya olanak sağlayan verimli sensörler
- Dahili titreşim önleyici
- Daha iyi kullanılabilirlik ve farklı çalışma alanlarına göre yeniden programlanabilme özelliği

3.1.4. Güç Dağıtım Kartı

Şekil 3.14’de güç dağıtım kartı ve kartın motora bağlantıları verilmiştir. Kullanılan güç dağıtım kartının amacı, dronun bütün bileşenlerinin ihtiyacı olan enerjiyi, bataryadan aldığı güç ile bu bileşenlerin zarar görmeyecek seviyede iletmesini ve kullanılan toplam akımı hesaplayıp uçuş kartına iletmektir. Bu kartın çalışma aralığı 7 V ile 55 V arası olup, çekebileceği maksimum akım 120 Amperdir. Motor bağlantı kabloları ve sinyal kablolarının güç dağıtım kartına M1,M2,M3,M4,M5,M6 olacak şekilde sırasıyla karta lehimlemiştir.



Şekil 3.14. Güç dağıtım kartı ve motora bağlantısı

3.1.5. GPS Konumlama Sistemi

GPS konumlama sistemi (Şekil 3.9); dronun otonom uçuş modunda görevlerini yerine getirebilmesi için gereken bir sensör grubudur. Bağ ilaçlamaları gibi bir işlemde kullanılan bu dronun bitki hizasını otonom uçuşlarda hassas bir şekilde koordinatları takip edebilmesi için, GPS sensörünün hassas olması önem taşımaktadır. Bu çalışmada kullandığımız GPS sensörü; Neo-M8N tipi olup, kendi içerisinde dahili yön pusulası mevcuttur. Bu sayede verilen koordinatlara yönlendirilen dronun, yönünün bulabilmesi için uçuş kartı içerisinde bulunan pusulanın yanı sıra GPS modülü içerisinde bulunan ikinci manyetik pusula yardımı ile 5 ile 10 cm sapma hata payı ile görevleri başarı ile gerçekleştirmektedir. GPS konumlama sensörünün teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. GPS modülü teknik özellikleri

Desteklediği uydu isimleri	BeiDou, Galileo, GLONASS, GPS / QZSS
Çalışma sıcaklık aralığı (Santigrat)	-40,+85 C
Çalışma gerilimi	3.6 V
Aynı anda bağlanabildiği maksimum uydu sayısı	25
Üretim yılı	2015
İlk başlama kilitleme süresi (saniye)	25
Sıcak kilitleme (kapa aç) süresi	1
Konumlama hata payı (metre)	1
İvmelenme hata payı (m/s)	0.5
Pusula yön hata payı (derece)	0.3
Ölçülebilir maksimum yükseklik (metre)	50.000
Ölçülebilir maksimum hız (m/s)	500



Şekil 3.15. GPS konumlama modülü

3.1.6. Motor Sürücü Modülü (ESC)

Drone üzerinde motorları kontrol eden motor sürücü modülleri (Şekil 3.10), dronda kullanılan doğru akım enerji sistemini alternatif akıma çevirerek, motorların hızını kontrol etmeye yarayan bileşendir. Drone üzerinde her motor için bir ESC bulunur. ESC batarya sisteminden direkt olarak beslenir, motor çalıştırma ve hız kontrol sinyalini ise uçuş kontrol kartından alır.



Şekil 3.16. Motor sürücü modülü (ESC)

3.1.7. Radyo Kumanda Alıcı ve Verici Modülü

İki nesneye yönelik kullanılabilen bu elektronik bileşen, dronu uzaktan kontrol etmeye yarar. İki kısımdan oluşur, alıcı ve kumanda kolu olmak üzere kullanıcının dronu istediği yöne hareket ettirmesini sağlar (Şekil 3.16). Bu çalışmada SKYDROID T12 model, 12 kanallı radyo alıcı kullanılmıştır (Şekil 3.17).

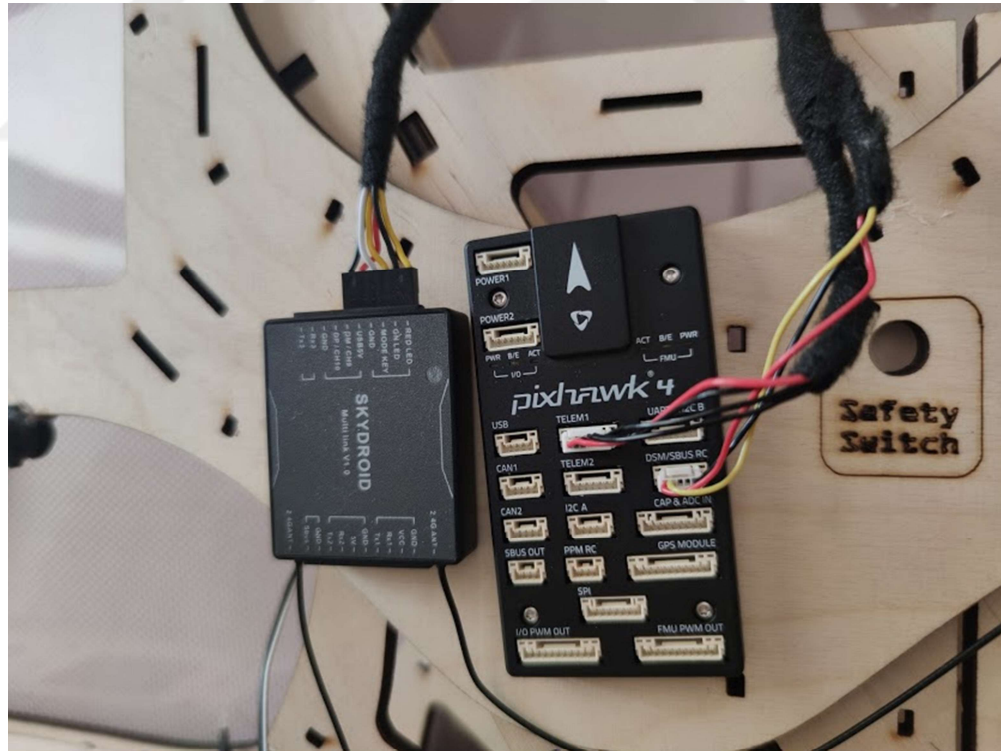


Şekil 3.17. Radyo kumanda alıcı ve verici modülü



Şekil 3.18. Skydroid T12 model, 12 kanallı radyo alıcı

Skydroid radyo alıcısı veri alışverişi bağlantısı ve yer istasyonuna bilgi aktarması için uçuş kontrol kartına bağlanmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Skydroid radyo alıcısı veri alışverişi bağlantısı ve yer istasyonuna bilgi aktarması için uçuş kontrol kartına bağlantısı

Kumanda ve alıcının teknik özellikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Bu modül ayrıca dronu kontrol kabiliyeti dışında, uçuş kontrol kartında kaydolun anlık uçuş

verilerini de bluetooth üzerinden kullanıcı ara yüzüne aktarmaya yaramaktadır. Böylelikle kullanıcının herhangi bir android tabanlı cep telefonu veya tablet yardımı ile kumandaya Bluetooth protokolü ile bağlanılıp, anlık uçuş verilerini takip etmesine yardımcı olmaktadır.

Çizelge 3.2. Kumanda (dümenleme) ve alıcının teknik özellikleri

Özellik	Değer
Ağırlık (Kumanda kolu), gr	490
Ağırlık (Alıcı modül), gr	26
Kullanılabilir kanal sayısı, adet	12
Çalışma gerilimi, V	3.7
Çalışma akımı, mA	170
Nominal batarya kapasitesi, mAh	4000
Çalışma süresi, saat	25
Çalışma frekans aralığı, GHZ	2.4
Sinyal menzili , Km	15

3.1.8. İlaçlama Pompası ve Püskürtme Memeleri

Dronun ilaçlama ve püskürtme görevi için akış şiddeti ayarlanabilen 12V - 48V gerilim değerleri arasında çalışabilen bir pompa ve püskürtme işlemi için 4 adet püskürtme memesi kullanılmıştır (Şekil 3.14.).

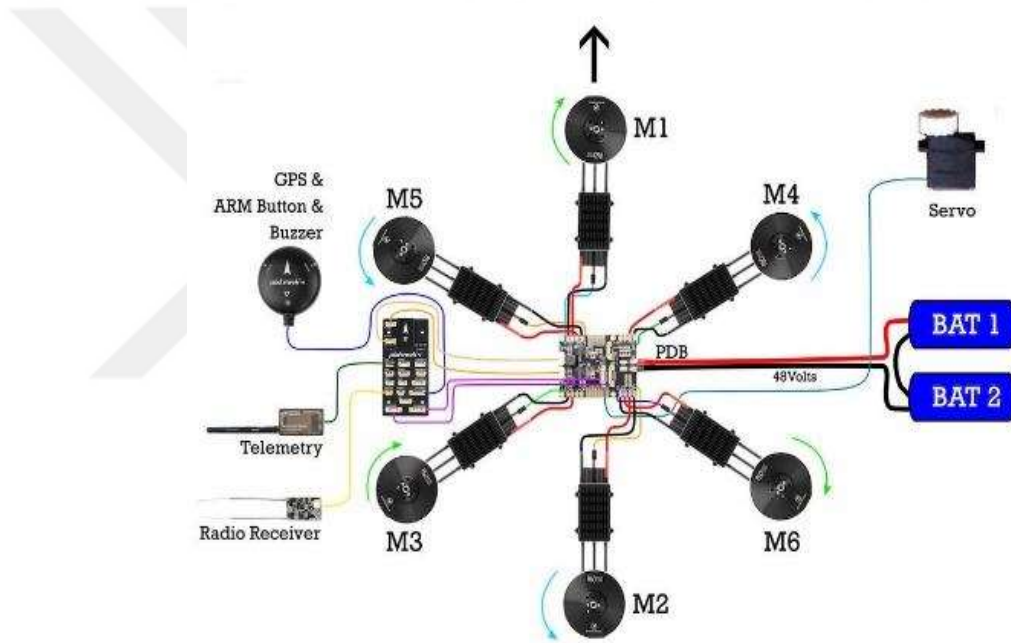


Şekil 3.20. İlaçlama pompası ve püskürtme memeleri

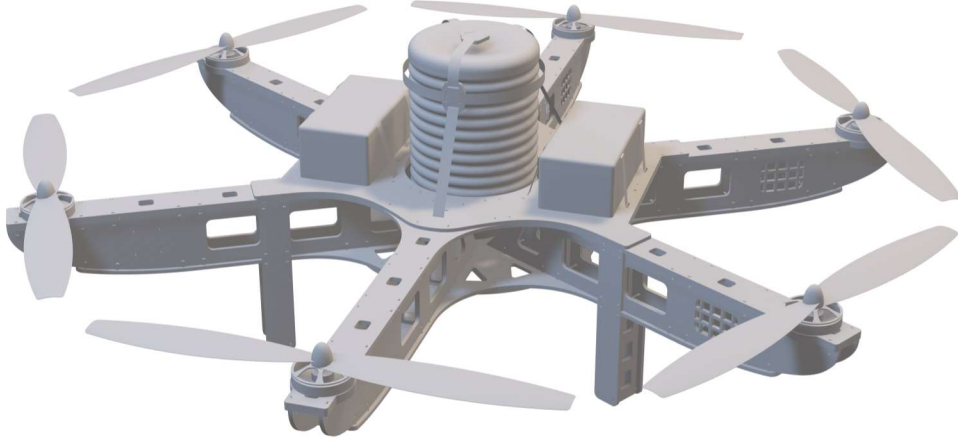
3.1.9. Elektronik Sistemin Dizilimi

Dronun temel elektronik bileşenlerinin bağlantı şeması Şekil 3.15'te montajı tamamlanmış gövdenin resmi Şekil 3.16'de ve montajı ve elektronik bağlantıları yapılmış

dronun uçuşa hazır hali ise Şekil 3.17’de verilmiştir. 6S olarak imal edilen her iki pil birbirlerine seri bağlanarak 12s pil grubu elde edilmiştir. Bataryalardan elde edilen güç, dağıtım kartının besleme uçlarına bağlantısı sağlanmıştır. Sırasıyla her bir motor, motor sürücülerine şekilde görüldüğü gibi istenilen dönüş yönlerine doğru gerilimi vererek hareket sağlanmıştır. Motor sürücülerini kendileri için programlanan güç dağıtım kartı üzerindeki yerlerine lehimlemiştir. Uçuş kartını beslemesi ve çalıştırması için güç dağıtım kartı üzerinde yer alan POWER bağlantı ucundan PIXHAWK uçuş kartı üzerinde yer alan POWER1 girişine bağlantısı sağlanarak sistem çalışılır hale getirilmiştir. Uçuş kontrol kartına sırasıyla, GPS, Radyo verici bağlantıları sağlanarak dronun uçuşu için gereken elektronik bileşenlerin bağlantısı tamamlanmıştır.



Şekil 3.21. Drone üzerinde yer alan elektronik bileşenlerin bağlantı diyagramı



Şekil 3.22. Montajı ve elektronik bağlantıları yapılmış dronun genel görüntüsü



Şekil 3.23. Montajı ve elektronik bağlantıları yapılmış uçuşa hazır dronun genel görünümü

Bu drone 20 km menzile sahip olacak olacak şekilde tasarlanıp imal edilmiştir. 8 Litre ilaçlama sıvısını ister kullanıcı yardımı ile ister otonom şekilde GPS Koordinatları verilerek, belirtilen tarla, bağ veya farklı alanlarda püskürtme, ilaçlama görevini tamamlayarak kalktığı yere otomatik olarak inme kabiliyetine sahiptir. Araç takibi drone üzerine monte edilen kameradan 640x480 çözünürlükte dijital olarak radyo dalgaları üzerinden kumandaya iletilmektedir. Kumandaya TYPE-C veya Micro USB kablo yardımı ile cep telefonu, tablet, bilgisayar üzerinden canlı olarak görüntü aktarımı sağlanmaktadır. Aracın anlık uçuş verileri; irtifa, hız, yükseklik, batarya bilgisi, kalkış mevkiine olan uzaklığı, gibi genel parametrelerin hesaplanması için tarafımızca bu işe özel olarak kodlanan, açık kaynak kodlu Arducopter yazılımından faydalanılmıştır. Bu

yazılım ile belirtilen tüm veriler 20 Km menzil kapasitesine sahip olup aynı şekilde bilgisayar, Android tabanlı cep telefonu, tablet gibi cihazları yer istasyonu olarak kullanımına olanak sağlamaktadır. Bu özellik hayatında hiç insansız hava aracı kullanmayan kişiler için bile temel bir eğitimden sonra otonom bir şekilde bu aracı uçurmayı ve verilen görevleri yerine getirmeye fayda sağlamaktadır. Bu araç uçuş görevini; 6 adet 180KV 6205 tipi motor ve bu motorlara bağlı olan 23 İNÇ karbon malzemesinden üretilmiş pervaneler (kanat) yardımı ile sağlamaktadır (Şekil 3.18). Bu motorlardan 3 adet saat yönüne doğru itme gücü geriye kalan 3 adet ise saat yönünün tersi yönüne hareket ederek araca itme gücü sağlamaktadır. Dronun güç sistemi 120 adet 18650 Lithium-İon tipi yüksek deşarj kapasitesine sahip pillerden oluşmaktadır. Bu piller iki hücre olarak, 10 paralel ve bu paralel üniteleri 6'lı gruplar halinde birbirine seri bağlayarak 6S10P olarak 2 adet batarya grubu elde edilmiştir. Motor fabrika verileri gereğince $12S=44.4\text{ V}$ istenildiği için üretmiş olduğumuz iki adet 6S10P pil grupları birbirlerine seri bağlanılarak ortaya 12S10P kapasiteye sahip pil grubu elde edilmiştir. Toplam voltaj değeri 50.2 volt olup kapasite değeri ise 20000 mAh'dir.



Şekil 3.24. Drone üzerindeki kanatlar

3.2. Metot

Teknik ölülere lazer kesimi yapılan dronun anan gövdesi oluşturulduktan sonra dronun ana organları bu gövde üzerinde montajını yapılarak imalat süreci tamamlanmış olup uçuşa hazır hale gelmiştir. Uçuş denemeleri hem Şekil 19'da görülen bağ Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait bağ alanlarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.19). Denemelerde iz maddesi ve kalıntı miktarını ölçmek için suya duyarlı kağıtlar ve filtre kağıtlar kullanılmıştır. Denemelere başlanmadan önce bu

kağıtlar asmanın üst, orta ve alt kısmına yerleştirilerek püskürtülme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Deneme alanı ve yerleştirilen kağıtların görünümü

Püskürtme denemeleri 0.5 m/s, 1.00 m/s ve 2 m/s uçuş hızında ve üç farklı yükseklikte (30 cm, 60 cm ve 90 cm) ve üç tekerrürlü yapılmıştır (Şekil 3.26)



Şekil 3.26. Çalışma esnasındaki görüntüler

Her deneme sonunda bitki üzerinde farklı noktalara yerleştirilen kâğıtlar toplanıp plastik kaplara (Şekil 3.27) konularak ağızları kapatılmıştır. Daha sonra bu kaplar laboratuvara getirilmiş ve filtre kağıtlarının bulunduğu kaplara 50 ml saf su ilave edilerek kapların çalkalayıcıda (Şekil 3.27) çalkalanması sağlanmıştır. Elde edilen örneklerin iz maddesi birikim miktarları Şekil 3.27’de görülen spektrofotometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Suyu duyarlı kağıtlar ise tarayıcıdan taratılarak fotoğraf olarak dijital ortama alınması sağlanmıştır. Daha sonra MATLAB programında oluşturulan

görüntü işleme yazılımı yardımıyla bu fotoğraflar analiz edilmiş, damlaların filtrekağıtlarında kapladığı alan ölçülerek elde edilen değer % orana dönüştürülerek kaplama oranı değerleri bulunmuştur.

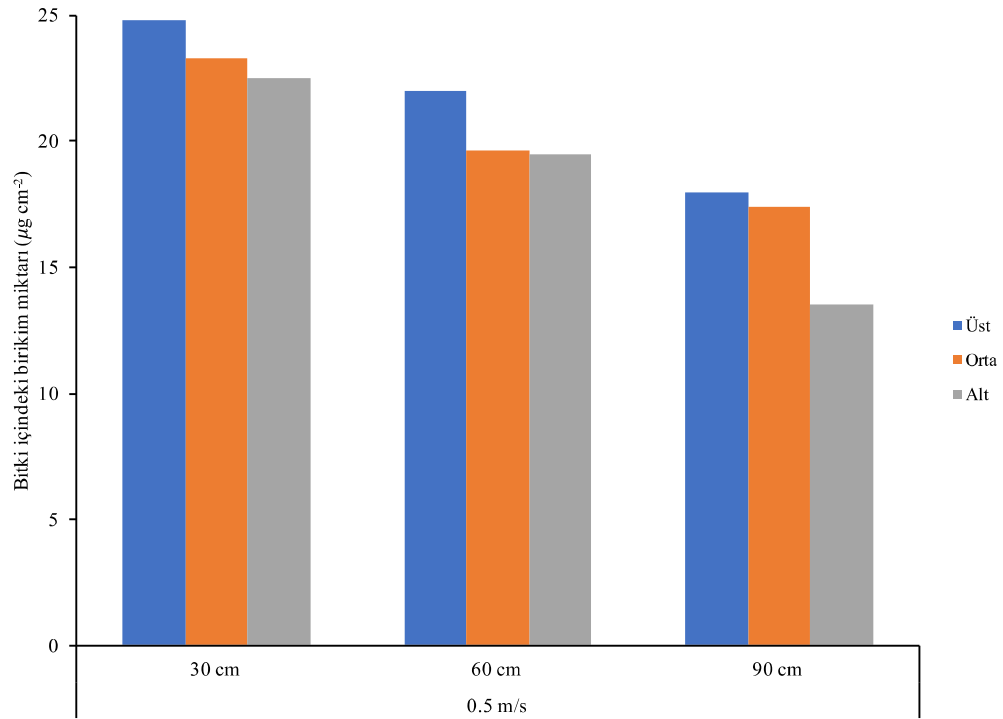


Şekil 3.27. Plastik kaplar, spektrofotometre ve çalkalayıcı



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

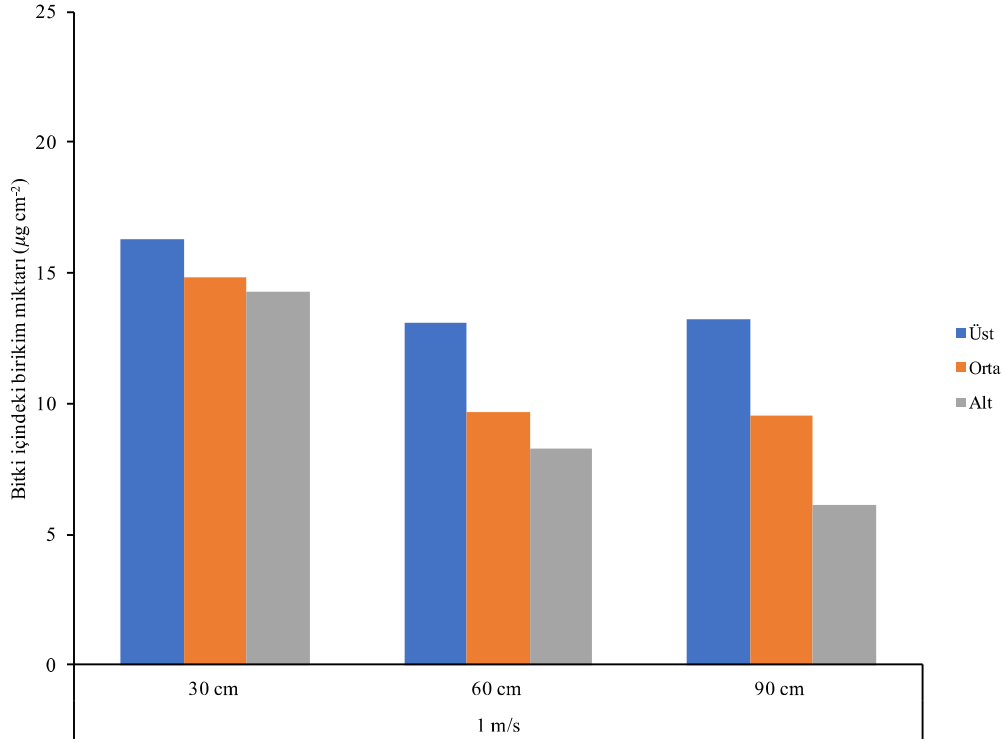
0.5 m/s ilerleme hızında, 30 cm, 60 cm ve 90 cm yüksekliklerden yapılan püskürtme denemelerinde, bitki içindeki örnekleme noktalarından elde edilen iz maddesi birikim miktarları Şekil 4.1’de verilmiştir. Söz konusu hızda genel olarak bitkinin üst bölgelerinde daha fazla birikim miktarı bulunmuş olup, alt bölgelere inildikçe birikim miktarları da azalış göstermiştir. Özellikle 30 cm yükseklikten yapılan denemelerde iz maddesi birikim miktarları diğer yüksekliklere göre daha yüksek bulunmuştur. 0.5 m/s uçuş hızında bitki içindeki birikim miktarı $24\text{-}25\ \mu\text{gcm}^{-2}$ iken bu değer 60 cm yükseklikte $20\text{-}21\ \mu\text{gcm}^{-2}$ ve 90 cm uçuş yüksekliğinde $20\ \mu\text{gcm}^{-2}$ ‘e düşmüştür. Dolayısıyla 0.5 m/s ilerleme hızında elde edilen en düşük birikim miktarı ise 90 cm yükseklikten yapılan denemelerde gerçekleşmiştir. Tüm uçuş yüksekliklerinde en fazla kalıntı miktarı üste kısımda oluşurken alt bölgeye doğru bu oran azalmıştır. Bunun nedeni, püskürtme memesi ile hedef yüzey arasındaki mesafenin daha fazla olması şeklinde açıklanabilir.



Şekil 4.1. 0.5 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları

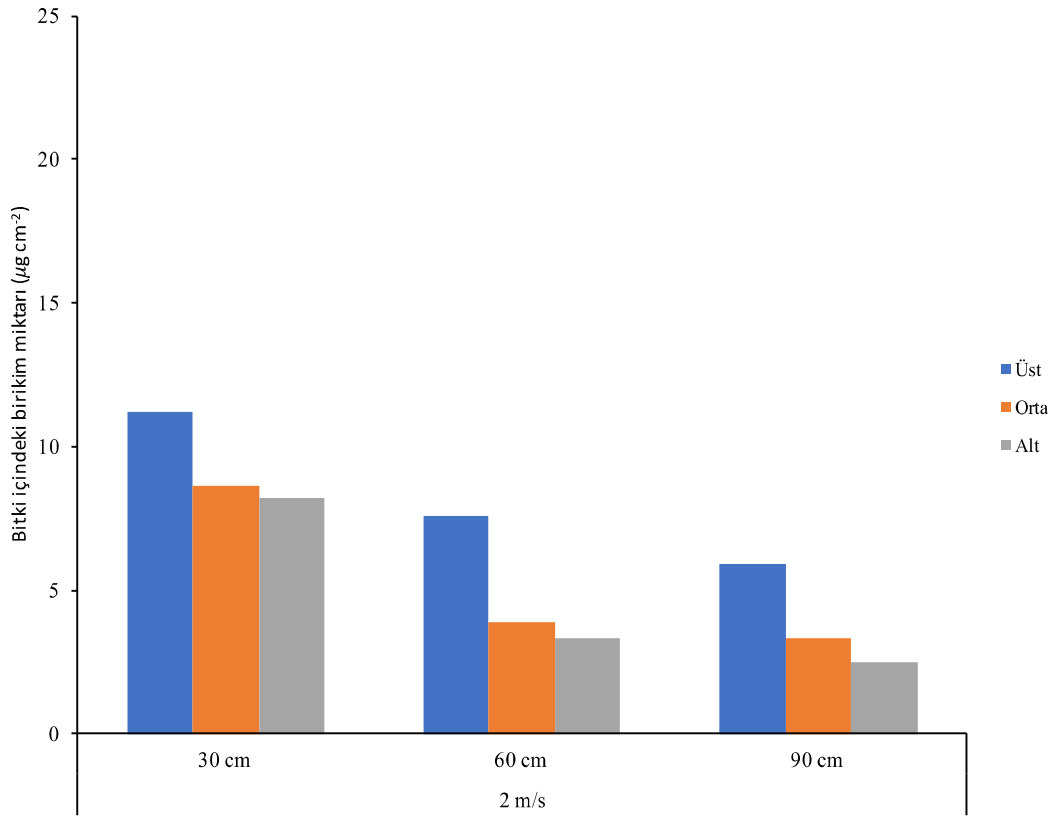
Şekil 4.2’de, 1 m/s ilerleme hızında ve farklı yüksekliklerde bitki içindeki örnekleme noktalarındaki iz maddesi birikim miktarları verilmiştir. Belirtilen ilerleme hızında genel olarak elde edilen iz maddesi birikim miktarı değerleri, 0.5 m/s ilerleme

hızındaki değerlere göre daha düşük gerçekleşmiştir. Ayrıca 60 cm ve 90 cm yükseklikten yapılan püskürtme denemelerinde bitkinin üst bölgelerinde bulunan iz maddesi birikim miktarı diğer bölgelere göre daha fazlayken, 30 cm yükseklikten yapılan denemelerde bitki üst bölgesinde elde edilen birikim miktarı değeri diğer örnekleme bölgelerindeki iz maddesi birikim miktarı değerlerine daha yakın bulunmuştur.



Şekil 4.2 1 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları

2 m/s ilerleme hızı, farklı yükseklik ve bitki içi örnekleme noktalarında elde edilen iz maddesi birikim miktarı değerleri Şekil 4.3'te verilmiştir. Genel olarak söz konusu ilerleme hızında bulunan birikim miktarı değerleri diğer iki hızda gerçekleşen değerlere göre daha düşük olmuştur. Tüm yüksekliklerde yapılan uygulamalarda bitki üst bölgelerindeki birikim miktarı daha fazla bulunmuştur. Ayrıca 60 ve 90 cm yüksekliklerde orta ve alt bölgelere ait birikim miktarı üst bölgedeki birikim miktarından çok daha düşük gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ilerleme hızının yüksek ve hedef yüzeylerin daha uzak oluşuna bağlı olarak püskürtülen damlaların söz konusu yüzeylere ulaşmaması olarak açıklanabilir.



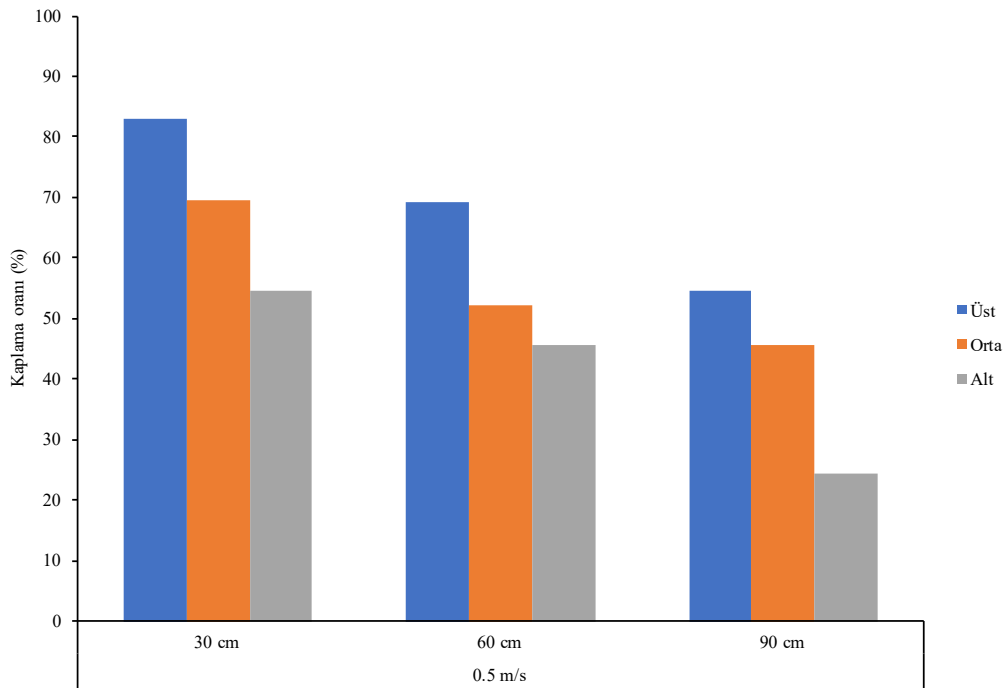
Şekil 4.3. 2 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen iz maddesi birikim miktarları

Genel olarak bütün ilerleme hızlarında en iyi iz maddesi birikim miktarı sonuçları 30 cm yüksekliklerde elde edilmiştir. Ayrıca bu yükseklikte yapılan püskürtme denemeleri diğer yüksekliklerde yapılan denemelerle karşılaştırıldığında bitki içi farklı örnekleme noktalarındaki iz maddesi birikim miktarları birbirine daha yakın bulunmuştur. Bu da söz konusu yükseklikte yapılan püskürtme denemelerinin uygulama etkinliği açısından da olumlu etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Ek olarak püskürtme yüksekliğinin artmasının, damlacıkların bitki içine penetrasyonunu da olumsuz anlamda etkilediği sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni olarak hem hedef yüzeyden uzaklaşılması hem de püskürtme yüksekliği arttıkça pervanelerin yarattığı hava akımının bitkiye yeteri kadar ulaşmadığından dolayı bitkinin iç bölgelerindeki birikim miktarlarının üst bölgelere göre daha düşük miktarlarda gerçekleştiği düşünülmektedir.

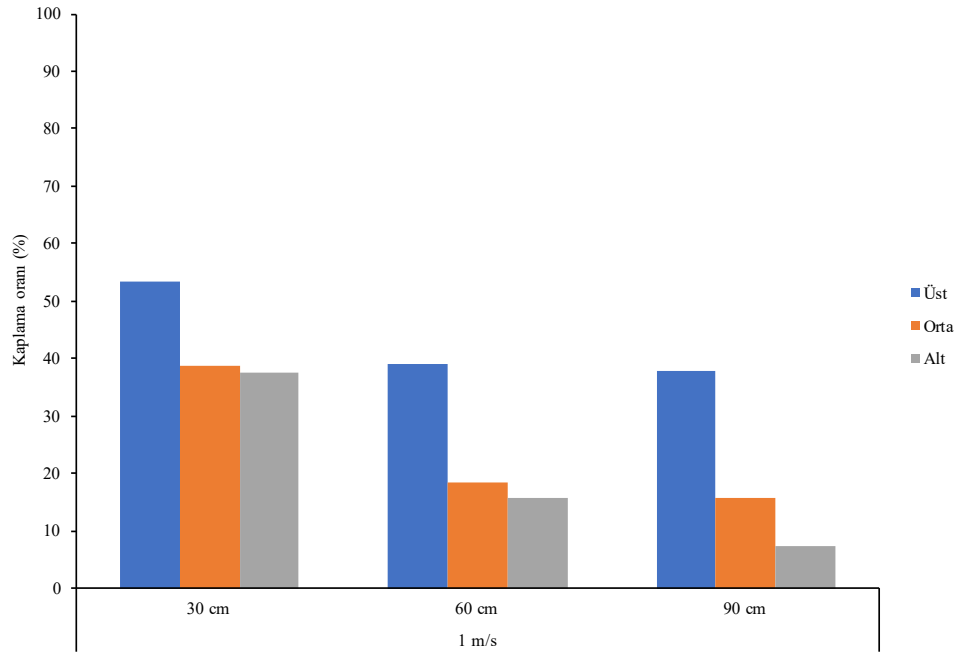
İlerleme hızları açısından incelenecek olursa, düşük hızlarda daha iyi birikim miktarı sonuçları alındığı, hız arttıkça bitki içi birikim miktarının azaldığı görülmektedir. Her ne kadar ilerleme hızı arttıkça pervanelerin yarattığı hava akımı artsa da, püskürtülen

damlacıkların buna rağmen yüksek hızdan dolayı özellikle bitki iç bölgelerine yeteri kadar girişim yapmadığı tespit edilmiştir.

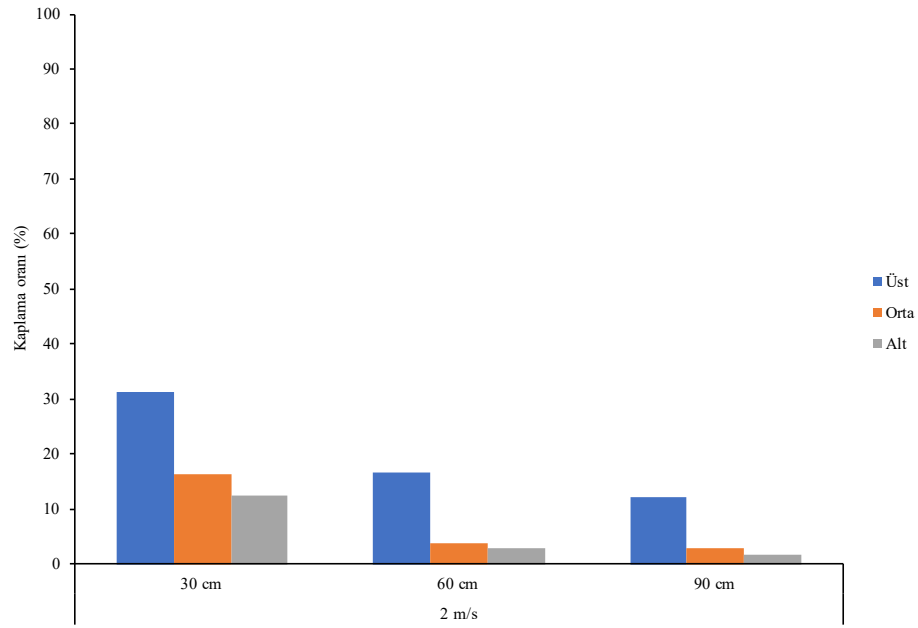
Püskürtme denemeleri yapılan farklı hız, yükseklik ve bitki içi bölgelerdeki kaplama oranı değerleri Şekil 4.4, 4.5 ve 4.6’da verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi en yüksek kaplama oranı değerleri 0.5 m/s ilerleme hızında, en düşük kaplama oranı değerleri ise 2 m/s ilerleme hızında elde edilmiştir. Püskürtme yüksekliği göz önüne alınacak olursa, tüm ilerleme hızları için en iyi kaplama oranı değerleri sırasıyla 30 cm, 60 cm ve 90cm yükseklikte gerçekleşmiştir.



Şekil 4.4. 0.5 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen kaplama oranı değerleri



Şekil 4.5. 1 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen kaplama oranı değerleri



Şekil 4.6. 2 m/s hızda ve farklı yüksekliklerde (30 cm, 60 cm, 90 cm) asma bitkisi içindeki üst, orta ve alt bölgelerde ölçülen kaplama oranı değerleri



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

0.5, 1.00 ve 2.00 m/s ilerleme hızında, 30 cm, 60 cm ve 90 cm yüksekliklerden yapılan püskürtme denemelerinde, bitki içindeki örnekleme noktalarından elde edilen iz maddesi birikim miktarlarına göre genel olarak bitkinin üst bölgelerinde daha fazla birikim miktarı bulunmuş olup, alt bölgelere inildikçe birikim miktarları da azalış göstermiştir. Özellikle 30 cm yükseklikten yapılan denemelerde iz maddesi birikim miktarları diğer yüksekliklere göre daha yüksek bulunmuştur. 0.5 m/s ilerleme hızında elde edilen en düşük birikim miktarı ise 90 cm yükseklikten yapılan denemelerde gerçekleşmiştir.

1 m/s ilerleme hızında genel olarak elde edilen iz maddesi birikim miktarı değerleri, 0.5 m/s ilerleme hızındaki değerlere göre daha düşük gerçekleşmiştir. Ayrıca 60 cm ve 90 cm yükseklikten yapılan püskürtme denemelerinde bitkinin üst bölgelerinde bulunan iz maddesi birikim miktarı diğer bölgelere göre daha fazlayken, 30 cm yükseklikten yapılan denemelerde bitki üst bölgesinde elde edilen birikim miktarı değeri diğer örnekleme bölgelerindeki iz maddesi birikim miktarı değerlerine daha yakın bulunmuştur.

2 m/s ilerleme hızı, farklı yükseklik ve bitki içi örnekleme noktalarında elde edilen iz maddesi birikim miktarı değerleri genel olarak söz konusu ilerleme hızında bulunan birikim miktarı değerleri diğer iki hızda gerçekleşen değerlere göre daha düşük olmuştur. Tüm yüksekliklerde yapılan uygulamalarda bitki üst bölgelerindeki birikim miktarı daha fazla bulunmuştur. Ayrıca 60 ve 90 cm yüksekliklerde orta ve alt bölgelere ait birikim miktarı üst bölgedeki birikim miktarından çok daha düşük gerçekleşmiştir.

Genel olarak bütün ilerleme hızlarında en iyi iz maddesi birikim miktarı sonuçları 30 cm yüksekliklerde elde edilmiştir. Ayrıca bu yükseklikte yapılan püskürtme denemeleri diğer yüksekliklerde yapılan denemelerle karşılaştırıldığında bitki içi farklı örnekleme noktalarındaki iz maddesi birikim miktarları birbirine daha yakın bulunmuştur. Bu da söz konusu yükseklikte yapılan püskürtme denemelerinin uygulama etkinliği açısından da olumlu etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Ek olarak püskürtme yüksekliğinin artmasının, damlacıkların bitki içine penetrasyonunu da olumsuz anlamda etkilediği sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni olarak hem hedef yüzeyden uzaklaşılması hem de püskürtme yüksekliği arttıkça pervanelerin yarattığı hava akımının bitkiye yeteri

kadar ulaşmadığından dolayı bitkinin iç bölgelerindeki birikim miktarlarının üst bölgelere göre daha düşük miktarlarda gerçekleştiği düşünülmektedir.

İlerleme hızları açısından incelenecek olursa, düşük hızlarda daha iyi birikim miktarı sonuçları alındığı, hız arttıkça bitki içi birikim miktarının azaldığı görülmektedir. Her ne kadar ilerleme hızı arttıkça pervanelerin yarattığı hava akımı artsa da, püskürtülen damlacıkların buna rağmen yüksek hızdan dolayı özellikle bitki iç bölgelerine yeteri kadar girişim yapmadığı tespit edilmiştir.

Püskürtme yüksekliği göz önüne alınacak olursa, tüm ilerleme hızları için en iyi kaplama oranı değerleri sırasıyla 30 cm, 60 cm ve 90cm yükseklikte gerçekleşmiştir.

Sonuç olarak; açık yazılım programı kullanılarak tasarımı ve imalatı tarafımızdan gerçekleştirilen bu insansız hava aracı olan drone'nin ithal edilenlerden daha ekonomik olduğu görülmüştür. Bu drone daha da geliştirilerek yerli olarak üretim yapılabileceği ve tarımsal mekanizasyon sektörünün gelişmesine katkı yapabileceği görülmüştür. Ayrıca, bu araçla uygulamalar esnasında kontrol operatörde olduğundan insan İş gücünü azaltacak, uygulama yanlışlıkları azalacak, bitkiye uygulanan ilacın uygulama dozajı zamanında ve ihtiyacı kadar uygulanacaktır. Bu araç ile yapılan ilaçlamada çevreye olan olumsuz etki ve maliyet azalacağı gibi, ayrıca buna bağlı olarak kalıntılar azaltacaktır. Bağlarda etkin bir ilaçlama uygulanacağından üzüm ve üzümde elde edilen ürünlerin kalitesi artmış olacaktır. İnsan ile uygulanan ilacın teması neredeyse olmadığından uygulanan ilacın insan sağlığına olan olumsuz etkileri ortadan kalkacaktır. Buda hem ürünün katma değerini artıracaktır hemde insan sağlığını etkileyen olumsuzlukları ortadan kaldıracaktır. Dolayısıyla bölgede bağ alanlarında zor ve yorucu olan, insanların ve geleneksel makinelerin rahatlıkla giremediği alanlara hassas tarımın yaygınlaşması konusunda ciddi katkılar sağlayacağı görülmüştür.

Sonuç olarak; açık yazılım programı kullanılarak tasarımı ve imalatı tarafımızdan gerçekleştirilen bu insansız hava aracı olan drone'nin ithal edilenlerden daha ekonomik olduğu ve bu dronun muadillerinin aksine kullandığı Lithium-İon teknolojisine sahip batarya sisteminden olayı, havada kalma süresi %25 düzeyde fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu drone daha da geliştirilerek yerli olarak üretimin yapılabileceği ve tarımsal mekanizasyon sektörünün gelişmesine katkı yapabileceği görülmüştür.

6. KAYNAKLAR

- Berner B., Chojnacki, J. 2017. Use of drones in crop protection..International Scientific Symposium, Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture. 9 Eylül 2017, Lublin, Polonya.
- Bramley, R.G.V., Reynolds, A.G. 2010. Precision Viticulture: managing vineyard variability for improved quality outcomes. *Managing Wine Qual*, 1: 445–480.
- Bruno, S., Faical, A., Fausto, G., Costa, A., Gustavo, P.B., Ueyama, J.A., Freitas A.H., Colombo, A.A., Pedro, H., Fini, A., Villas C.L., Fernando, S., Osório, A., Patrícia, A., Vargas, A., Braun, T. 2014. The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides. *Journal of Systems Architecture* 60 (2014): 393–404
- Budiharto, W., Chowanda, A., Gunawan, A.G.S., Irwansyah, E. 2019. A review and progress of research on autonomous drone in agriculture, delivering items and geographical information systems. The 2nd World Symposium on Communication Engineering, 20-23 Aralık 2019, Nagoya, Japonya. 978-1-7281-5330-8.
- Chen, S.D., Lan, Y.B., Li, J.Y. 2017. Effect of wind field below rotor on distribution of aerial spraying droplet deposition by using multi-rotor UAV. Trans. CSAM 2017, 48: 105–113.
- Comba, L., Gay, P., Primicerio, J., Aimonino, D.R. 2015. Vineyard detection from unmanned aerial systems images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114 (2015): 78–87.
- Çolak, A., Acar, A.İ., Orel, O., 2016. Tarım ve endüstri 4.0. 30.Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 1-3 Eylül 2016, Tokat.
- Dainelli, R., Toscano, P., Di Gennaro, S.F., Mates, A. 2021. Recent Advances in Unmanned Aerial Vehicles Forest Remote Sensing A Systematic Review. Part II: Research Applications. *Forests*, 2021, 12(4): 397.
- Doering, D., Benenmann, A., Lerm, R., Freitas, E.P., Muller, I., Winter, J.M., Pereira, C.E. 2014. Design and optimization of a heterogeneous platform for multiple UAV use in precision agriculture applications. Proceedings of the 19th World Congress The International Federation of Automatic Control, 24-29 Ağustos 2014, Cape Town, Güney Afrika.
- Freeman, P.K. ve Freeland, R.S. 2015. Agricultural UAVs in the U.S.: Potential, policy, and hype. Remote Sensing Applications. *Society and Environment*, 2 (2015): 35–43.
- Giles, D.K., Billing, R. 2014. Unmanned aerial platforms for spraying: deployment and performance. *Aspects of Appl, Bio.*, 12: 63-69.
- Giles, D.K., Billing, R. 2015. Deployment and performance of a UAV for crop spraying. Chemical Engineering Transactions. A publication of The Italian Association of Chemical Engineering, 44 (2015): 2283-9216.
- Hilz, E.; Vermeer, A.W.P. 2013. Spray drift review: The extent to which a formulation can contribute to spray drift reduction. *Crop Prot*, 2013, 44: 75–83.
- Huang, Y., Hoffman, W. C., Lan, Y., Bradley, K., Fritz, B. K. and Thomson, S. J. 2015. Development of a low-volume sprayer for an unmanned helicopter. *J. Agric. Sci.*, 7(1): 148-153.
- Kale, S., Khandagale, S., Gaikwad, S., Narve, S. and Gangal, P. 2015. Agriculture drone for spraying fertilizer and pesticides. *Int. J. Adv Res in Computer Sci. and Software Eng.*, 5(12): 804-807.
- Kirk, I.W. 2000. Aerial spray drift from different formulations of glyphosate. Trans. ASABE 2000, 43: 555–559.

- Kılıç, S., Alkan, R.M. 2018. Dördüncü sanayi devrimi endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2 (3): 29-49.
- Keskin, M., Keskin, S.G. 2012. Hassas Tarım Teknolojileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları, Hatay.
- Koç, C. 2017. Tarımda pestisit uygulama amacıyla ekonomik bir drone tasarımı ve imalatı. Editör; Doç. Dr. İrfan OĞUZ, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2017-1.
- Kulbacki, M., Segen, J., Kniec, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikodem, J., Kulbacka, J., Serester, A. 2017. Survey of drones for agriculture automation from planting to harvest. 2018-4
- Lou, Z., Xin, F., Han, X., Lan, Y., Duan, T., Fu, W. 2018. Effect of unmanned aerial vehicle flight height on droplet distribution, drift and control of cotton aphids and spider mites. *Agronomy* 2018, 8: 187.
- Ma, X.Y.; Wang, Z.G.; Jiang, W.L. 2016. Analysis of current status and application prospects of unmanned Aerial Vehicle Plant protection technology in cotton field in China. *Cotton, China*. 43 (2016): 7–11.
- Matese, A. 2020. Editorial for the Special Issue, Forestry applications of unmanned aerial vehicles (UAVs). *Forests*, 11 (2020): 406.
- Mogili, U.R., Deepak, B.V.V.L. 2018. Review on application of drone systems in precision agriculture. *RosMa*, 2018.
- Ochs, A.L. 2020. Drones in the Vineyard, Uses, Benefits, Concerns & Key Players. *Grapevine*, Temmuz-Ağustos 2020, 59.
- Qin, W.C., Qiu, B.J., Xue, X.Y. 2016. Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers. *Crop Prot*, 85 (2016): 79–88.
- Qiu, B.J., Wang, L.W., Cai, D.L. 2013. Effect of flight height and speed of unmanned helicopter on spray deposition uniform. *Trans. CSAE*, 29 (2013): 25–32
- Rokhmana, C.A. 2015. The potential of UAV-based remote sensing for supporting precision agriculture in Indonesia. The 1st International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring, *Procedia Environmental Sciences*, 24 (2015): 245 – 253
- Spoorthi, S., Shadaksharappa, B., Suraj, S., Manasa, V.K. 2017. Freyr Drone, pesticide/fertilizers spraying drone – an agricultural approach. *ICCCT*, 2.
- Sylvester, G. 2018. E-Agriculture in action: drones for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Şahin, M., Yıldırım, T. 2011. Application of a fixed-wing unmanned aerial vehicle (uav) in reforestation of lebanon cedar (*cedrus libani* a. rich). 6. Ankara International Aerospace Conference Aiacc, 14-16 September 2011, ODTU, Ankara, Türkiye. 2011-073
- Teke, M., Deveci, H.S., Öztoprak, F., Efendioğlu, M., Küpçü, R., Demirkese, C., Şimşek, F.C., Bağcı, B., Uysal, E., Türker, U., Yıldırım, E., Bayramın, İ., Kalkan, K., Demirpolat, C. 2016. Akıllı tarım fizibilite projesi: Hassas tarım uygulamaları için havadan ve yerden veri toplanması, işlenmesi ve analizi. 6. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, UZAL-CBS 2016, Adana.
- Tekin, A. B., Fornalè, M., Turhan, M., Maso, M., 2015. Tarımda Teknolojik Evrim; İnsansız Hava Araçları. Akademik Bilişim Kongresi, 4-6 Şubat 2015, Eskişehir.
- Tekin A., B., Türkseven S., Kızmaz M., Z., Urkan E., Serim A., T. 2016. Monitoring weed flora in agricultural fields with unmanned air vehicle. Turkey 6th Plant Protection Congress, 5-8 September 2016, Konya, Turkey. 844.

- Türker, U., Akdemir, B., Topakcı, M., Tekin, B., Aydın, İ.Ü.A., Özoğul, G., Evrenosoğlu, M. 2015. Hassas tarım teknolojilerindeki gelişmeler. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, 1-295. Ankara.
- Türkseven, S., Kızmaz, M.Z., Tekin, A.B., Urkan, E., Serim, A.T. 2016. Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, Journal of Agricultural Machinery Science. 12 (4): 267-271-267
- Vatandaş M., Güner M., Türker U. 2005. Hassas Tarım Teknolojileri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, Ankara. 347-365.
- Wang, S.L., Song, J.L., He, X.K. 2017. Performances evaluation of four typical unmanned aerial vehicles used for pesticide application in China. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 10 (2017): 22-31.
- Wanga, Z., Andrea, S., Griffin, B., Lucasc, A., Wong, K.C. 2019. Psychological warfare in vineyard: using drones and bird psychology to control bird damage to wine grapes. Crop Protection, Mart, 2019.
- Wang, C.L., He, X.K., Wang, X.N. 2016. Testing method of spatial pesticide spraying deposition quality balance for unmanned aerial vehicle. Trans. CSAE 32 (2016): 54-61. (In Chinese) [CrossRef]
- Wu, K., Rodriguez, G. A., Zajc, M., Jacquemin, E., Clément, M., De Coster, A., Lambot S. A new drone-borne GPR for soil moisture mapping. Remote Sensing of Environment, 235:111456
- Xinyu, X., Kang, Weicai, Q., Lan, Y. and Huihui Zhang, 2014, Drift and deposition of ultra-low altitude and low volume application in paddy field. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 7 (4): 23-28
- Xue, X., Lan, Y., Sun, Z., Chang, C. and Hoffmann, W.C. 2016. Develop an unmanned aerial vehicle based automatic aerial spraying system. Computers and Electronics in Agriculture, 1 (28): 58-66.
- Xu, T.Y., Yu, F.H., Cao, Y.L. 2017. Vertical distribution of spray droplet deposition of plant protection multi rotor UAV for japonica rice. Trans. CSAM 2017, 48: 101-107.
- Yallappa, D., Veerangouda, M., Palled., Bheemanna, M. 2017 Development and evaluation of drone mounted sprayer for pesticide applications to crops.
- Yoshio Inoue; Satellite- and drone-based remote sensing of crops and soils for smart farming – a review (2020) *Soil Science and Plant Nutrition*, 66 (2020): 798-810.
- Zhang, J., He, X.K., Song, J.L. 2012. Influence of spraying parameters of unmanned aircraft on droplets deposition. Trans. CSAM 2012, 43: 94-96.
- Zheng, Y.J., Yang, S.H., Zhao, C.J. 2017. Modelling operation parameters of UAV on spray effects at different growth stages of corns. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 10 (2017): 57-66.
- Zhu, H., Lan, Y., Wu, W., Hoffman, W.C., Huang, Y., Xue, X., Liang, J., Fritz, Brad. 2010. Development of a PWM precision spraying controller for unmanned aerial vehicles. *Journal of Bionic Engineering*, 7 (2010): 276-283.



ÖZGEÇMİŞ

Eğitimimi, Mehmetçik İ.Ö.O. ardından Ziya Gökalp Lisesi'ni bitirerek Lisans eğitimim için, Ukrayna Sevastopol Milli Teknik Üniversitesi – Radyo Elektronik Fakültesi'nden Mikro ve Nano Elektronik bölümünden 1 yıl hazırlık (Rusça) görerek 2013 yılında mezun oldum.

Sercan EZİN







DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	SERCAN EZİN
ÖĞRENCİ NO	18822002
EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI	2019-2021
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Bağ İlaçlama Uygulamaları için Bir Drone Tasarımı, İmalatı ve Performansının Belirlenmesi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	75
BENZERLİK ORANI	%20
RAPORLAMA TARİHİ	21/06/ 2021
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 75 sayfalık kısmına ilişkin, 21/06/2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından uygulanan <i>Turnitin</i> adlı intihal tespit programından alınan intihal raporuna göre, her şey dahil tez benzerlik oranı % 20'dir. Uygulanan filtrelemeler: ☐ Kabul/Onay sayfaları hariç, ☐ Kaynakça hariç ☐ Alıntılar hariç/dâhil ☐ Diğer Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve bu Uygulama Esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim. Gereğini saygılarımla arz ederim. Öğrencinin Adı ve Soyadı: Sercan EZİN Tarih: 21/06/2021 İmza:	
..... Tez Danışmanı Adı ve Soyadı: Prof. Dr. Abdullah SESSİZ Tarih: 21/06/2021 İmza:	 Anabilim Dalı Başkanı Adı ve Soyadı: Prof. Dr. Abdullah SESSİZ Tarih: 21/06/2021 İmza: