KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVACILIK BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVAALANINDA FARKLI LAZER DALGABOYLARI İLE KUŞLA MÜCADELENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

OKAN ŞÖLENTAŞ

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVACILIK BİLİMİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVAALANINDA FARKLI LAZER DALGABOYLARI İLE KUŞLA MÜCADELENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

OKAN ŞÖLENTAŞ

Doç. Dr. Belgin GENÇ ÖZTOPRAK		
Danışman,	**Kocaeli Üniversitesi**	B. Genç .....
Doç. Dr. Erhan AKMAN		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	.....
Doç. Dr. Vildan DURMAZ		
Jüri Üyesi,	**Eskişehir Teknik Üniversitesi**	.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 29.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kuşların havayolu ulaşımına etkileri, etkilerin azaltılması için lazer teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen kaçırma eylemlerinin başarı seviyesi incelenmiş, gerçekleştirilen inceleme sonuçları en etkin lazer tipi belirlenmiş ve en etkin lazerin insan sağlığına zarar vermeden havalimanlarında kullanılabilmesi daha başarılı seviyeye getirilmesi amacı ile uygun lazer ışığının tespiti amaçlanmıştır.

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışma sürecinin her aşamasında bilgilerini ve tecrübelerini paylaşarak bana her fırsatta yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Belgin GENÇ ÖZTOPRAK'a teşekkür ederim. Yüksek lisans tez çalışmamın 2019/001'nolu proje kapsamında gerçekleşmesine büyük katkı sağlayan Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Denemelerin gerçekleştirilmesi için gerçek aktif havalimanı ortamı kullanılmasına olanak sağlayan Eskişehir Teknik Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Yönetimi'ne, sektör araştırmalarında yardımcı olan İstanbul Havalimanı Yaban Hayatı Yönetim Birimi çalışanlarına teşekkür ederim. Çalışmamın gerçekleşmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında bilgi birikimi ve yardımları ile destek sağlayan Doç. Dr. Erhan AKMAN'a, Doç. Dr. Behçet Yalın ÖZKARA'ya, G. Benan ALTUNTAŞ'a, Hayrettin İLETMİŞ'e, Kaan TURAN'a ve Ferhat BÖLÜKBAŞ'a, altyapı imkanlarının kullanılmasına izin veren Kocaeli Üniversitesi Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi ve Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi (LATARUM)'a, BEAM Ar-Ge firması yönetimlerine teşekkür ederim. Sevgili babam R. Turhan ŞÖLENTAŞ ve annem Ayşe ŞÖLENTAŞ'a, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen değerli eşim Nilay ŞÖLENTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ocak – 2020 Okan ŞÖLENTAŞ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 2
1.1. Hava Araçları ve Kuşlar-Yabani Hayat 3
1.1.1. Hava araçları 3
1.1.2. Yabani hayat-kuşlar 4
1.2. Yabani Hayat-Kuş Olay Kategorileri 4
1.2.1. Teyit edilen çarpışmalar 4
1.2.2. Teyit edilmeyen çarpışmalar 5
1.2.3. Ciddi olaylar 5
1.3. İstatistiki Veriler 5
1.4. Örnek Olaylar 5
1.5. Yasal Gereklilikler 8
2. YABANİ HAYATIN HAVALİMANI VE ÇEVRESİNDE BULUNMA SEBEPLERİ 11
2.1. Havalimanında Yabani Hayat İçin Cezbedici Yerler 11
2.1.1. Su 11
2.1.2. Besin 12
2.1.3. Barınma 12
2.1.4. Kuş uçuş koridoru 12
2.2. Havalimanı Çevresindeki Yabani Hayat İçin Cezbedici Yerler 13
3. YABANİ HAYAT YÖNETİMİ STRATEJİLERİ VE TEKNİKLERİ 15
3.1. Uçuş Saatlerinin ve Uçuş Prosedürlerinin Değiştirilmesi 15
3.2. Çevre Yönetimi ve Dışlama 16
3.2.1. Su 16
3.2.2. Besin 17
3.2.3. Barınma alanları 17
3.3. Kovma ve Rahatsız Etme Teknikleri 18
3.3.1. Kimyasal yöntemler 19
3.3.2. Sesli yöntemler 21
3.3.3. Görsel yöntemler 22
3.4. Diğer yöntemler 23
3.4.1. Devriye 24
3.4.2. Yabani hayatı ortadan kaldırma 25
4. GÖRME VE LAZERLER 26
4.1. Lazer Güvenliği 30
4.2. Lazer Işının Atmosferde Karşılaştığı Etkiler 32

4.3. Havalimanları ve Heliportlarda Kullanılan Lazerler 35
5. MALZEME VE YÖNTEM 38
5.1. Ön Çalışmalar 38
5.2. Malzemeler 40
5.2.1. 405 nm (mor) 300 mW lazer 41
5.2.2. 450 nm (mor-mavi) 64 mW lazer 42
5.2.3. 532 nm (yeşil) 78 mW lazer 42
5.2.4. 532 nm (yeşil) 78 mW lazer 43
5.2.5. 650 nm (kırmızı) 77 mW lazer 43
6. DENEME VERİLERİ 46
6.1. 1. Aşama: Farklı Lazer Dalga Boylarının Kaçırma Etkisinin Belirlenmesi 49
6.1.1. 1. aşama: 405 nm lazer ile kaçırma denemeleri 49
6.1.2. 1. aşama: 450 nm lazer ile kaçırma denemeleri 51
6.1.3. 1. aşama: 532 nm (LM) lazer ile kaçırma denemeleri 52
6.1.4. 1. aşama: 532 nm (HY303) lazer ile kaçırma denemeleri 53
6.1.5. 1. aşama: 650 nm lazer ile kaçırma denemeleri 54
6.1.6. 1. aşama veri analizi 56
6.2. 2. Aşama: Enerji Akısının Kaçırmadaki Etkisinin Belirlenmesi 61
6.2.1. 2. aşama: düşük enerji akılı lazer ile kaçırma denemeleri 62
6.2.2. 2. aşama: yüksek enerji akılı lazer ile kaçırma denemeleri 63
6.2.3. 2. aşama veri analizi 64
6.3. 3. Aşama: Gün Işığının Kaçırmadaki Etkisinin Belirlenmesi 66
6.3.1. 3. aşama: bulutlu hava denemeleri 66
6.3.2. 3. aşama: bulutsuz hava denemeleri 68
6.3.3. 3. aşama verileri analizi 70
6.4. Işın Düzenleyici (Beam Expander) Etkisi 72
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 77
KAYNAKLAR 79
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 82
ÖZGEÇMİŞ 83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Cirrus SR20 uçağı ile akbaba çarpışması 2
Şekil 4.1. Elektromanyetik spektrum 26
Şekil 4.2. İnsanlarda dalga boylarına ait nispi emilim oranı 27
Şekil 4.3. İnsanların, arıların ve kuşların görme spektrumlarının karşılaştırması..... 28
Şekil 4.4. Diyotlar lazer kaynağı şematik görünümü 29
Şekil 4.5. Sisli havadaki lazer ışığı soğurulması (HPH deneme bölgesi) 33
Şekil 4.6. Agrilaser Autonomic Laser Bird Deterrent..... 36
Şekil 4.7. The Agrilaser Handheld - Agrilaser Lite Bird Deterrent 37
Şekil 4.8. Aerolaser Helipad..... 37
Şekil 4.9. A-TOM500 Serisi..... 37
Şekil 5.1. 22 Haziran 2019 İGA ziyareti, iki farklı çapa sahip Agrilaser el tipi lazer denemeleri 39
Şekil 5.2. Denemelerde kullanılan farklı dalga boylarındaki ışınlar 41
Şekil 5.3. 405 nm lazere ait sapma 41
Şekil 5.4. 450 nm (mor - mavi) lazere ait sapma..... 42
Şekil 5.5. 532 nm (LM) lazere ait sapma 42
Şekil 5.6. 532 nm (HY303) lazere ait sapma..... 43
Şekil 5.7. 650 nm lazere ait sapma 44
Şekil 5.8. 532 nm 78 mW lazer güç ölçümü (LATARUM)..... 45
Şekil 6.1. Deneme Bölgesi Hasan Polatkan Havalimanı (uzak görünüm)..... 46
Şekil 6.2. Deneme Bölgesi Hasan Polatkan Havalimanı (yakın görünüm)..... 46
Şekil 6.3. Bulutsuz/Öğle/22.10.2019 denemeleri (lazer-likert tablo)..... 47
Şekil 6.4. Dalga boyu - kaçma tepkisi ilişkisi (sabah) 59
Şekil 6.5. Dalga boyu - kaçma tepkisi ilişkisi (öğle)..... 60
Şekil 6.6. Dalga boyu - kaçma tepkisi ilişkisi (akşamüstü)..... 60
Şekil 6.7. Kaçma tepkisi - MPE ilişkisi..... 65
Şekil 6.8. Bulutsuz havada kaçırma denemeleri..... 69
Şekil 6.9. Bulutlu ve bulutsuz havalarda 532 nm lazer için kuş türü – kaçma tepkisi ilişkisi..... 71
Şekil 6.10. 7X ışın düzenleyicinin 405 nm lazer ışını üzerindeki etkisi (LATARUM) 72
Şekil 6.11. Optik sistem özellikleri 74
Şekil 6.12. Lazer ışnğın düzenleyici içerisinde izlediği yol (15X) 75
Şekil 6.13. Işın düzenleyici kesit görüntüsü..... 75
Şekil 6.14. Işın düzenleyici ölçüleri 76

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Lazer ışığı soğurulma oranları 34
Tablo 5.1. Denemelerde kullanılan lazerler 40
Tablo 5.2. 405 nm - 300 mW lazer özellikleri 41
Tablo 5.3. 450 nm - 64 mW (mor - mavi)lazer özellikleri 42
Tablo 5.4. 532 nm - 78 mW (LM) lazer özellikleri 43
Tablo 5.5. 532 nm - 78 mW (HY303) lazer özellikleri 43
Tablo 5.6. 650 nm - 77 mW lazer özellikleri 44
Tablo 5.7. Lazer MPE değerleri 44
Tablo 6.1. Likert ölçek tablosu puanları 48
Tablo 6.2. 405 nm (mor) -300 mW lazer denemeleri 50
Tablo 6.3. 450 nm - 64 mW lazer denemeleri 51
Tablo 6.4. 532 nm - 78 mW (LM) lazer denemeleri 52
Tablo 6.5. 532 nm - 78 mW HY303 lazer denemeleri 53
Tablo 6.6. 650 nm - 77 mW lazer denemeleri 54
Tablo 6.7. 1. aşama tanımsal istatistiği 56
Tablo 6.8. 1. aşama çoklu karşılaştırma 58
Tablo 6.9. 532 nm - 78 mW LM denemeleri 62
Tablo 6.10. 532 nm - 78 mW HY303 lazer denemeleri 63
Tablo 6.11. 2. aşama dalga boyu tanımsal istatistiği 65
Tablo 6.12. Bulutlu hava denemeleri 67
Tablo 6.13. Bulutsuz hava denemeleri 68
Tablo 6.14. 3. aşama tanımsal istatistik verisi 70
Tablo 6.15. 3. aşama çoklu karşılaştırma 70
Tablo 6.16. 3. aşama Tukey analizi 71
Tablo 6.17. 532 nm HY303 lazeri özellikleri 73

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

q	:	Saçılma parçacıklarının boyut dağılımı
λ	:	Lamda (dalga boyu)
σ	:	Yok olma katsayısı
cm	:	Santimetre
CO_2	:	Karbondioktit
gr	:	Gram
km	:	Kilometre
mJ	:	Milijoule
mW	:	Miliwatt
mm	:	Milimetre
mrad	:	Miliradyan
nm	:	Nanometre
R	:	Optik iletim yolu
V	:	Meteorolojik görünürlük

Kısaltmalar

AEL	:	Accessible Emission Limit (Erişilebilir Emisyon Sınırı)
ARP	:	Airport Reference Point (Havalimanı Refesans Noktası)
CAA	:	Civil Aviation Authority (İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi)
Doc	:	Doküman
EASA	:	European Aviation Safety Agency (Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı)
FAA	:	Federal Aviation Administration (Amerika Federal Havacılık Dairesi)
FOD	:	Foreing Object Damage (Yabancı Madde Hasarı)
HeNe	:	Helyum Neon
HPH	:	Hasan Polatkan Havalimanı
IBIS	:	ICAO Bird Strike Information System (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü Kuş Çarpması Bildirim Sistemi)
ICAO	:	International Civil Aviation Organisation (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü)
İGA	:	İstanbul Grand Airport (İstanbul Havalimanı İşleticisi)
LATARUM	:	Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi
MPE	:	Maximum Permissible Exposure (İzin Verilen Azami Maruz Kalma)
Nd:YAG	:	Neodymium Doped Yttrium Aluminum Garnet (Neodimyum Katkılı İtriyum Alüminyum Granat)
NHZ	:	The Nominal Hazard Zone (Nominal Tehlike Bölgesi)
SHGM	:	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
UV	:	Ultraviyole

HAVAALANINDA FARKLI LAZER DALGABOYLARI İLE KUŞLA MÜCADELENİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Son yıllarda hava aracı sayısındaki ve yabani hayat popülasyonundaki artış, çarpışma sayılarındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Yaşanan çarpışmalar sonucu hava araçları zarar görmekte, maddi kayıplar yaşanmakta, uçuş trafiği aksamakta, yolcuların hava ulaşımına olan güvenleri azalmakta ve bunlardan çok daha önemlisi insan hayatları kaybedilmektedir. Havaalanı çevresindeki 13 km yarıçaplı alanda yabani hayatın yönetilmesi için mekanik, kimyasal, sesli ve görsel pek çok yöntem denenmiş fakat istenen sonuca ulaşılamamıştır. Bu alanda lazer sistemlerinin etkinliğini artırmak için; farklı lazer sistemleri ve bu sistemlerin uygulama yöntemleri üzerinde çalışmalar sürmektedir.

Bu çalışmada kuşların havayolu ulaşımına etkileri, bu etkilerin azaltılması için lazer teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen kaçırma eylemlerinin başarı seviyesi incelenmiştir. Gerçekleştirilen inceleme sonuçları doğrultusunda, insan göz sağlığı ve sektör beklentileri de dikkate alınarak en etkin lazer ışınına ulaşılması amaçlanmıştır.

Çalışma süresi boyunca 4 farklı dalga boyuna sahip 5 adet lazer kullanılmış, farklı hava şartları ve kuş türlerinde bu lazerlerin kaçırma etkileri analiz edilmiştir. Analizler sonucunda kaçırma eylemlerinde en belirleyici özelliğin lazer dalga boyu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, tespit edilen en etkili dalga boyuna sahip lazer ışığının insan göz sağlığına zarar vermeden azami değere hangi yöntemle çıkartılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Havacılık, Kuş, Kuş Çarpması, Lazer, Yaban Hayat Yönetimi.

EVALUATION OF BIRD DISPERSAL WITH DIFFERENT LASER WAVELENGTHS AT THE AIRPORT

ABSTRACT

In recent years, the increase in the number of aircraft and wildlife population has also brought about an increase in wildlife strikes numbers. These strikes result in damage to aircraft, financial losses, flight traffic, air travelers' confidence in air travel, and more importantly, human lives are lost. Several dispersal methods (auditory deterrents, visual deterrents, chemicals) are using to keep wildlife away from the airport reference point, but none of these methods tried to achieve the desired success yet. Testing are still in progress to improve the effectiveness of laser systems and methods of application.

In this study, effects of birds on the airway transportation is investigated and the success level of the dispersal actions performed by using laser technology to mitigate those effects are examined. Objective of this project is designing the most effective laser beam while consider human eye health and aviation sector expectations in accordance with test results.

During the study, 5 lasers with 4 different wavelengths were used and the avoidance effects of these lasers in different weather conditions and bird species were analyzed. As a result of the analyzes, the laser wavelength was determined as the most determinant feature in the abduction actions and the most effective wavelength detected laser light is determined to increase the maximum value without damaging human eye health.

Keywords: Aviation, Bird, Bird Strike, Laser, Wildlife Management.

GİRİŞ

Lazerler; ölümcül bir tehlike içermeyen, çevresel açıdan güvenli kuş korkutma ve kontrol metotları arasında bulunmaktadır. Son yıllarda uzun menzillere odaklanabilmeleri, farklı mod versiyonlarında kullanılabilmeleri (desen oluşturma, farklı dalgaboyları, sürekli veya atımlı modlarda ışıma yapması vb.), farklı çalışma parametreleri kullanımı, yönlendirilme kabiliyeti ve farklı uygulama yöntemlerine olanak vermeleri nedeni ile lazerle kuş uzaklaştırma çalışmaları üzerine yoğunlaşılmaktadır.

Bu çalışmada, sınırlı kaynaklarla uçuş emniyeti seviyesinin azami ölçüde yüksek tutmak için çalışan havalimanlarında, kuşların yarattığı risklerinin düşürülmesine yönelik kullanılan mücadele yöntemleri arasında yer alan lazerlerin etkinlik seviyesi araştırılmıştır. Denemeler sonucu tespit edilen en uygun dalga boyuna özgü ışın düzenleyici geliştirilmiştir.

Tez içeriği kapsamında öncelikle yabani hayvanların hava ulaşımına etkileri incelenmiş, yabani hayatın havalimanlarında bulunma sebepleri belirtilmiş, mevcut durumda uygulanan yabani hayat kaçırma faaliyetleri incelenmiştir. Bahsi geçen bilgiler kapsamında lazerle kaçırma tekniğinin etkinliği ve kullanılabilirliği yönünde denemeler yapılarak en uygun lazer dalga boyu ve dış ortam özellikleri belirlenmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

Geyik, çakal, köpek, vb. hayvanların havalimanı hareket bölgelerinde dolaşmasının uçuş emniyetini tehlikeye düşürdüğü hatta ölümcül kazalara yol açtığı kayıt altındadır [2]. Ancak kuş ve hava aracı çarpışma sayıları ve sonuçları dikkate alındığında odaklanılması gereken esas sorunun kuşlar olduğu açıkça görülmektedir.

Ulaşılabilen kayıtlara göre toplam küresel rakamlara bakıldığında 1960 yılından bu yana yabani hayat çarpışmaları nedeni ile 122'den fazla sivil uçak, 333'dan fazla askeri uçak kullanılamaz hale gelmiş, 255'dan fazla sivil insan ve 150'den fazla askeri personel hayatını kaybetmiştir [1]. Kuş çarpmaları yalnızca bir olayda işleticiler için 1.500.000 Dolar zarar yaratabilmektedir [2]. Şekil 1.1'de bir uçak – kuş çarpışmasının yaratabileceği hasar görülmektedir.



Şekil 1.1. Cirrus SR20 uçağı ile akbaba çarpışması [3]

Kuş/yabani hayat ve hava aracı çarpışmalarının %71'lik bölümünün 150 metre altında tırmanış ve alçalma safhasında, havalimanlarında ya da yakınlarında yaşanması bu problemin çözümü için havalimanlarının doğru adres olduğunu göstermektedir [3]. Bu mücadele için havalimanlarında bir "kuş/yabani hayat yönetim programı" oluşturmalı, uygulamalı ve geliştirmelidir [1]. Bu programda kuş/yabani hayatın doğal ortamlarından tamamen uzaklaştırılması yerine, emniyetli ortak kullanım alanların oluşturulması ve bu alanlarda alınması gerekli önlemlerden bahsetmek en gerçekçi yaklaşımdır.

1.1. Hava Araçları ve Kuşlar-Yabani Hayat

20. yüzyılın başlarında başlayarak hızla ilerleyen modern hava ulaşımı her gün binlerce hava aracının seyahat ettiği bir seviyeye gelmiştir. Bu durum aynı ortamı paylaşan kuşlar ve diğer yabani hayvanlarla yaşanan kazaları da beraberinde getirmiştir. Hava araçları ve kuşlar ile ilgili daha detaylı bilgi bölüm içerisinde verilmiştir.

1.1.1. Hava araçları

Uçaklar 1903 yılında gökyüzündeki yerini almasının ardından güç sistemleri ve gövde yapıları baş döndürücü bir hızla geliştirilmiştir. Uçaklar güç sistemlerine göre basitçe aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [4];

- Piston motorlu
- Jet (türbin) motorlu

Günümüz yolcu uçaklarındaki en yaygın güç sistemi kullanımı türbin motorlarıdır. Bu motorlar çok daha hızlı ve çok daha sessizdir. Bu motorlar çarpışmışlara karşı belirli testlerden geçmiş olsa da parçalarının yüksek hızda çalışması çarpışmalarda daha çok hasar almasına neden olmaktadır.

Günümüz yolcu uçaklarında hakim gövde kaplaması malzemeleri, hafifliği ve dayanıklılığı nedeni ile kompozit ve özel metallerdir. Hafifliği ve dayanıklılığı nedeni ile tercih edilen bu malzemeler, yüksek hızlarla seyir eden uçakların yabani hayat çarpışmalarında daha çok etkilenmesine neden olmaktadır.

Uçakların yakıt tasarrufu ve meteorolojik şartlar nedeni ile yüksek irtifalarda seyretmesi yabani hayat tehlikelerinden kaçınmalarını da sağlamaktadır. Ancak, 1950'li yıllara kadar kullanılan daha yavaş, daha gürültülü uçaklar günümüzde yerini daha hızlı ve daha sessiz uçaklara bırakmıştır. Örneğin günümüz yolcu uçaklarının iniş ve kalkış hızları birçok parametreye bağlı olmasına rağmen yaklaşık olarak 250 km/saat'e yakındır. Bu durum ise çarpışma öncesi kaçınma olasılığını düşürmekte ve çarpışma oranlarının artmasına neden olmaktadır.

1.1.2. Yabani hayat-kuşlar

Hava aracı–yabani hayat çarpışmalarının çok büyük bir bölümü kuşlar oluştursa da potansiyel tehlike yaratan diğer yabani hayatın da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Havalimanları için potansiyel tehlike yaratan bu yabani hayat, havalimanlarının bulunduğu coğrafyalara bağlı farklılıklar göstermekle birlikte genellikle köpek, tilki, çakal, geyik, domuz ve tavşan vb. hayvanları kapsamaktadır. Ancak potansiyel tehlike yaratan yabani hayat bunlarla sınırlı değildir. Çarpışmaların büyük oranını ise kuşlar oluşturmaktadır. Bunlar çarpışma yaşanan bölgelerde yaşayan kuşlar olabileceği gibi, göç eden kuşlar da olabilmektedir [1].

Göçmen kuşlar farklı mevsimleri farklı coğrafyalarda geçiren kuş türlerinden oluşan bir gruptur. Dünyada her yıl 50 milyar kuşun göç ettiği tahmin edilir. Bunlardan yaklaşık 5 milyarı Avrupa ile Afrika arasında göç eder. Göç esnasında belirli yolları kullanırlar ve göç mevsimlerinde bu yerlerde yoğun kuş sürüleri görülür [5]. Bazı göçlerin 33.000 feet yükseklikten gerçekleştiği kaydedilmiştir [6]. Bahsedilen bu yüksekliklerde hava sıcaklıklarının sıfırın altında 30 dereceye kadar düşmektedir.

1.2. Yabani Hayat-Kuş Olay Kategorileri

Kuşlar ve yabani hayatın uçuş operasyonlarına etkisi yalnızca çarpışmalarla sınırlı değildir. Kuşların ve diğer yabani hayatın havalimanlarında, çevresinde veya kalkış, iniş hatlarında bulunması bile operasyonların gecikmesine hatta durmasına yol açabilir.

Kuş ve yabani hayat olayları üç başlık altında sınıflandırılmaktadır [2]. Bunlar;

- Teyit edilen çarpışmalar
- Teyit edilemeyen çarpışmalar
- Ciddi olaylar

1.2.1. Teyit edilen çarpışmalar

Hava aracı üzerinde bulunan kan veya tüy dahil ölü hayvan ya da parça kalıntıları veya hasar üzerine yapılan kuş/yabani hayat çarpışma raporları. Bu raporlamalarda çarpma

gerçekleştiği görülen bölgeden alınacak parça, tüy veya kan örneği raporla beraber ilgili kuruluşa gönderilmelidir [1].

1.2.2. Teyit edilmeyen çarpışmalar

Hava aracı üzerinde her hangi çarpışma izine rastlanmadığı halde yapılan raporlamalar veya pistte, çevresinde bulunan ve ölüm sebeplerinden emin olunamayan kuş/yabani hayat ölüleri veya kalıntıları üzerine yapılan raporlamalar teyit edilemeyen çarpışmaları içermektedir [2].

1.2.3. Ciddi olaylar

Havalimanında veya çevresinde varlıkları ile uçuşu etkileyen kuş/yabani hayat olaylarıdır. Uçuşun gecikmesi, istenilen uçuş safhasının zamanında gerçekleştirilememesi buna örnek gösterilebilir [2].

1.3. İstatistiki Veriler

Amerika'nın Federal Havacılık Dairesi (Federal Aviation Administration – FAA) kuş ve yabani hayat çarpışmaları ile ilgili 1990 yılından bu yana düzenli bir raporlama ve kayıt sistemine sahiptir. FAA sahip olduğu bu verileri her yıl yayımlamaktadır. En son yayımı yapılan ve 1990-2018 yıllarını kapsayan bu verilerdeki özet bilgiler şu şekildedir.

- 28 yılda 214.048 çarpışma raporlanmıştır [3]
- Bu çarpışmaların 15.799 i hava araçlarında hasara yol açmıştır [3]
- Çarpışmaların %29'u gece yaşanmıştır [3]
- En çok çarpışmanın yaşandığı uçuş safhası yaklaşmadır [3]
- Çarpışmaların %92'si 1.067 metrenin altında gerçekleşmiştir[3].

1.4. Örnek Olaylar

17 Aralık 1903 tarihinde sivil havacılığın başlangıcı sayılan Wright Kardeşler tarafından gerçekleştirilen ilk uçuştan kısa süre sonra kuş/yabani hayat çarpışmaları yaşanmaya başlamıştır [2].

- İlk rapor edilen kuş çarpması Wright Flyer ile Orville Wright tarafından 1905 yılında gerçekleşmiştir [1].
- 3 Nisan 1912 yılında Long Beach California'da Calbraith Rogers ilk kuş çarpması nedeni ile ölen insan olmuştur. Çarpma uçuş kontrol yüzeylerine zarar vermiş ve uçak 1,5m'den denize düşmüştür [1].
- 4 Ekim 1960 tarihinde, Lockheed Electra L188 tipi yolcu uçağı Boston's Logan Uluslararası Havalimanı'ndan kalkışı esnasında sığırcık sürüsüne girmesi nedeni ile düşmüştür. 72 yolcu ve mürettebattan 62 kişi ölmüştür [1].
- 23 Kasım 1962 yılında bir Vickers Viscount tipi uçak Maryland'da 6000 feette bir kuğuya çarpmış yatay stabilize hasar görmüş ve uçak gövdesinden ayrılmıştır. Uçağın düşmesi sonucu 17 kişi yaşamını yitirmiştir [7].
- 12 Kasım 1975 tarihinde, JFK Havalimanı'ndan kalkış yapmak için pistte koşmaya başlayan DC-10 tipi uçak motorlarına martı girmesi sonucu kalkıştan vazgeçmiş ve sert frenleme yapmıştır. Aşırı ısınmadan dolayı tekerleklerde çıkan yangın uçağı da yakmıştır. Uçak içindeki 138 yolcu sağlıklı şekilde tahliye edilmiş ancak uçak tamamen kullanılamaz hale gelmiştir. Kaza sonrası uçaklarda kullanılan high-bypass (gelişmiş turbo fan motor) ve turbo fan motorlara sertifikalandırma kriterleri getirilmiştir [1]. Örneğin uçaklarda ticari olarak hizmet vermek isteyen bir türbin motor aşağıdaki standartları sağlamalıdır [8]:

- Kalkış esnasında motora bağlı olarak 1,8 ila 3,6 kilogram ağırlığındaki tek kuşun motora girmesi sonucu yangın çıkmayacak ve motor en az 14 dakika %50 itki sağlayabilecek.
- Tırmanış esnasında en fazla 1,35 kg ağırlığındaki bir kuşun motora girmesi ile güç kaybının %25den fazla olmayacak ve 5 dakika boyunca motor kapatma ihtiyacı hissedilmeyecek.
- Tırmanış esnasında 16 küçük kuşun motora girmesi sonucu 20 dakika boyunca azalan oranda itki sağlanabilecek. [1]

- 24 Ekim 2004 tarihinde bir Boeing 767 uçağı Portland International Havalimanı'ndan (Oregon) kalkışı esnasında bir kuş sürüsüne girmiş, motor stall olmuş (itki gücü üretemez durumuna gelmiş) ve uçak 40.000 litre yakıtı Michigan gölüne boşaltmış ve inmiştir [1].

Havalimanlarında kuş/yabani hayat yönetim programının oluşturulup uygulanması gerekliliğini gösterir yabani hayat çarpışmaları ile ilgili çok fazla olay mevcuttur. Konu hakkında birkaç örnek olay daha aşağıda sunulmuştur.

- 7 Haziran 1989, Cenova, İtalya. TNT Hava Yolları'nın sahibi olduğu bir kargo uçağı Cenova Havalimanı'ndan martı çarpması sonucu 3 motoru ciddi şekilde hasara uğramıştır. Şirket kuş çarpmasına dair kanıtları sunarak bir dizi dava açmıştır. Dava olaydan 11 yıl sonra sonuçlanmış ve meydana gelen 2 milyon Dolarlık hasarın %50sinin Ulaştırma Bakanlığı, %30'unun havalimanı işleticisi ve %20'sinin liman otoritesi tarafından karşılanması kararlaştırılmıştır [1].
- 12 Aralık 1973 Norwich, İngiltere, dokuz kişiyi taşıyan Falcon iş jeti Norwich havalimanından kalkış esnasında martılar ile çarpışmıştır. Çarpışma sonucu basit yaralanmalar yaşanırken, uçak kullanılamaz hale gelmiştir. Kaza sonrası başlatılan davada, havalimanı işleticisinin, hava aracı işleticisine karşı yasal yükümlü olduğu belirlenmiştir. Kanıtların incelenmesinin ardından havalimanı işleticisinin görevini yerine getirmede başarısız olduğu belirlenmiş, bu sebeple ilgili hasarın karşılanmasına karar verilmiştir. Yani havalimanı işleticisi yabani hayat yönetimi eylemlerini gereğince gerçekleştirememiştir [1].
- 14 Haziran 1975 Watertown, Kuzey Dakota, ABD, bir Sabreliner jeti Watertown Havalimanı'ndan kalkışı esnasında iki motoruna martı girmesi nedeni ile kaza geçirmiş ve kullanılamaz hale gelmiştir. Uçak içerisinde bulunan altı kişiden üçü yaralanmıştır. Kazanın ardından Safeco sigorta şirketi havalimanı işleticisine karşı dava açmıştır. Dava sonucu verilen kararda havalimanı işletici hatalı bulunmuş ve hasar gören uçağın bedeli kadar tazminatı uçak işleticisine ödenmesine karar vermiştir [1].
- 22 Mart 1998 Marseille Provence Havalimanı, Fransa. Air France ait A-320 uçağı kalkış için hızlanma safhasında esnasında yaklaşık 20 martının bulunduğu kuş sürüsüne girmiş, 2 nolu motora çok sayıda kuş çarpmış, motor kullanılamaz hale gelmiştir. Kuşların pist üzerine ölü bir kirpi için geldiği bu sebeple yoğunluk oluşturduğu belirlenmiştir. Kaza sonrası havayolunun, uçuş alanlarında dikkatsiz operasyon yürütülmesi nedeni ile Fransa devletine karşı açtığı davayı 2005 yılında kazanmış ve 4 milyon dolar tazminat ödemeye mahkum etmiştir. Muhtemelen

kirpinin önceki uçuşlarda öldüğü ancak havalimanı işleticisi personelinin bu kalıntıyı temizlemede başarısız olduğu tahmin edilmektedir [1].

- 2009 yılında US Hava Yolları'na ait bir yolcu uçağının 1549 numaralı uçuşu esnasında kuş çarpması sonucu Hudson Nehrine zorunlu iniş yapması ve 155 kişinin sağ kurtulması sonucu bu tehlikeye karşı alınan önlemler havayolu taşımacılığında daha sık sorgulanmaya başlanmıştır [9].

1.5. Yasal Gereklilikler

1944 yılında Chicago Sivil Havacılık Konferansı'na öncesi dünya ülkelerinin katıldığı birçok toplantıda kararlar alınmasına rağmen esas olarak 1944 yılında Chicago Sivil Havacılık Konferansı ile dünya ülkelerinin mutabık kaldığı ana sözleşme oluşturulmuştur. Günümüzde Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organisation - ICAO) Doc. 7300 ana metin sözleşmesi olarak belirtilen bu sözleşme ve ekleri ile havayolu ulaşımında görev alan personel ve tesislerin standartları belirlenmiştir [10].

Ana amacı hava taşıtlarına yönelik güvenli ve emniyetli iniş, kalkış konaklama ve ramp hizmetlerini alabilecekleri bir bölge oluşturmak olan havalimanlarından beklenen ve Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) tarafından yayımlanan ICAO Doc. 9137 bölümlerinde belirtilen 8 ana hizmet faaliyet aşağıda sunulmuştur;

- Kurtarma ve yangınla mücadele hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-1)
- Kaplamalı yüzey koşulları durum hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-2)
- Kuş kontrolü ve azaltma hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-3) [2]
- Hareket kabiliyetini kaybetmiş hava araçlarının kaldırılmasına yönelik hizmetler (ICAO Doc. 9137 Part-5)
- Maniaların kontrolü hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-6)
- Havaalanı acil durum planlaması hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-7)
- Havaalanı operasyonel hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-8)
- Havaalanı bakım uygulamaları hizmetleri (ICAO Doc. 9137 Part-9)

Yukarıda da belirtildiği üzere havalimanlarından beklenen ana hizmet faaliyetleri arasında kuş kontrolü ve azaltılmasına yönelik hizmetler de mevcuttur.

Bir havalimanının yabani hayat programı uygulaması gerekliliğini belirten Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (EASA) ve ICAO tarafından yayınlanan diğer havacılık mevzuatları ve yayınlar ise aşağıda verilmiştir;

- SHGM - Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı
- EASA EC Regulation 139/2014, article 10 (madde 10)
- ICAO- Annex-15 Aeronautical Information Services / Chapter 8 (Havacılık Bilgi Servisi / Bölüm 8)
- ICAO Annex 14 Volume I - Aerodrome Design and Operations (Havaalanı Tasarımı ve Operasyonları)
- ICAO Doc. 9137 Airport Services Manual, Part-3 Bird Control and Reduction (Havaalanı Servis El Kitabı, Kuş Kontrolü ve Azaltımı)
- ICAO Doc. 9137 Airport Services Manual, Part-8, Airport Operational Services (Havaalanı Operasyonal Servisleri)
- ICAO Doc. 9137 Airport Services Manual Part-9 Airport Maintenance Practices (Havaalanı Bakım Uygulamaları)
- ICAO Doc. 9184 Airport Planning Manual, Part-2 Land Use and Environmental Control (Yüzey Kullanımı ve Çevre Kullanımı)
- ICAO Doc. 9332 Manual on the ICAO Bird Strike Information System (IBIS) (ICAO Kuş Çarpışmaları Bilgi Sistemi)
- ICAO Doc. 9774 Manual on Certification of Aerodromes (Havaalanı Sertifikasyon Kılavuzu)

Dünyanın birçok ülkesinde sivil hava ulaşımına açık havaalanlarının sertifika alma zorunluluğu vardır. Ülkemizde bunu gereli kılan yasal zorunluluk ise SHGM tarafından yayınlanmış Havaalanı Sertifikasyon ve İşletim Yönetmeliği'dir [11]. Bu sertifikasyon aşamasında havalimanı işleticileri bir el kitabı geliştirmek ve bu el kitabı içerisinde yabani hayat yönetimine dair strateji ve tekniklerini belirlemek zorundadır.

Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı (SHT-HES) etkin bir raporlama sistemi kurulmasını, bu verilerin ilgili otorite ve ICAO IBIS sistemine iletilmesini ister. Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı (SHT-HES) içerisinde aşağıdaki maddeler yer almaktadır;

“Bir havaalanı üzerindeki veya çevresindeki yabani hayvan çarpma zararı aşağıdaki şekilde değerlendirilmelidir:

- Uçaklara yabani hayvan çarpmalarının kaydedilmesine ve rapor edilmesine yönelik ulusal bir prosedürün oluşturulması,
- Uçak operasyonlarına potansiyel bir tehlike oluşturan havaalanı üzerindeki veya çevresindeki yabani hayvanların varlığına ilişkin uçak operatörlerinden, havalimanı personelinden ve diğer kaynaklardan bilgi toplanması,
- Yabani hayvan zararının yetkili personel tarafından sürekli olarak değerlendirilmesi.

Havaalanı işletmecilerince, yabani hayvanlar ile uçaklar arasındaki çarpışma olasılığını en aza indirmek için uçak operasyonlarına yönelik riski azaltıcı önlemler alınmalıdır. Uygun bir yabani hayvan değerlendirmesi, bir yabani hayvan tehlikesi sorununa vesile olan şartları yaratmalarının muhtemel olmadığını ortaya koymadıkça havaalanı işletmecisi, ilgili yerel kuruluşlarla koordineli bir şekilde yabani hayvanları havaalanına veya çevresine çekebilecek çöplüklerin veya başka herhangi bir kaynağın oluşturulmasını önlemek veya bunları ortadan kaldırmak üzere önlem almalıdır. Mevcut mahallerin ortadan kaldırılmasının mümkün olmadığı durumlarda, havaalanı işletmecisi, ilgili diğer birimler ile işbirliği içerisinde, bu mahallerin uçaklar için oluşturdukları herhangi bir riskin değerlendirilip makul olarak mümkün olan en düşük seviyeye indirilmesini sağlamalıdır. Risk değerlendirme konusunda yapılan çalışmalar havaalanında muhafaza edilmelidir. Havaalanı işletmecileri, ilgili yerel kuruluşlarla koordineli bir şekilde yabani hayvanları çekebilecek, havaalanı çevresindeki arazi gelişimleri ile ilgili havacılık emniyet konularına gerekli ilgiyi göstermelidir” [12].

2. YABANİ HAYATIN HAVALİMANI VE ÇEVRESİNDE BULUNMA SEBEPLERİ

Daha hızlı, daha sesiz uçakların yer aldığı ve her geçen gün trafiğin ve yabani hayat/kuş sayısının arttığı havalimanlarında yabani hayat popülasyonuna karşı büyük gayret sarf etmek gerekmektedir. Kuşların uçuş yollarının havalimanı üzerine denk gelmesi, kısa süreli de olsa havalimanı bölgesinde bulunmalarına neden olmaktadır. Buna ek olarak, yabani hayat canlıları, havalimanına ve havalimanı çevresine "su, besin ve barınma" gibi üç ana yaşam ihtiyacını karşılamak için gelirler [2].

2.1. Havalimanında Yabani Hayat İçin Cezbedici Yerler

Havaalanı arazisinde ve yakınlarında kuşlar ve yabani hayat birçok cezbedici neden için bulunmaktadır. Kuş/yabani hayat için cezbedici olan bu yerlerin sebeplerinin doğru şekilde belirlenmesi ve çözümler üretilmesi yabani hayat yönetimi için doğru eylemler gerçekleştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Havalimanı ve yakınlarında kuş/yabani hayat için cezbedici olarak düşünülebilecek üç ana unsur vardır. Bunlar [2];

- Su
- Besin
- Barınacak yerdir.

2.1.1. Su

Havalimanı içerisinde yer alan çukurlar, drenaj kanalları ve su birikme alanları (yüzeysel veya derin) kuşların ve diğer canlıların su ihtiyaçlarını giderebilmeleri için çok uygun alanlardır.

Yabani hayat/kuş popülasyonunun artması ve kentsel bölgelerin yırtıcı hayvanlardan uzak bol besine ulaşılabilir konumlar olması nedeni ile yabani hayat/kuş popülasyonlarının bir kısmı kent yakınlarına da yayılmış durumdadır. Bu sebeple şehirlerdeki, şehir yakınlarındaki veya yerleşim yerleri dışındaki tüm

havalimanlarındaki su birikintileri havalimanı coğrafik yapılarına bağlı olarak kuşlar ve diğer yabani hayat için cezbedici yerlerdir [2].

2.1.2. Besin

Yabani hayat, havalimanı arazisi içerisine otlar, tohumlar, bitkiler üzerinde yer alan meyveler, sürüngenler, çimler arasında yer alan küçük memeliler, tarımsal ekinler, hazır yemek firmaları ya da restoranların atık yiyecekleri sebepleri ile girdiği bilinmektedir [2]. Ayrıca, tarım hareketleri, ekin kaldırma ve çiftçilik eylemleri tohumları, omurgasızları ve kemirgenleri ortaya çıkartmaktadır, bu besinler özellikle kuşlar için çok cezbedicidir.

Fakat kuşlar ve diğer yabani hayat için besin kaynaklarının havaalanından uzaklaştırılması çok zordur ve tamamen ortadan kaldırılamamaktadır. Çünkü birçok havaalanında doğal bitki örtüsü de otlardan oluşur ve otlak alan yönetimi uygulanmaz ise kuşların ulaştığı besinler kontrol altına alınamamaktadır [2].

2.1.3. Barınma

Kuşlar ve diğer yabani hayat genellikle hangar kolonlarında, hava köprülerinde, ağaçlarda ve çalılarda besin ve barınacak yer aradığı bilinmektedir. Kaz veya su kenarında yaşayan bazı kuşlar ise, emniyetli dinlenme amacı ile açık bölgeler aramaktadır [1].

Bu bölgeler kuşlara iyi bir görüş alanı sunar. Geyik, köpek ve diğer memeliler ise dinleme bölgeleri için yoğun ağaçlık, çalılık bölgeleri ararlar. Kuşlar ve diğer yabani hayat için ise dinleme ve barınma alanları; havalimanı içerisinde yer alan yapılar (hangarlar, hava köprüleri, kolonlar, direkler), kullanılmayan atıl bölgeler, ağaçlar, çalılıklar ve yer bitki örtüsü olarak sıralanabilir.

2.1.4. Kuş uçuş koridoru

Uçuş koridoru kuşların havalimanında bulunma sebepleri olan su, besin ve barınma sebepleri ile karıştırılmamalıdır. Kuş uçuş koridoru kuşların günlük ya da mevsimlik yaptığı hareketlerde rutin olarak izlediği yolları ifade eder. Bu koridorun havalimanı üzerine denk gelmesi uçuş emniyeti açısından sorunlar doğurmaktadır.

Koridor grup halinde uçan kuşlar tarafından kullanılacak olursa emniyet sorunu daha da büyüyecektir. Martı, karga gibi bazı kuş türlerinin, günlük hareketlerinin izlenmesi sonucu her sabah işe gider gibi aynı uçuş yolundan beslenme (çöplük vb.) alanlarına gittikleri, gün sonunda güneş batmadan önce yine aynı yoldan yuvalarına geri döndükleri görülmüştür.

Bir diğer tür olan göçmen kuşlar ise farklı mevsimleri farklı coğrafyalarda geçiren kuş türlerinden oluşan bir gruptur. Her sene dünyada 50 milyar kuşun göç ettiği tahmin edilmektedir [5]. Bunlardan yaklaşık 5 milyarı Avrupa ile Afrika arasında göç eder. Göç esnasında belirli yolları kullanırlar ve göç mevsimlerinde bu yerlerde yoğun kuş sürüleri görülür. Her ne sebeple olursa olsun, havalimanı üzerindeki, yaklaşma ve tırmanma bölgelerindeki kuş koridorları uçuş emniyeti açısından sorun teşkil etmektedir [5].

2.2. Havalimanı Çevresindeki Yabani Hayat İçin Cezbedici Yerler

Uçuş emniyeti için sorun oluşturabilecek kuşlar her zaman havalimanı sınırları içerisinde olmayabilir. Havalimanı yaklaşma ya da tırmanma bölgelerinde bulunabilir hatta buralarda uçaklarla dalaşabilir. Bu sebeple havalimanı sınırları dışında bulunan ve kuşlar için cezbedici olan bölgeler de tespit edilmelidir [2]. Havalimanı sınırları dışarısında kalan ve kuşların bu bölgelere gelmesi için cezbedici olan yerler şöyle sıralanabilir; havalimanı yakınındaki tarım arazileri, atık su tesisleri, geri dönüşüm tesisleri, çöp toplama alanları, su birikintileri, su ürünleri faaliyet bölgeleri (yem balığı yetiştiriciliği), hayvancılık faaliyet yerleri, göller, akarsular veya sahiller.

Tipik olarak etkin yabani hayat yönetimi planı 13 kilometrelik genişlikte yeterli bir daire alanını kapsamaktadır [2]. Havalimanı referans noktası temel alındığında önemli yabani hayat/ kuş çekecek bölgelerin yarıçapı belirlenmeli (bu ölçü ülke kanunlarına bağlıdır) ve cezbedici etki azaltılmalıdır. Bu ölçü yabani hayat yönetim uzmanlarınca belirlenmekle birlikte havalimanı referans noktası (Airport Reference Point – ARP) her zaman tam merkez nokta olmayabilir. Planın geliştirilmesi amacı ile bu plan 13 kilometrelik dairenin dışına da içine alabilir.

Verilen bilgiler kapsamında havalimanı yabani hayat yönetimi birimi veya diğer paydaşlar tarafından tespit edilen yabani hayat gözlemleri, çarpışma raporları ve

havalimanı yabani hayat yönetimi ekibinin gerçekleştirdiği önleyici eylemler düzenli şekilde kayıt altına alınmalıdır. Bu kayıtlar havalimanı veya çevresinde gerçekleşebilecek olası çarpışmalarda meydana gelebilecek hasarların temini için havayolu işletici veya sigorta firmalarının havalimanına açtığı davaların kaybedilmemesini sağlayacak, en önemlisi oluşabilecek can kayıplarına engel olacaktır.

3. YABANİ HAYAT YÖNETİMİ STRATEJİLERİ VE TEKNİKLERİ

Hiçbir havalimanı yabani hayat tehlikelerinden muaf değildir. Aniden havalanan bir bıldırcın sürüsü veya pist üzerinde koşan bir köpek ciddi maddi hasarlanmalara hatta can kayıplarına yol açabilir. Dolayısı ile yabani hayata karşı mevcut olan tehlikelerin kabul edilebilir seviyelere düşürülmesi gereklidir [2]. Önceki bölümlerde verilen bilgiler doğrultusunda tespit edilen risk seviyeleri aşağıda belirtilen strateji ve tekniklerle düşürülebilir. Bu strateji ve teknikler şunlardır;

1. Uçuş saatlerini ve uçuş prosedürlerini değiştirme
2. Çevre yönetimi ve dışlama
3. Kovma ve rahatsız etme
4. Yabani hayatı ortadan kaldırma

Ancak yukarıda belirtilen strateji ve tekniklerin hiç biri tek başına istenilen kalıcı çözümü sunmamaktadır. Kalıcı çözümler için uygun strateji ve tekniklerin kombinasyonu gereklidir [2]. Havalimanı dışarısında gerçekleştirilmesi gerekli olan eylemler için ise ilgili kurum, kuruluş veya otorite ile iletişim sağlanmalı, gerekli taleplerde bulunulmalıdır.

3.1. Uçuş Saatlerinin ve Uçuş Prosedürlerinin Değiştirilmesi

Uçuş planlamalarındaki ve uçuş prosedürlerindeki değişiklikler havayolu şirketleri üzerindeki yükü arttıracağı için sadece havalimanlarının alabileceği bağımsız mücadele strateji ve tekniklerinden biraz daha farklıdır. Çünkü bu uygulamada havalimanı, müşterisi olan havayolu şirketleri ile anlaşmazlığa düşülebilir. Fakat bütünleşmiş yaklaşım kapsamında havayolu şirketleri yabani hayat problemleri ile karşılaştıklarında havalimanları veya hava trafik servislerinden çözüm için talepte bulundukları gibi kendilerine düşen görevleri de yerine getirme konusunda ikna edilmelidir.

3.2. Çevre Yönetimi ve Dışlama

Çevre yönetimi ve dışlama yöntemi ile anlatılmak istenen, havalimanı ve çevresindeki arazi ve yapıların yabani hayat için daha az cezbedici hale getirilmesi ve yabani hayatın bu bölgelere ulaşmasının engellenmesidir. Yabani hayat canlı kalabilmek için besine, suya ve barınmaya ihtiyaç duyar. Bunlardan birinin ya da tamamının ortadan kaldırılması veya yabani hayatın bu bölgelere ulaşmasının engellenmesi, yabani hayatın yaşamlarını sürdürebilmek için bu bölgeleri tercih etmemesini sağlayacaktır [2].

Bu yöntemin havalimanlarının yabani hayat yönetimi programlarında bulunması istenir. Çünkü yabani hayat tehlike sayısının azalması için ekolojik temelli ve uzun dönemli tedbirler uygulanması önerilir.

3.2.1. Su

Havalimanı arazisi ve çevresinde yer alan çukurlar, drenaj kanalları ve su birikme alanların (yüzeysel veya derin) , akarsular veya göller kuşlar ve diğer canlıların su ihtiyaçlarını giderebileceği uygun alanlardır [1]. Aşağıda verilen yöntemler uygulanarak havalimanı çevresindeki suların neden olduğu cezbedici etkiler azaltılabilir:

- Yağmurlar sonucu dolan çukurlardaki su tabana getirilmeli ve boşaltılmalıdır.
- Büyük su birikintileri veya yağmur suyu bentleri gölcükleri, kuşları buralara yaklaşmasını engelleyecek ağlar, teller, kuş topları veya yüzen örtüler kullanılmalıdır.
- Ortadan kaldırılamayan su birikintileri içerisine/etrafına kuşların kovalanması için çabuk ulaşım sağlayan yollar yapılmalıdır.
- Su birikintilerinin kenarlarına dik yamaçlar yapılmalıdır.
- Tıkanmış kanallar veya erozyonla akışı engellenen sular, böcek veya diğer sucul hayat için güzel yaşam alanıdır, dolayısı ile kuşlar için cezbedicidir. Bu doğrultuda düzenli aralıklarla bu hendeklerin temizlenmelidir.
- Eğer uygulanabiliyorsa gömülü drenaj kanalları kullanılmalıdır.

3.2.2. Besin

Havalimanı arazisi ve çevresinde yer alan otlar, tohumlar, bitkiler üzerinde yer alan meyveler, sürüngenler, otlar arasında bulunan küçük memeliler, tarımsal ekin alanları, yiyecek firmalarının veya restoranların atık yiyecek yerleri, atık su tesisleri, geri dönüşüm tesisleri, çöp toplama alanları kuşların ve diğer canlıların besin ihtiyaçlarını karşılamasını sağlar.

Bu alanların etkisini azaltmak için;

- Havalimanı arazisi için yabani hayat için cezbedici olabilecek tarım yapılmamalıdır.
- Havalimanı çevre düzenlemesinde kuşlar veya yabani hayatı için yem olabilecek meyve ve tohum üreten bitkilerin kullanılmasından kaçınılmalıdır,
- Yiyecek atıkları yabani hayatın beslenmesi engelleyebilecek şekilde depolanmalıdır.
- Organik çöplerin toplandığı alanlar kuşlar ve bazı memeliler için çok cezbedici yerlerdir. Yerel ve ulusal kurallar havalimanı çevresinde yeni çöplüklerin açılmasını engellemeli ve ulusal kurallar havalimanı yakınındaki kuşları/yabani hayatı cezbedici çöplüklerin kapatılmasını sağlamalıdır. Ancak bu durum yeni şehirler dışında çok zordur.
- Eğer havalimanı çevresindeki çöplükler kapatılamıyorsa, etkilenen havalimanı işleticileri yabani hayat için cezbedici şeyleri azaltmak için önlemler sağlamalı, talep etmelidir. Örneğin kuşların yüzeye ulaşmasını engelleyecek tel örgüler, ağlar, üst teller vb.

3.2.3. Barınma alanları

Havalimanı arazisi ve çevresinde yer alan ağaçlar, çalılıklar, yer bitki örtüsü, kullanılmayan yapılar, havalimanı içerisinde yer alan yapılar (hangarlar, hava köprüleri, kolonlar, direkler) yabani hayatın barınma ihtiyacını gidereceği alanlardır [2].

Bu alanların kuşlar üzerindeki etkisini azaltmak için:

- Havalimanı çevre düzenlemesi yapılırken ağaçlar ve çalıların cezbedici konuma gelmemesine dikkat edilmelidir. Yoğun çalılıklar ve ağaçlar kuşlar için iyi bir barınma alanı oluşturur.
- Havalimanı arazisinde bulunan ağaçlar düzenli şekilde budanmalıdır, bu kuşların ağaçlarda tünemesini engeller.
- Kuşların yapıların veya levhaların üzerine konmasını engellemek amacı ile dikenler kullanılmalıdır.
- Kuşların konabileceği veya yuva yapabileceği yerleri en aza indirmek amacı ile havalimanındaki yapılar tasarlanırken biyologlardan görüş alınmalıdır,
- Yırtıcı kuşların konabileceği teller gibi her türlü kullanılmayan yapı havalimanından uzaklaştırılmalıdır.
- Enkazlar gibi kullanılmayan alanlar, omurgasızların saklanması için güzel yerlerdir. Buraların havalimanından uzaklaştırılması gereklidir.
- Havalimanı arazilerinin genel bitki örtü yapısı ot/çimdir. Bitki örtüsü yönetiminde ise mevsimlere göre yağmurun, toprak yapısının ve bölgenin sıcaklık yapısının iyi bilinmesi gerekir.

3.3. Kovma ve Rahatsız Etme Teknikleri

Yabani hayat tehlikelerinden korunmak amacı ile havaalanlarında veya yanlarında kovma ve rahatsız etme teknikleri kullanılmalıdır. Bu uzun dönem maliyet/etkinlik konusunda çevre yönetimi ile karşılaştırılmamalıdır. Çevre yönetimi uzun dönem için etkin bir yöntem olmasına rağmen hiçbir zaman havalimanını bütün yabani hayat tehlikelerinden kurtaramaz [3]. Kovucu ve rahatsız edici teknikler yabani hayat yönetim planının anahtar unsurudur.

Kuşlar ve memelilerin mekanik kovuculara alışması önemli bir problemdir. Eğer aynı kovucular değiştirilmeden tekrar tekrar kullanılırsa, yabani hayat bunları hemen öğrenir ve umursamamaya başlar. Kovucu yöntemler kullanılırken dört önemli faktör hatırlanmalıdır:

- Hiçbir yöntem bütün problemler için tek çözüm değildir,
- Bütün durumlar için standart bir prosedürün olmaması en iyisidir. Yabani hayatı kovma bir sanat ve bir bilimdir. Havalimanındaki yabani hayatı anlamış

motivasyonlu, eğitimli ve uygun teçhizatla donatılmış personel, kovucuların kullanılmasında başarıya ulaşılması için önemlidir,

- Her yabani hayat türü tektir ve genellikle farklı kovucu tekniklere farklı tepkiler gösterir.
- Kovucu tekniklere alışılmasının azaltılması amacı ile her zaman her yerde aynı yöntem uygulanmamalıdır.

Yabani hayatın sabit kovucu sistemlere alışması bu kovucuların etkinliğini azaltmaktadır. Bunun için bilgisayarla kumandalı otomasyon sistemler (gürültü yapan, kimyasal spreyleme yapan) etkin sonuçlar vermektedir. Bu yöntemlerin kullanılması, yabani hayatın kovucu cihaza alışkanlıklarını azaltır ve etkinliğini arttırır.

Kovma ve rahatsız etme teknikleri kimyasal, sesli veya görsel olarak sınıflandırılabilir.

3.3.1. Kimyasal yöntemler

Kimyasal kovma ve rahatsız etme yöntemleri uygulanmadan önce yasaların kullanılacak bu yöntem için izin verip vermediği araştırılmalıdır. Bazı devletler bazı kimyasal ürünlerin kullanılmasına izin vermemektedir [1]. Kovma ve rahatsız etme amaçlı kullanılan kimyasal yöntemler aşağıda sunulmuştur.

Kuşlar için kimyasal kovma ve rahatsız etme yöntemleri:

Bu iş için ulusal kurallar ve yerel otorite tarafından onaylanmış kimyasalların kullanılması önemlidir. Öncelikle kimyasal olmayan çözümler kullanılmalı ve not edilmelidir. İstenilen derecede etki göstermeyen kimyasal önlemler için ek önlemler gerekmektedir. Havalimanlarında otoritenin ve yasaların izin vermesi durumda kullanılabilecek bazı kimyasallar kovma yöntemleri şöyledir:

- Tünek ve benzeri konma noktalarına macun veya sıvı şeklinde polibutilen uygulanabilir [13]. Bu kuşları rahatsız edici bir maddedir. Kuşlar bu maddenin uygulandığı bölgelere konduğunda rahatsız olur ve konacak farklı yerler ararlar. Normal koşullarda 6 ay ile 1 yıl arası etkilidir, ama çevre şartlarına bağlı olarak bu süre değişebilir. Madde etkinliğini kaybettiğinde, basit bir şekilde temizlenip tekrar uygulanabilir,

- Anthraquinone, Methyl anthranilate kimyasalları çimler için kuş kovma amaçlı kullanılır. Her iki madde de yapraklara ilişkin uygulama için amaçlanmıştır. Kanada kazlarını uzak tutmak için sprey yöntemi etkilidir, ancak bu durum yağmur, biçme işlemleri ve hava durumlarına bağlı olarak da değişebilir. Koşullandırılmış iticilik, tat ile iticiliğe göre daha etkilidir,
- Antrakinon maddesi kuşlarda şartlı kaçınma kovucusu olarak görev alır. Kuşlar bunu yemesiyle hafif şekilde hastalanır ve bu besin kaynağından hoşlanmamaya meyil eder. Kuşlar ultra viyola ışınlarını görür ve bu maddenin ultra viyola ışınlarını gördüğünde kaçınma davranışı doğar. Bu havalimanının tüm noktalarına uygulanamaz, yalnızca yüksek risk bölgelerinin olduğu noktaya (pist yaklaşma bölgesi gibi) uygulanmalıdır,
- Metil antranilat (Methyl anthranilate) genellikle yapay üzüm tatlandırıcı olarak kullanılır. Bazı devletler çimler üzerinde kuş kovucu olarak kullanır. Kuşlar bu tattığı zaman memeliler gibi yoğun amonyum hissederler, kullanıldığı bir diğer yer ise, havuzlar ve su birikintileridir. Bu madde kuşların buralardan su içmesine ve yıkanmasında kaçınmasına sebep olacaktır. Havuzlar ve birikmiş sular için güzel bir geçici çözümdür. Bu madde aynı zamanda hangarda ve çimenlik alanda sisleme cihazı ile de kullanılabilir (termal veya mekanik),
- Aminopridin (Avitrol [4-Aminopyridine]); güvercinleri, serçeleri, karatavukları, sığırcıkları, kargaları ve martıları, beslendikleri, yuvaladıkları, kondukları yerlerden kovmak için kullanılır. Kuş bu yemi yediğinde acı çekme sesi çıkartır ve bunu grubuna haber verir. Onaylı avitroller kuşlar için zehirleyicidir. Bu madde kullanılırken aşağıdaki kurallara mutlaka uyulmalıdır.

- Kuş besleme bölgesi bilgisi araştırılmalı ve doğru tespit edilmelidir
- Hedef alınmayan türlerin bu yemi yememesi sağlanmalıdır
- Bu işlem sonrası ölen kuşlar toplanmalıdır.

Memeliler İçin Kimyasal Kovucular;

Geyikleri, tavşanları ve diğer memelileri kovmak amacı ile pek çok koku ve tat kovucuları pazarlanmaktadır. Bu kapsamda bitki örtüsü ve genel bölgelere koku kovucuları uygulanmıştır (örneğin yırtıcıların idrarı gibi). Yakın zamanki çalışmalar yırtıcı hayvanların idrarlarının geyikler üstünde çokta etki göstermediğini göstermiştir.

Bazı ürünlerin kısa süreli olarak etki göstermiş olduğu gözükse de bu havalimanlarında geyiklerin veya diğer memelilerin kovulmasında kullanılmamalıdır [2].

3.3.2. Sesli yöntemler

Kovma ve rahatsız etme amaçlı kullanılan sesli yöntemler aşağıda sunulmuştur.

Kuşlar üzerinde kullanılabilecek sesli kovucular:

- Propan toplar; basınçlı gazları yüksek patlama seslerine çeviren cihazlardır. Genellikle kuşlar buna çok çabuk alışır. Bu sebeple rutin ateşlemeler yerine gün içerisinde düzensiz ateşlemeler tercih edilmelidir. Bu cihazın kullanılacağı yerler ve zamanlar çok iyi ayarlanmalıdır çünkü uçuş hattında korkmuş kuşlar daha fazla risk yaratacaktır.
- Bio-Akustik rahatsız ediciler kuş alarmı ve tehlike çağrıları gibi biyolojik olarak önemli sesleri ileten cihazlardır [14]. Kaydedilmiş bu tür sesler dünyanın birçok noktasındaki havalimanlarında martılara veya kargalara karşı kullanılır. Acı çeken bir kuşun kaydedilmiş sesinin yayınlanması diğer kuşları bu bölgeden korkup uzaklaşmasını sağlayacaktır. Ancak kuşlar bu önleme çok çabuk adapte olur, sabit hoparlörler yerine araçlara monte edilmiş cihazlar etkinliğinin arttırılmasına fayda sağlayacaktır.
- Havada patlayan fişekler (kestane fişeği) ve diğer patlayıcılar; Bu tür atıcıların birçok farklı versiyonu mevcuttur. Tüfek veya benzeri bir atıcıdan çıkan fişek havada patlar, yüksek basınç ve ses yaratır. Bazı yeni fişekler 275 metreye kadar gidebilmektedir. Ancak bu önlem eğitimli bir atıcı gerektirir. Çünkü yanlış zamanlarda, yanlış bölgelerde ateşlenen fişekler uçuş için büyük riskler yaratabilir. Örneğin bir fişek kullanılırken; kuşların göz hizasını geçmeyecek bir konumdan atılmalı, havalanan kuşlar için uçuş hattı ile kuş sürüsü arasına ikinci bir atış daha yapılmalıdır. Böylece kuşların uçuş hattına doğru değil farkı konuma uçmaları sağlanmalıdır.
- Ultrasonik frekanslar insanlar için neredeyse sessizdir, bu yüzden kuşsuz bir çevreyi korurken zararlı böceklerden kurtulmak mümkündür [13]. Ancak çoğu kuşları kaçırmada pek etkili değildir. Uçaklar için tehlikeli olan kuş türleri bu frekanstaki sesleri duyamazlar, dolayısı ile bu cihazlar kuşları kaçırmada etkisizdir. Aynı şekilde memeliler üstünde de çok başarı sağlamazlar.

Memeliler İçin Sesli Kovucular;

Propan tüpleri geyikler için en çok kullanılan sesli kovuculardır. Ancak geyikler propan tüplerine çok çabuk alışır. Bu yüzden bu aletler bazı acil durumlarda kullanılmalıdır. Diğer elektronik ses üretici cihazlarda ise ilk seferinin ardından çok da etkili değildir.

3.3.3. Görsel yöntemler

Kovma ve rahatsız etme amaçlı kullanılan görsel yöntemler aşağıda sunulmuştur.

Kuşlar için görsel kovma ve rahatsız etme yöntemleri;

Eski zamanlardan beri kullanılan ve en çok tercih edilen görsel kovma tekniği korkulukların kullanılmasıdır. Bunlar, yırtıcı hayvan şekilleri, temsili kuklalar, üzerinde göz şekli bulunan balonlar, bayraklar ve yansıtıcı materyallerdir. Ancak tüm bunlar kısa süreli çözümler için kullanılır. Kuşların gelmesi istenilmeyen bir bölgeye üzerinde göz şekli bulunan bir balon yerleştirilmiş ve gözlem yapılmıştır. Kuşlar bir süre bu bölgeye yaklaşmamış ancak 24 saat sonra bu balon yok gibi davranmaya başlamışlardır. İlgili kovma ve rahatsız etme yöntemleri aşağıda sunulmuştur.

- Rüzgar ile hareket eden doldurulmuş hayvan postların hedeflenen istenmeyen yabani hayatı uzak tutmak için daha etkili bir yöntemdir.
- Öldürülmüş kuş türlerinin diğer kuşların görebileceği bir konuma asılması ise kuşlar üzerinde etkili bir yöntemdir. Yakın zamanda yapılan gözlemlerde ölmüş kuşları (doldurulmuş) kuşları görebileceği yerlere veya sürekli kondukları yüksekliklere asılması kuşların buralara gelmemesini sağlamıştır. Bunun için doldurulmuş kuşlar veya maketler kullanılabilir.
- Işık sistemleri; Flaş ışığı ve Lazerler.

- Işık sistemleri, kuşların belirli alanlarda dinlenme ve beslenmesini önlemek için tasarlanmıştır ve gün batımı ile şafak arasında en etkili yöntemlerdendir. Işık sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar, yüksek yoğunluklu flaş ışıklarının kuşların kaçış eylemine neden olduğunu ve bazı hava sahalarından uzaklaştığını göstermiştir [15].

- Lazerler; ölümcül olmayan, çevresel açıdan güvenli kuş korkutma ve kontrol metodudur. Bu caydırıcı tipte kullanılan tipik lazer, Amerika Birleşik Devletleri tarafından kullanımının güvenli olduğu tespit edilen Sınıf III B lazerdir. Sınıf III B sınıflandırması, 5 ile 500 mW arasında bir güç derecesine sahiptir ve doğrudan göze yönlendirilmediği sürece genellikle tehlike üretmezler. El lazerleri ise özellikle Avrupa'da tercih edilen görsel kovma ve rahatsız etme yöntemidir. Bu yöntem ile kuş sürülerinin kondu ağaç hangar veya çimenlik alanlardan uzaklaştırılması için kullanılabilir. Lazerler ışığının ulaşım mesafesinin uzun olması (yaklaşık 0,4 km) uzaklaştırma havalimanı çevre düzenlemesi yapılırken ağaçlar ve çalıların cezbedici konuma gelmemesine dikkat edilmelidir. Yoğun çalılıklar ve ağaçlar kuşlar için iyi bir barınma alanı oluşturur. Fransa'da devamlı otomatik tarama yapan yeşil renkli ışın yayan lazerlerin askeri ve sivil havalimanlarında kullanılması kararı alınmıştır. Ancak bu uygulama henüz tüm dünyada kabul edilmiş değildir. Günümüzde geliştirilen bazı otomatik lazer sistemleri yatayda belirli bir yüksekliğin üstüne çıkmadan tarama yapama özelliğine sahiptir.

3.4. Diğer yöntemler

Bu zamana kadar belirtilen kovma ve rahatsız etme yöntemlerine ek olarak birkaç teknik daha vardır. Bunlar eğitimli köpek veya yırtıcı kuşlar, radyo kontrollü model uçak veya maketler ve ölümcül olmayan vurucu silahlar olarak sıralanabilir.

Eğitimli köpek ve yırtıcı kuşlar; yırtıcı kuşlar (doğan, şahin gibi) 1940'lı yıllardan bu yana kovma ve avlanma amacı ile Kuzey Amerika ve Avrupa'daki havalimanlarında (örneğin; JFK Havalimanı) zaman zaman tercih edilmiştir. Yırtıcı kuşların havalimanlarında kullanılması doğal bir korku ile diğer kuşları kaçırdığından avantajlıdır. Ancak bu önlem pahalıdır ve programı sürdürebilecek birçok eğitimli kuş, ve her bir kuş için eğitimli ve motivasyonlu bir personel gerektirir. Eğitimli yırtıcı kuşların diğer tekniklerle birlikte belirli bir plan ve programla kullanılması gerekmektedir.

Havalimanında veya çevresinde bulunan kuşlar takip etmek ve kovmak amacı ile eğitimli köpeklerin kullanılması son zamanlarda daha da gelişmiştir. Özellikle border collie cinsi köpek bu uygulama için tercih edilmektedir.

Eğitimli kuşlarla aynı avantaja sahiptir ve doğal bir kovma yöntemidir. Ancak eğitimli köpek kullanımının pek çok yöntemde olduğu gibi dezavantajları da vardır. Bunlar;

- Eğitimli bir personel bu köpeği sürekli kontrol altında tutmalıdır.
- Köpekler yalnızca kendi eğitmenini dinlerler.
- Köpeklerin bakıma ve her gün egzersiz yapmaya ihtiyaçları vardır.
- Köpeklerin havalimanı üzerinde uçak köpekleri kovma konusunda çok az etkileri vardır.

Radyo kontrollü uçakların kuşların kovulması ve rahatsız edilmesi amacı ile kullanılması yeni bir yöntemdir. Bunu konu hakkında eğitimli bir personel yapmalıdır. Radyo kontrollü uçak kuş sürülerinin üzerine doğru bir teknikle sürülmelidir. Ancak denemeler göstermiştir ki bir model uçak kuş sürüleri üstüne sürüldüğünde çok etki sağlamaz ama bu uçak sesli kovma yöntemleri ile donatılmış ve yırtıcı bir kuş görünümünde olursa etki çok daha fazla artmaktadır. Bu yöntem kullanılırken hava trafik ünitesi ile sürekli iletişimde bulunulmalı ve uzaktan kontrol için diğer paydaşların kullandığı radyo frekansları kullanılmamalıdır [16].

Öldürücü olmayan silahlar ise diğer tüm rahatsız etme ve kovma yöntemlerinden etkilenmeyen türlere özgü kullanılan bir önlemdir. Bu teknikte plastik mermiler ve boylar kullanılır. Yabani hayat üzerinde yalnızca kısa süreli his ve geçici boyama sağlar. Kullanım alanı 6 ila 30 metre arası değişmektedir. Bu kullanacak personelin iyi bir eğitime tabi tutulması gereklidir. Ancak bu yöntemin çok etkin olmaması ve sağlık ve emniyet kurallarına uymaması gereği birçok ülkede yasaklanmıştır [1].

3.4.1. Devriye

Yabani hayatı kovma ve rahatsız etme amacı ile kullanılan ve çok etkili olan diğer yöntem ise yabani hayat devriyeleridir. Bazen yabani hayat devriye aracının kuş sürülerinin üzerine sürülmesi bile kovma yöntemidir. Ancak sürücü bu işlemi yaparken doğru teknikler kullanmalıdır. İyi donanımlı ve doğru eğitimli bir personelle devriye araçları çok etkin kovma yöntemi olabilir. Bu araçlarda, sesli kovucu cihazları, yabani hayat kitleri, günlük yabani hayat mücadele kayıtları bulundurulmalıdır. Devriye aynı zamanda yabani hayat kalıntılarını da toplamalıdır.

3.4.2. Yabani hayatı ortadan kaldırma

Uçuş programları ve uçuş profillerinin değiştirilmesi, çevre yönetimi ve dışlama, kovma ve rahatsız etme yöntemleri yabani hayat tehlikelerini azaltmak amacı ile ilk kullanılması gerekli yöntemlerdir. Ancak bu yöntemler bazı yabani hayat tehlikeleri için çözüm olmayabilir. Böyle durumlarda yabani hayat tehlikeleri havalimanından tamamen uzaklaştırılmalıdır. Bu ise yabani hayatı yakalama ve farklı losyonlara taşıma ile mümkündür.

Birçok devlet yabani hayatın ortadan kaldırılması yöntemi desteklememektedir. Bu yöntem uygulanmak zorunda ise kesinlikle yetkili otoriteler veya kuruluşlardan izin alınmalıdır. Uygulanması gereken zamanlarda ise yerel, ulusal ve uluslararası kurallara bağlı kalınarak, etik şekilde, eğitimli personel tarafından uygulanmalıdır. Yabani hayatın ortadan kaldırılması yöntemi iki ana başlık altında incelenebilir. Bunlar yakalama ve öldürmedir.

Kuşlar ve diğer canlılar iki şekilde yakalanabilir. Bunlardan ilki hedef kuş ya da memeli türünü uyuşturarak yakalamaktır. Bu yöntemde hayvanın kısa süreli (30-90 dakika) uyuşması sağlanır. Havyanın hareketsiz olduğu anlarda kafesleme işlemi gerçekleştirilir.

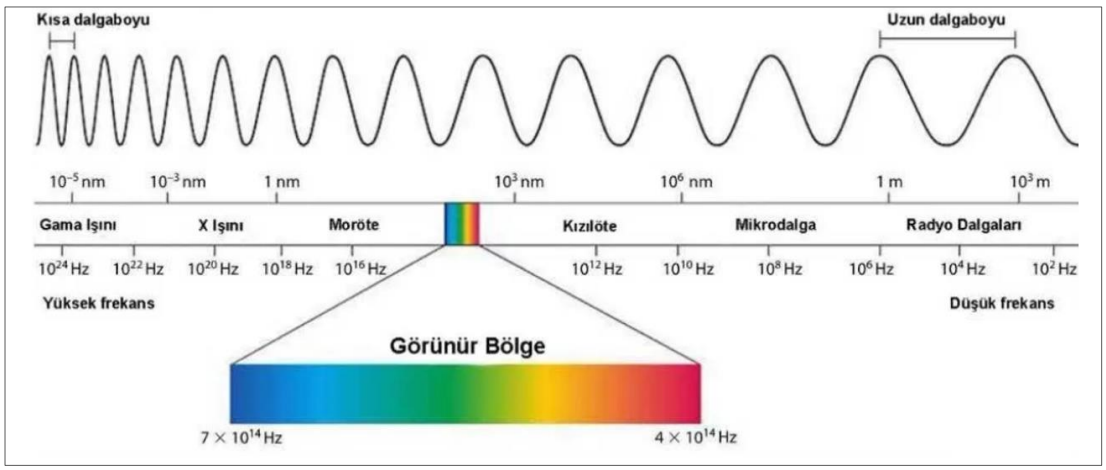
Diğer yöntem ise kapan kullanımıdır. Kapan kullanımı hayvanın zarar görmeden istenilen bir alana hapsedilmesini amaçlar. Her iki yöntemde de hayvanlar havalimanından en az 90 km uzağa bırakılmalı veya anlaşmalı barınaklara teslim edilmelidir.

4. GÖRME VE LAZERLER

Görme, göz veya benzeri bir organ aracılığıyla varlıkların renklerini ve şekillerini ayırt etmeyi sağlayan fizyolojik süreçtir. Canlıların fotonlardan oluşan ışık uyarılarına verdiği biyolojik tepkiye fotoresepsiyon denir. Fotoresepsiyon, görme organındaki ışığa duyarlı fotoreseptör denen alıcıların ışığı farketmesi ile başlayan mekanizmadır [17].

Her canlının görme kabiliyeti birbirinden farklıdır. Bu farklılık temel olarak cinsler arasında olsa da, aynı cins içerisinde yer alan canlılarda da görme kabiliyetine yönelik farklılıklar mevcuttur.

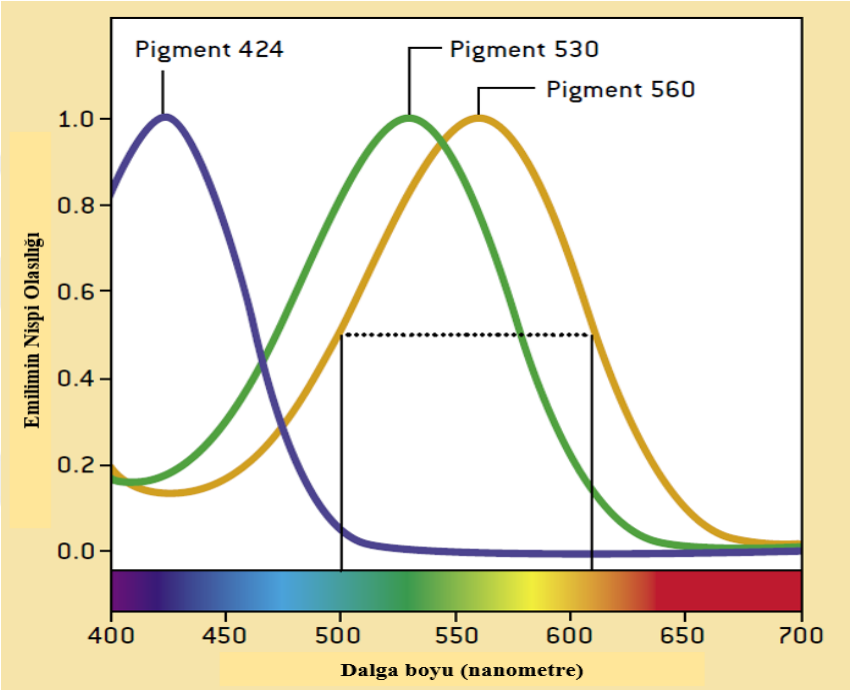
Elektromanyetik dalgalar arasında insanlar tarafından (göz ile) algılanan dalga boylarına ışık denir. İnsanlar tarafından görülebilir dalga boyları genişlikleri yaklaşık olarak 400 ila 700 nanometre arasındadır ve elektromanyetik spektrum ve insanlar tarafından gözle algılanabilir bölge Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Elektromanyetik spektrum [18]

İnsanlar ve diğer bazı primatlar, göz retinasında üç tip koni hücresi arasındaki etkileşimin sonucu olarak renkleri görürler. Her koni tipi, belirli bir dalga boyu ışık aralığına duyarlı olan farklı bir pigment içermektedir. Bu üç tip koni yaklaşık 560, 530 ve 424 nanometrede maksimum hassaslıktadır. Şekil 4.2'deki iki ince dikey çizgi, 560 pigmenti tarafından eşit olarak soğurulan dalga boylarında yükselir. 500 nanometrelik

dalga boyuna sahip ışın fotonları, 610 nanometrelik dalga boyuna sahip ışın fotonlarından daha fazla enerjiye sahip olsalarda, her ikiside pigmentte aynı tepkiye ve koni hücresinin aynı şekilde uyarılmasına neden olur neden olur. Bu nedenle, tek bir koni hücresi beyine soğurulan ışığın dalga boyunu gösterememektedir. Bir dalga boyunu diğerinden ayırt etmek için, beynin koni sinyallerini farklı görsel pigmentlerle karşılaştırması gerekir. En yüksek emilimin olduğu dalga boyları Şekil 4.2'de görülmektedir [19].

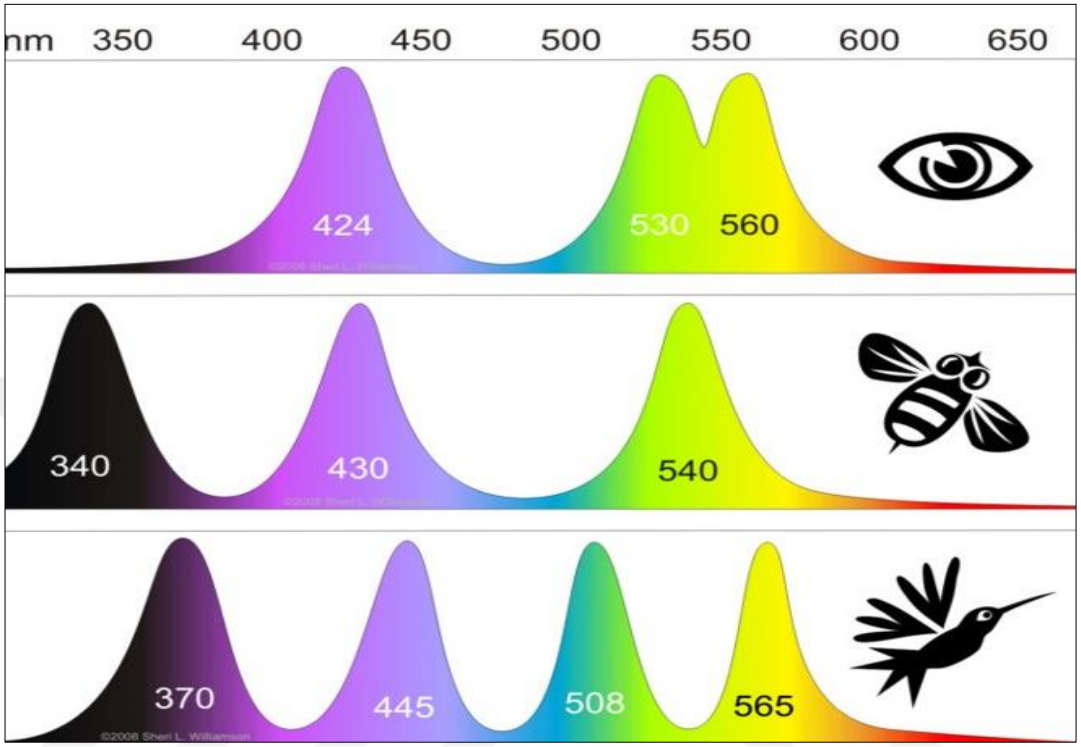


Şekil 4.2. İnsanlarda dalga boylarına ait nispi emilim oranı [19]

1880'den önce ultraviyole (UV) ışığının varlığı bilinse de, canlıların UV ışıklarına karşı göstermiş olduğu tepkiler araştırılmamıştı. 1900'lü yılların ortalarından itibaren konu üzerinde yapılan araştırmalar sonucu pek çok böceğin güneşten gelen UV ışınlarını yön bulmada kullandığı belirlenmiştir [19]. Bunun üzerine geçtiğimiz 35 yılda gerçekleştirilen çalışmaları, kuşların, kertenkelelerin, kaplumbağaların ve birçok balığın retinalarında UV reseptörleri olduğunu göstermiştir. Bu durum insanlardan ve diğer pek çok memeliden farklılık göstermektedir.

Sağlıklı bir insan gözünde mavi, yeşil ve kırmızı ana renklerini algılayan farklı çeşitte koni hücreleri bulunmaktadır. İngilizce kısa (short), orta (medium) ve uzun (long) dalga boylarının belirlenmesini vurgulamak amacı ile S-koni, M-koni ve L-koni hücreleri olarak adlandırılır. S, M ve L koni hücreleri 424 nm, 530 nm ve 560 nm dalga

boylarında pik şeklinde hassaslığa sahipken bazı kuş türlerinde 4 çeşit koni hücresi bulunmaktadır [19]. İnsanlar, arılar ve kuşlar üzerinde yapılan çalışmalar ortalama görme spektrumlarının Şekil 4.3'deki gibi olduğu belirlenmiştir [20].



Şekil 4.3. İnsanların, arıların ve kuşların görme spektrumlarının karşılaştırması [20]

Kuşların sahip olduğu bu 4 tip koni yaklaşık 370, 445, 508 ve 565 nanometrede maksimum hassaslıktadır [20]. Kuşların farklı lazer dalgaboylarına göre kaçma tepkisinin araştırıldığı bu çalışmada; kuşların sahip olduğu pigmentlerin etkin şekilde algılayabileceği lazer dalga boyları tercih edilmiştir.

Bir ışık ne kadar yoğunsa, görsel pigmentlerde o kadar fazla foton soğurulur ve ışık ne kadar parlak görünürse her koninin uyarılması da o kadar büyük olur. Ancak, tek bir koni tarafından taşınan bilgi sınırlıdır. Bazı dalga boyları diğerlerinden daha iyi emilir ve her görsel pigment emilimin dalga boyuna göre nasıl değiştiğini tanımlayan bir spektrum ile karakterize edilir. Fotonlar farklı enerjilere sahip olsalar bile görsel bir pigment iki dalga boyunu eşit olarak soğurulabilir, ancak, koni onları ayrı ayrı söyleyemez, çünkü her ikisi de retinanın şekil değiştirmesine neden olur. Bir koninin yapabileceği tek şey, emdiği fotonları saymaktır ve bir dalga boyunu diğerinden ayırt edemez. Bu nedenle, bir koni nispeten zayıf bir şekilde emilen dalga boyunda yoğun

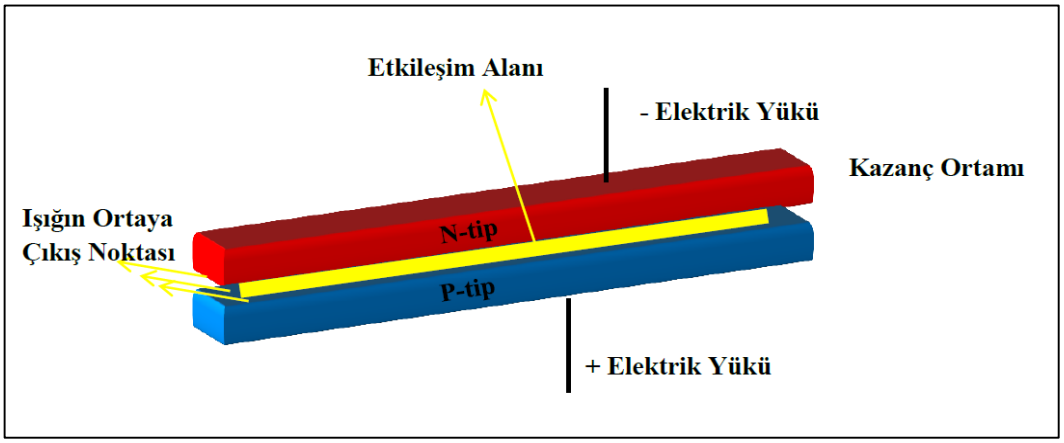
bir ışıkla ve kolayca emilen bir dalga boyunda bir sönük ışıkla eşit şekilde uyarılabilir [19].

Lazerler ise kuvvetlendirilmiş ışıklar olarak nitelendirilebilir.

> "Lazer (Laser) sözcüğü "Light Amplification by Stimulated Emisyon of Radiation" (uyarılmış ışın emisyonu ile ışığın kuvvetlendirilmesi) tarifindeki kelimelerin baş harflerini bir araya getirerek türetilmiştir. Işığı kuvvetlendirme özelliği nedeni ile lazer çok dar, ve fevkalade kuvvetli ışın demetleri üretir. Uyarılmış emisyon işlemiyle yüksek derecede monokromatik ve uyumlu bir ışın demeti elde edilir" [21].

Yani aynı dalga boyunda yer alan elektromanyetik dalgaları istenilen doğrultuda yayılmadan iletebilir. Bu sayede, görünür bölgedeki dalga boyunda olan ışını dağılmadan görürüz.

Lazerlerde elektromanyetik dalganın üretildiği bir kazanç ortamı ve bu kazanç ortamında yeterli enerji seviyesine ulaşmış lazerlerin geçişine izin veren aynalar mevcuttur. Kazanç ortamı olarak nitelendirilen alanda bu ortam dışından gelen enerji ile elektronlar bir üst seviyeye çıkartılır ve tekrar kendi enerji bölgelerine geri dönmelerine izin verilir. Bu süreçte kazanç ortamından aynı enerjili foton çıkışları olur ve ışın üretilmiş olur. Kazanç ortamları katı (Nd:YAG lazer, Ti:sapphire lazer, Diyot-yarı iletken lazer), sıvı (boya lazerleri) veya gaz (HeNe lazer, excimer lazer, CO2 lazer) hallerinde olabilir ve bu ortama ışıma yapması için gönderilen uyarma enerjisi elektrik akımı, flaş lambası veya diyot lazer olabilir. Tipik bir diyot lazer modelinin şematik çizimi Şekil 4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.4. Diyotlar lazer kaynağı şematik görünümü

Diyot lazerler katı hal kazanç ortamı grubunda yer alır ve görünür bölgede yer alan dalga boylarında ışın üretebilirler. Bu çalışmada görünür bölgede farklı dalga boylarında ışın üretebilmesi, dış ortamda göz güvenliği için uygun olması ve düşük maliyeti sebebi ile diyot lazerler tercih edilmiştir.

4.1. Lazer Güvenliği

Elektromanyetik spektrumun görünür bölgesindeki lazer dalga boyları retinaya odaklandığında lazer enerjisi yoğunlaşacağı için göz hasarına neden olmaktadır [23]. Bu sebeple açık alanda lazer uygulamaları için göz güvenliği çok önemli bir gerekliliktir. Özellikle, insanların yoğun olarak bulunduğu açık ortamlarda izinli çalışma değerleri sınırlarında kalmaya çok dikkat edilmelidir, bu değerler her lazer dalga boyu için maruz kalınan süreye bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Lazerlerin verebileceği zararların tespit edilebilmesi amacı ile birçok sınıflandırma ve hesaplama yöntemi belirlenmiştir. Zarar seviyeleri için her lazerin kendine özgü gücüne, yaydığı ışının dalga boyuna, ışın genişliğine ve etkilenen canlının uzaklığına bağlı değişkenlerle hesaplanan değerler belirlenmiştir. Bu çalışmada dikkat edilecek unsurlar erişilebilir emisyon sınırı, izin verilen maksimum maruz kalma ve nominal tehlike bölgesidir [22].

Erişilebilir Emisyon Sınırı (The Accessible Emission Limit-AEL): bir lazerden yayılabilecek maksimum toplam radyasyon gücünü tanımlayan emisyon sınırıdır ve bir lazerin tehlike potansiyelinin birincil ölçümüdür. Etkilenen tarafından soğurulan ışıma için doğrusal bir katkı etkisinin olduğu varsayıldığında, biyolojik bir etkiye neden olduğu bilinen minimum ışınımdır. Basit değerlendirmeler yaparken sınıflandırma şeması kullanılabilir. Örneğin görünür bölgede yer alan bir lazerin gücünü 1 mW altında tutmak bu lazer ışığına tesadüfi (kısa süreli) maruz kalanlar için tehlike yaratmayacaktır [22].

Nominal Tehlike Bölgesi (The Nominal Hazard Zone-NHZ): Lazer güvenlik hesaplamaları için diğer ana tanım nominal tehlike bölgesidir. Bu, bir ışının ışınımının izin verilen maksimum maruz kalmadan daha büyük olduğu bir mesafedir. Belirli bir dalga boyu ve maruz kalma süresine özgü olmasının yanı sıra, ışının göze olan yolu,

doğrudan görüntüleme, speküler yansıtma veya dağınık yansıma için farklı gösterebilir.

İzin Verilen Maksimum Maruz Kalma (The Maximum Permissible Exposure-MPE): Lazer güvenlik hesaplamalarında en yararlı olan değerdir. Biyolojik hasara neden olmadan göze veya cilde maruz kalabilecek asgari ışın veya radyasyona maruz kalmak olarak da tanımlanabilir. MPE, AEL ile ilişkili olup, dalga boyu ve maruz kalma süresinin bir fonksiyonu olan gözün sınırlayıcı açıklığı ile ilgilidir.

Her lazer için, göze gelebilecek maksimum güvenli enerjiyi belirlemek dalga boyunun ve maruz kalma süresinin kombinasyonudur. Lazerlerin MPE hesaplamasında aşağıdaki unsurlar dikkate alınmaktadır [22].

- Radyasyona yanlışlıkla maruz kalma süresinde insanların göz kırpma refleksi 0,25 saniye referans alınmaktadır. Yani yanlışlıkla göze gelen bir lazer ışınına ortama 0,25 saniye içinde tepki verilerek göz kapağı kapatılır. Göze iletilecek toplam enerji bu süre ile sınırlandırılabilir.
- UV (ultraviyole) veya NIR (yakın kızıl ötesi) radyasyonuna yanlışlıkla maruz kalma süresinde gözün doğal hareketi olan 10 saniye referans alınır. Yani görülmeyen bir lazer radyasyonu göze gelse bile ortama bir insanın göz kapatma süreleri arasındaki fark olan 10 saniye ile sınırlandırılabilir.
- Lazer hizalama süresince maruz kalınma süresi için 102 saniye referans alınmaktadır.
- Uzun süre maruz kalma süresi ise 24 saat ile sınırlandırılmaktadır.

Bu çalışmada görünür lazerler ile çalışma yapılacağı için maksimum maruz kalma (MPE) için ilk madde dikkate alınarak bu bölüm içerisinde yer alan hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Maksimum maruz kalma hesaplamaları yapılırken önemli parametreler;

- Lazer çıkışından göze kadar olan optik yol uzunluğu
- Işın çapı ve ıraksaması (diverjans)
- Gözün sınırlayıcı açıklığı (7mm çap)

400-700 nanometre dalga boyunda ışın yayan görünür bir lazer ışınına doğrudan tesadüfi maruz kalma durumunda MPE hesaplaması yaparken Denklem (4.1) ve (4.2)'de belirtildiği üzere göz kırpma refleksi olan 0,25 saniye referans alınmalıdır.

$$\text{MPE: } H = 1{,}8t^{3/4} \times 10^{-3}\ \text{J-cm}^{-2} = 1{,}8 \times 0{,}25^{0{,}75}\ \text{mJ.cm}^2 = 0{,}636\ \text{mJ.cm}^2 \quad (4.1)$$

$$E = H/t = 0{,}636\ \text{mJ.cm}^{2/}\ 0{,}25\text{s} = 2{,}55\ \text{mW/cm}^2 \quad (4.2)$$

Son olarak 2,55 mW/cm^2 akışı olan görünür bölgede göze gelen lazer ışını için gözün sınırlayıcı açıklığı (çap) 7mm kabul edilirse Denklem (4.3) ve (4.4) hesağlamaları ile;

$$\text{Göz bebeği çapı: } \pi \times (7\text{mm}/2)2 = 0{,}385\ \text{cm}^2 \quad (4.3)$$

$$\text{MPE: } 2{,}55\ \text{mW/cm}^2 \times 0{,}385\ \text{cm}^2 = 1{,}0\ \text{mW olmalıdır.} \quad (4.4)$$

İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi (Civil Aviation Authority-CAA) tarafından yayımlanan CAP 772 kodlu "Havalimanlarında Yabani Hayat Tehlikelerinin Yönetimi" dokümanında havalimanlarında kuş kaçırmak amaçlı kullanılacak lazerler için Sınıf 3B olması, lazer kullanımından önce risk değerlendirmesi yapılması ve lazeri kullanacak personelin eğitime tabi tutulması gerekliliği belirtilmiştir [15].

Genel önlemler, uzaktan kapatma kontrolü, anahtarlama, ışın durdurma veya zayıflatma, uyarı işaretleri, ışın yolları, aynasal yansımalar, göz koruması, koruyucu giysi, eğitim ve tıbbi gözlem gibi her biri lazer risk seviyelerini düşürecek eylemler bu çalışma içerisinde incelenmemiştir [24]. Havalimanlarında kullanılacak lazerlerin kullanımı öncesi tüm bu risk düşürme eylemleri değerlendirilmeli ve uygun önlemler alınmalıdır.

4.2. Lazer Işının Atmosferde Karşılaştığı Etkiler

Atmosfer dünyayı saran, yükseklikle yoğunluğu azalan ve homojen olmayan bir gaz ortamıdır. Bünyesinde farklı gazları ve ince parçacıkları bulundurur. Bir elektromanyetik dalga olan lazer ışınları da ilerlediği bu ortamın koşullarına göre dalga boylarına bağlı olarak farklı etkilenme gösterebilirler. Sisli veya yağmurlu bir havada lazer ışınları ortam tarafından daha çok soğurulur ve maruz kaldıkları etkinin süresine ve yoğunluğuna göre nihai noktadaki gücünde kaynağa göre azalma gösterebilirler.

Sisli havada Hasan Polatkan Havalimanı (HPH) deneme bölgesinde 532 nm lazer ışığı görüntüsü Şekil 4.5'de sunulmuştur.



Şekil 4.5. Sisli havadaki lazer ışığı soğurulması (HPH deneme bölgesi)

Lazer ışının atmosfer boyunca iletimini hesaplamak için aşağıda sunulan Beer-Lambert (Denklem 4.5) yasası kullanılabilir [25]:

$$\tau = e^{-\sigma \cdot R} \tag{4.5}$$

"σ" simgesi yok olma (soğurulma + saçılma) katsayısını "R" ise optik iletim yolunu ifade eder.

Meteorolojik görünürlük tanımı yok olma katsayısı kullanılarak, görünür spektral bölgedeki σ_V eşitliği Denklem (4.6) kullanılarak hesaplanabilir.

$$\sigma_V = 3{,}91 / V \tag{4.6}$$

Meteorolojik görünürlük parametresi yaygın olarak ölçülür ve raporlanır. Ortamın yok olma katsayısı (atmosfer ve aerosoller) ile diğer dalga boylarında meteorolojik görünürlük V [km] arasında bağlantı kurmak uygundur. Değiştirilmiş Koschmieder ilişkisi kullanılarak basitleştirilmiş model Denklem (4.7) sağlanmıştır.

$$\sigma_L = (3{,}91/V) \times (\lambda/550\ \text{nm})^{-q} \tag{4.7}$$

"σ_L" simgesi seçilen dalga boyunda yok olma (soğurulma + saçılma) katsayısını, "V" meteorolojik görünürlüğü (km), "λ" dalga boyunu (nm), "q" saçılma parçacıklarının (pus, sis, yağmur ve kar için farklı) boyut dağılımını temsil eder ve farklı meteorolojik görünürlük değerleri için farklı değerlere sahiptir. (q = 1,6, yüksek görünürlük, V> 50 km için, q = 1,3, ortalama görüş mesafesi, 6 km <V <50 km, q = 0,16 V + 0,34, sis görünürlüğü, 1 km için <V <6 km, q = V - 0,5 sis görünürlüğü, 0,5 km < V < 1 km, q = 0, sis görünürlüğü, V < 0,5km) [25].

Bölüm 5 içerisinde belirtilen 405 nm, 450 nm, 532 nm ve 650 nm lazerlerin Bölüm 6 içerisinde belirtilen denemelerde ortama 120 metre hedef noktasında kullanıldığı göz önünde tutularak yukarıda belirtilen formüllerin kullanılmasıyla yapılan hesaplamalarda soğurulma oranı için Tablo 4.1'de verilen sonuçlara ulaşılmıştır:

Tablo 4.1. Lazer ışığı soğurulma oranları

Lazer Modeli	Sabit 3,91	V (km)	λ (nm)	Sabit (550 nm)	q=0 (parçacık boyut dağılımı)	Yok Olma Katsayısı	e (2,71)	R	Soğurulma Oranı
405 nm	3,91	50	405	550	1,60	0,1276	2,71	0,12	0,98
450 nm	3,91	50	450	550	1,60	0,1078	2,71	0,12	0,99
532 nm	3,91	50	532	550	1,60	0,0825	2,71	0,12	0,99
532 nm HY303	3,91	50	532	550	1,60	0,0825	2,71	0,12	0,99
650 nm	3,91	50	650	550	1,60	0,0584	2,71	0,12	0,99

Denemelerin yapıldığı uzaklıkların ortalamaları 120 metre alınması, ışını etkileyecek sisli veya yağmurlu havalarda deneme yapılmaması sebebi ile yukarıda belirtilen değerler kullanılarak yapılan hesaplamalarda ortama soğurulma oranının 0,99 olduğu sonucu çıkmıştır. Belirtilen atmosfer etkisi çok düşük olduğu için bu çalışmada atmosfer soğurulma oranları dikkate alınmamıştır.

4.3. Havalimanları ve Heliportlarda Kullanılan Lazerler

Lazerler ilk kez 1973 yılında kuşlar üzerinde ölümcül olmayan kaçırma yöntemi olarak kullanılmıştır [26]. 1999 yılında martılar üzerinde, 2000 yılında karabataklar üzerinde kırmızı lazerler ile gerçekleştirilen denemeler de etkin kaçırma seviyesi gözlemlenmiştir [26].

Havalimanlarında kuş kaçırma amaçlı lazerlerin kullanımı ise 2000 yılların başından başlamıştır [15]. Ancak havacılık sektöründe yer alan lazer kullanımını kısıtlayıcı uluslararası ve ülkelere özgü ulusal kurallar bu teknolojinin kuş kaçırma amaçlı kullanılmasında geliştirilmesini yavaşlatmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan havalimanlarına yabani hayatla ilgili projeler için 2009 ve 2018 yılları arasında arasındaki on yıllık sürede yaklaşık 350 milyon dolarlık havaalanı geliştirme programı fonu tahsis edilmiştir [3]. Yapılan çalışmalardaki temel amaç yaban hayat tehlikelerinin azaltılması ve olası kazaları önlemektir. Bu çalışmalar arasında her ne kadar payı düşük olsa da lazerle kuş uzaklaştırma tekniklerinin geliştirilmesi de vardır.

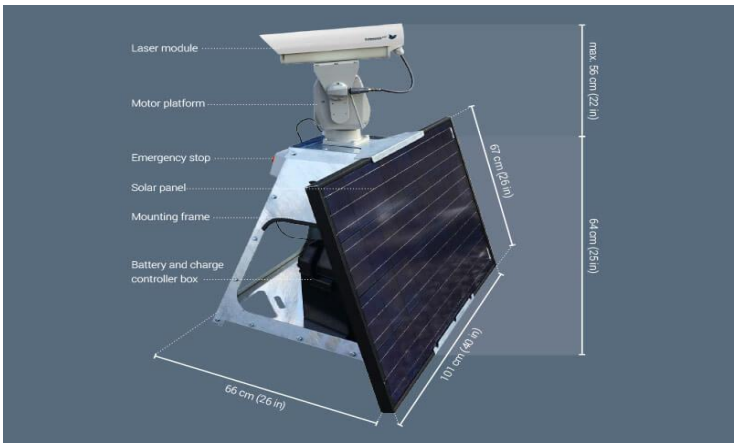
Havalimanlarında kullanımının güvenli olduğu tespit edilen Sınıf III B lazerdir. Bu lazerler maksimum 500 mW güç derecesine sahiptir ve doğrudan göze yönlendirilmediği sürece tehlike oluşturmadığı bildirilmektedir. Lazer uygulamaları el ile (fener tipi sistemler) veya sabit kurulu sistemler olarak iki şekilde kullanılmaktadır. El tipi lazerler özellikle Avrupa'da tercih edilmektedir. Bu yöntem, kuş sürülerinin konduğu ağaç hangar veya çimenlik alanlardan uzaklaştırılması için kullanılmaktadır. Lazerler ışığının ulaşım mesafesinin uzun (kullanılacak optiğe bağlı olarak birkaç km olabilir) ve ışının yönlendirilebilir olması kullanım avantajı sağlamaktadır. Sabit ve daha yüksek güçteki lazerler ve daha kapsamlı optik sistem kullanılarak bu mesafe ve kullanım alanı arttırılabilir. Fransa'da devamlı otomatik tarama yapan yeşil renkli ışın yayan lazerlerin askeri ve sivil havalimanlarında kullanılması kararı alınmıştır. Bu uygulamanın kullanılması için ICAO 7300 Annex-14-1 Bölüm 5.3.12'deki kurallara ve ICAO Doc 9815 rehber el kitabı içindeki bilgilere dikkat edilmesi gerekmektedir [12].

Ayrıca lazer kullanım kararı alan havalimanları risk değerlendirmeleri yapmalı, kullanacakları lazer sınıfının hem çevrede yer alan insanlara hem de uçuş güvenliğine etkilerini belirleyerek emniyetli lazer kullanımına yönelik prosedürler geliştirmelidir. Belirlenen prosedürleri hava seyrüsefer hizmet sağlayıcılarıyla ve diğer paydaşlarla anlık veya uzun süreli iletişim yöntemlerini kullanarak paylaşmalıdır.

Denemeler yeşil lazerlerin (dalga boyu 532 nm civarında) kuş kontrol operasyonlarında, kuşlara zarar vermeyen programın bir parçası olarak yararlı bir kuş dağıtım aracı olabileceğini göstermiştir, daha yüksek çıkış gücüne sahip lazerlerde ise (500 mW'a kadar) etkinlik derecesinin sabit kaldığı belirlenmiştir [15].

Havalimanları ve heliportlarda lazerle kuş kaçırmaya yönelik girişimler devam etmektedir. Bu kapsamda sektör taraması yapıldığında lazer tasarımı ve temini yapan birkaç firmaya ulaşmak mümkündür. Havalimanları ve/veya heliportlarda kullanılan örnek lazerler mevcuttur. Bunlar arasında:

Agrilaser Autonomic Laser Bird Deterrent: Kişisel kullanımdan ziyade otomasyon halde çalışmaktadır (Şekil 4.6). Kameralar tarafından kuş hareketleri tespit edilmekte, sabit cihazın üzerine yerleştirilen lazer sayesinde bölgeye ışın iletilmektedir [27].



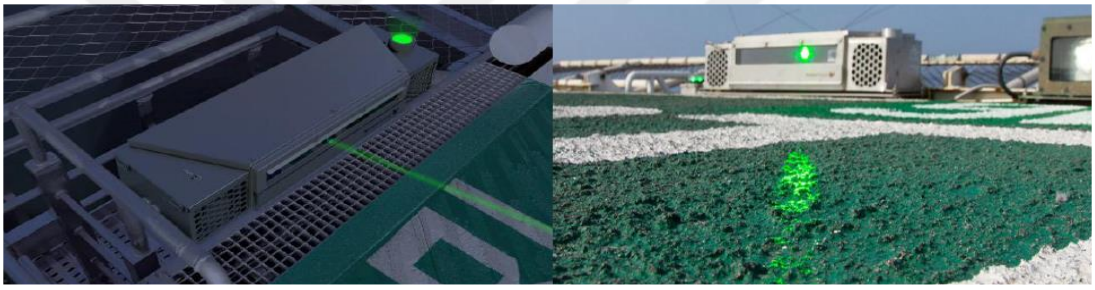
Şekil 4.6. Agrilaser Autonomic Laser Bird Deterrent [27]

The Agrilaser Handheld ve Agrilaser Lite Bird Deterrent: Yeşil ışın yayan el tipi lazerler arasındadır. Yapılan eklemeler ile havalimanlarında kullanıma uygun hale getirilmiştir. 200-500 mW arasında farklı çıkış güçlerine sahip üç modele sahiptir (Şekil 4.7). Yatay Güvenlik Sistemi, lazer ışını kontrolsüz veya tehlikeli bir şekilde kullanıldığında ölçülür ve gerektiğinde lazer ışınını devre dışı bırakır [28].



Şekil 4.7. The Agrilaser Handheld - Agrilaser Lite Bird Deterrent [28]

Aerolaser Helipad: Deniz tesislerinin helidekleri, kuşların üremesi ve yemlenmesi için ideal bir habitattır. Helidekler, bölgedeki birkaç dinlenme yeri arasındadır ve çoğu zaman insan mevcudiyeti yoktur, bu da kuşlar için en uygun yer haline gelmelerini sağlar. Platformlarda kuşlar helikopter hareketleri ve çalışma koşulları için emniyeti ciddi şekilde tehlikeye atabilecek sorun haline gelebilir (Şekil 4.8). Bahsi geçen lazer sabit konumuyla havalimanları kadar geniş yapıya sahip olmayan bu yerlerde faaliyet göstermektedir [29].



Şekil 4.8. Aerolaser Helipad [29]

A-TOM500 Serisi: 2003 ve 2005 yıllarında Fransa'da hem sivil ve askeri havaalanlarında hem de sistemin kurulduğu havaalanlarında 8 yılı aşkın süredir denenmektedir (Şekil 4.9). Bahsi geçen lazer ile havalimanlarında etkin kuş azalmaları olduğu belirtilmektedir. Her pist için iki ayrı ünite kurularak tüm pistlerden kuşların uzak tutulmasını hedeflemektedir [30].



Şekil 4.9. A-TOM500 Serisi [30]

5. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada esas olan havaalanlarında kullanılan lazerlerin etkinliğinin değerlendirilmesi ve tespit edilen en etkin lazer tipine özgü ışın düzenleyici (beam expander) geliştirilmesi amaçlanarak sırası ile;

i. Ulusal ve uluslararası uygulamaları incelemesi
ii. Konu hakkında yayımlanan bilimsel çalışmaları ve sivil havacılık otoriteleri tarafından yayımlanan mevzuatları incelenmesi
iii. Ülkemizde havalimanlarında uygulanan prosedürleri inceleme ve iki havalimanına ziyaret gerçekleştirmesi
iv. Bilimsel altyapı projesi ile çalışmada ihtiyaç duyulacak malzeme temin edilmesi
v. Uygun bir likert analizi oluşturulması
vi. Belirlenen prosedürlere göre denemelerin geçekleştirilmesi
vii. Deneme sonuçlarının SPSS programı ile değerlendirilmesi ve
viii. Uygun ışın düzenleyicinin geliştirilmesi faaliyetlerinde bulunulmuştur.

5.1. Ön Çalışmalar

Araştırma konusunun belirlenmesine müteakip, literatür taraması yapılmış, Uluslararası Sivil Havacılık Örgütünün (ICAO) havalimanlarında yaban hayat yönetimine dair tavsiye dokümanları incelenmiş ve bu doğrultuda hazırlanan havalimanı yaban hayat yönetim programları araştırılmıştır.

Literatürde havacılıkta ışın ile kuşların uzaklaştırılmasına dair iki çalışma göze çarpmaktadır. Bradley ve diğerleri tarafından yayımlanan "ölümcül olmayan lazerlerin kuş kaçırmada potansiyel kullanımı" [31] ve Bradley ve diğerleri tarafından yayımlanan "kuşların görme gücünü anlamak: kuş yönetiminde ışık kullanımı" [32] çalışmaları bunlar arasında yer almaktadır. Belirtilen çalışmalarda havacılıkta ışık kullanımının kuşlarla mücadele yönetmeleri arasında yer alabileceği ve gelecek dönemde konun geliştirileceği vurgusu yapılmaktadır. Ancak bahsi geçen yayında yer alan kaçırma denemeleri gece gerçekleştirilmiştir [31]. Havalimanları tarafından

uygulanan programlar incelendiğinde ise konuya dair aktif olarak sektörde hizmet veren lazer firmalarına ulaşılmış ve sektörde hizmet veren lazerlerine dair bilgiler alınmıştır.

Kuşların göç yolu üzerinde kurulduğu ile ilgili çok büyük tartışmalara neden olan İstanbul Havalimanı'nda (İGA-İstanbul Grand Airport) faaliyet gösteren Yaban Hayatı Yönetim Birimi 2013 yılından günümüze kadar gözlemleri ile sahip oldukları bilgilerden yararlanmak için 22 Haziran 2018 tarihinde ziyaret edilmiştir (Şekil 5-1). Birimde çalışan 4 ornitolog (kuş bilimci) ile görüşülüp, yapılan çalışmalar ve çevredeki yaban hayatı hakkında bilgi alınmıştır. Ayrıca İstanbul Havalimanı (İGA) Çevre ve Sürdürülebilirlik Direktörlüğü Yaban Hayat Yönetim Müdürlüğü ziyaret edilmiş, envanterlerinde yer alan kuş kaçırma lazerleri incelenmiştir.



Şekil 5.1. 22 Haziran 2019 İGA ziyareti, iki farklı çapa sahip Agrilaser el tipi lazer denemeleri

Aynı periyotta havacılık dışı lazer endüstrisi ve kullanılabilecek muhtemel lazer tipleri araştırılmıştır. Araştırma sonucu yarı iletken (diyot) lazerlerin kullanım için en uygun lazerler olduğu kanaatine varılmıştır. Karara etki maddeleri aşağıda sunulmuştur;

- Uygun dalga boyu,
- Güvenirlik,
- Kullanım kolaylığı ve sürdürülebilirlik.

Yapılan araştırmalar sonucu elde edilen verilerin doğrultusunda ortaya şu hipotez soruları çıkmıştır;

- Sektörde kullanılan lazerler kuş kaçırma faaliyetlerinde etkili midir?
- Sektörde kullanılan lazer dalga boyları etkili midir?
- Farklı dalga boylarının kullanılması etkinliği arttır mı?
- Mevcut lazerlerin geliştirilmesi mümkün müdür?

5.2. Malzemeler

Malzeme temini öncesi gerçekleştirilen incelmeler ve ortaya çıkan sorular kapsamında malzeme temini gerçekleştirilmiştir. Öncelikle görme bölümünde bahsedilen bilgilerde de yer aldığı üzere lazerin yüksek derecede uyarım yapması için koni hücrelerinin hassas olduğu dalga boyuna yakın ışıma yapan lazerler tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan lazerlerden ikisi kuş türlerinin mor rengi algılama reseptörlerinin (370 ve 445nm) daha güçlü olduğu teorisinin kuş kaçırma eylemlerinde fayda sağlayabileceği hipotezini araştırmak amacı ile 405 nm ve 450 nm dalga boyunda yayım yapabilen mor renge yakın seçilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer lazerler ise yine kuşlarında reseptörleri dikkate alınarak (508 ve 565 nm) 532 nm dalga boyunda yayım yapan ve aynı zamanda gün ışığında insanlar tarafından da en yüksek algılanabilirliği olan yeşil renk lazerdir. Bu lazerin seçimde temel amaç görünürlüğünün gün ışığından daha az etkilenmesidir. Çalışmada kullanılan ve en büyük dalga boyuna sahip 650 nm boyunda kırımızı renk ışın yayan lazer akşamüstü uygulamalarında etkisinin incelenmesi, elektromanyetik spektrumda mor lazere en uzak dalga boyunda yayım yapması ve farklı dalga boylarının kaçırma üzerindeki etkisinin araştırmak amacı ile seçilmiştir.

Özet olarak, belirlenen bilgiler kapsamında elektromanyetik spektrum içerisinde görülebilir farklı 4 dalga boyuna sahip 5 adet lazer kullanılması kararlaştırılmıştır. Denemelerde kullanılan lazerler aşağıdaki Tablo 5.1'de görülmektedir.

Tablo 5.1. Denemelerde kullanılan lazerler

Lazer	Gücü	Dalga Boyu
1. Lazer	300 mW	405 nm
2. Lazer	64 mW	450 nm
3. Lazer (LM)	78 mW	532 nm
4. Lazer (HY303)	78 mW	532 nm
5. Lazer	77 mW	650 nm

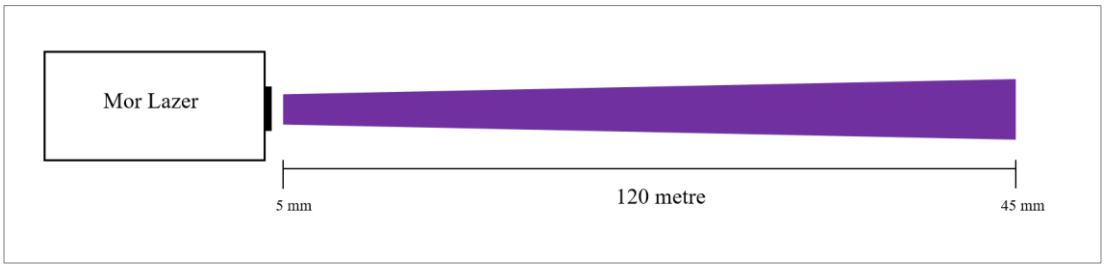
Denemelerde kullanılan lazerlere ait ışınlar aşağıdaki Şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.2. Denemelerde kullanılan farklı dalga boylarındaki ışınlar

5.2.1. 405 nm (mor) 300 mW lazer

405 nanometre dalga boyunda mor renk yayım yapan lazer çalışmada kullanılan diğer lazerlerden ortalama olarak 5 kat daha güçlüdür. Bu lazerin seçilmesindeki temel amaç kuşların ultraviyole renkleri algılayabilme teorisinin kaçma tepkileri ile ilişkisini belirlemektir. 405 nm lazere ait sapma bilgileri Şekil 5.3'de ve güç özellikleri Tablo 5.2'de sunulmuştur.



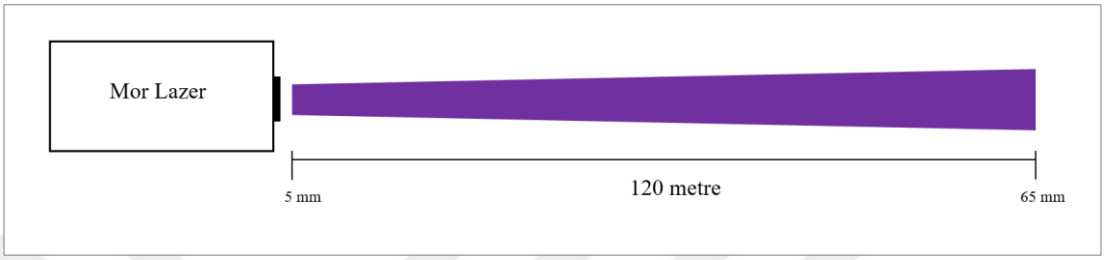
Şekil 5.3. 405 nm lazere ait sapma

Tablo 5.2. 405 nm - 300 mW lazer özellikleri

405 nm 300 mW UV diyot laszer	
Çıkış Gücü	300 mW
Işın Çıkış Çapı	5 mm
Işın açılma oranı	0,3 mrad
Işının etki edeceği bölgenin uzaklığı	120 m
Etki bölgesinde ışın alanı	13,2 cm^2
Etki bölgesinde ışın gücü (mW/cm^2)	22,7 mW/cm^2

5.2.2. 450 nm (mor-mavi) 64 mW lazer

450 nanometre dalga boyunda mor-mavi renk yayım yapan lazerin tercih sebebi mor renge yakın dalga boylarında yayım yapan ve MPE değeri 1 mW'ın altında olan lazerlerin kuş kaçırma etkenliğinin belirlenmesidir. 450 nm lazere ait sapma bilgileri Şekil 5.4'de ve güç özellikleri Tablo 5.3'de sunulmuştur.



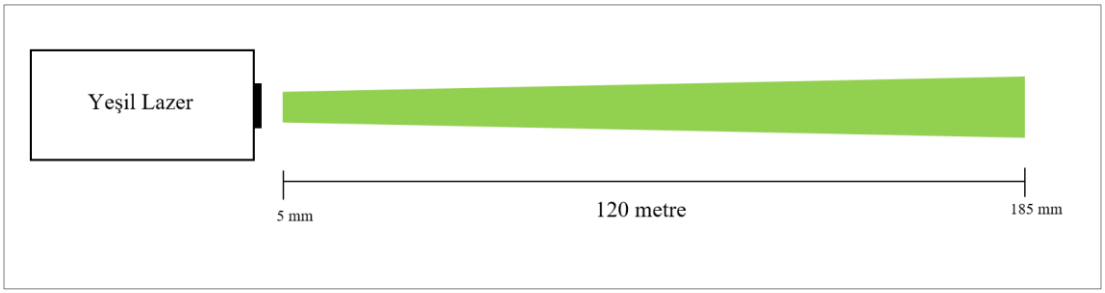
Şekil 5.4. 450 nm (mor - mavi) lazere ait sapma

Tablo 5.3. 450 nm - 64 mW (mor - mavi)lazer özellikleri

450 nm 64 mW (mor-mavi) diyot lazer SDL-450-LM-100T	
Çıkış Gücü	64 mW
Işın Çıkış Çapı	5 mm
Işın açılma oranı	0,5 mrad
Işının etki edeceği bölgenin uzaklığı	120 m
Etki bölgesinde ışın alanı	33,1 cm^2
Etki bölgesinde ışın gücü (mW/cm^2)	1,9 mW/cm^2

5.2.3. 532 nm (yeşil) 78 mW lazer

532 nanometre dalga boyunda yeşil renk yayım yapan lazerin tercih sebebi yeşil renge yakın dalga boylarında yayım yapan ve MPE değeri 1 mW'ın altında olan lazerlerin kuş kaçırma etkenliğinin belirlenmesidir. 532 nm (LM) lazere ait sapma bilgileri Şekil 5.5'de ve güç özellikleri Tablo 5.4'de sunulmuştur.



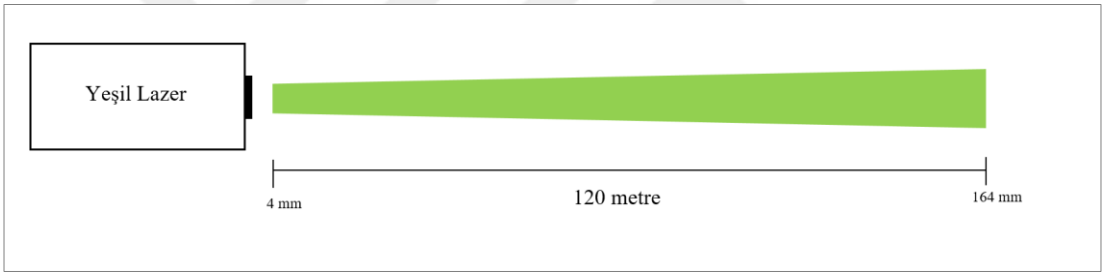
Şekil 5.5. 532 nm (LM) lazere ait sapma

Tablo 5.4. 532 nm - 78 mW (LM) lazer özellikleri

532 nm 78 mW VIS diyot lazer SDL-532-LM-100T	
Çıkış Gücü	78 mW
Işın Çıkış Çapı	5 mm
Işın açılma oranı	1,5 mrad
Işının etki edeceği bölgenin uzaklığı	120 m
Etki bölgesinde ışın alanı	268 cm^2
Etki bölgesinde ışın gücü (mW/cm^2)	0,3 mW/cm^2

5.2.4. 532 nm (yeşil) 78 mW lazer

532 nanometre dalga boyunda yeşil renk yayım yapan lazerin tercih sebebi yeşil renge yakın dalga boylarında yayım yapan ve MPE değeri 1 mW'ın altında olan lazerlerin kuş kaçırma etkenliğini değerlendirilirken aynı zamanda 1 mW altı lazerlerde MPE değerinin etkisini gözlemlemektir. 532 nm (HY303) lazere ait sapma bilgileri Şekil 5.6'da ve güç özellikleri Tablo 5.5'de sunulmuştur.



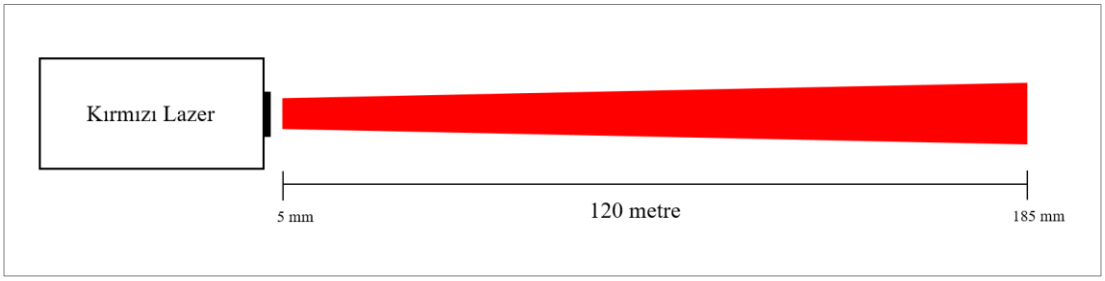
Şekil 5.6. 532 nm (HY303) lazere ait sapma

Tablo 5.5. 532 nm - 78 mW (HY303) lazer özellikleri

532 nm 78 mW VIS diyot lazer HY Laser 303	
Çıkış Gücü	78 mW
Işın Çıkış Çapı	4 mm
Işın açılma oranı	1,3 mrad
Işının etki edeceği bölgenin uzaklığı	120 m
Etki bölgesinde ışın alanı	201 cm^2
Etki bölgesinde ışın gücü (mW/cm^2)	0,4 mW/cm^2

5.2.5. 650 nm (kırmızı) 77 mW lazer

650 nanometre dalga boyunda kırmızı renk yayım yapan lazerin tercih sebebi kırmızı renk dalga boylarında yayım yapan ve MPE değeri 1 mW'ın altında olan lazerlerin kuş kaçırma etkenliğinin belirlenmesidir. 650 nm lazere ait sapma bilgileri Şekil 5.7'de ve güç özellikleri Tablo 5.6'da sunulmuştur.



Şekil 5.7. 650 nm lazere ait sapma

Tablo 5.6. 650 nm - 77 mW lazer özellikleri

650 nm 77 mW kırmızı diyot lazer DSL-650-100	
Çıkış Gücü	77 mW
Işın Çıkış Çapı	5 mm
Işın açılma oranı	1,5 mrad
Işının etki edeceği bölgenin uzaklığı	120 m
Etki bölgesinde ışın alanı	268 cm^2
Etki bölgesinde ışın gücü (mW/cm^2)	0,3 mW/cm^2

MPE, ışının en yüksek ışınımına göre belirlenmez, ışının olay gücünün, gözün sınırlayıcı açıklığı tarafından tanımlanan bir alanın ortalaması alınarak belirlenir. Görünür ışın için bu sınırlayıcı açıklık, 7 mm olan tamamen genişletilmiş bir göz bebeği çapıdır. Göz bebeği açıklığı 7 mm olarak kabul edildiğinde, 7 mm çapa sahip bir daireden geçebilecek ışının gücünün hesaplanması (Denklem 5.1 ve 5.2) gerekmektedir.

Dairenin alanı: $\pi \times r^2$ (5.1)

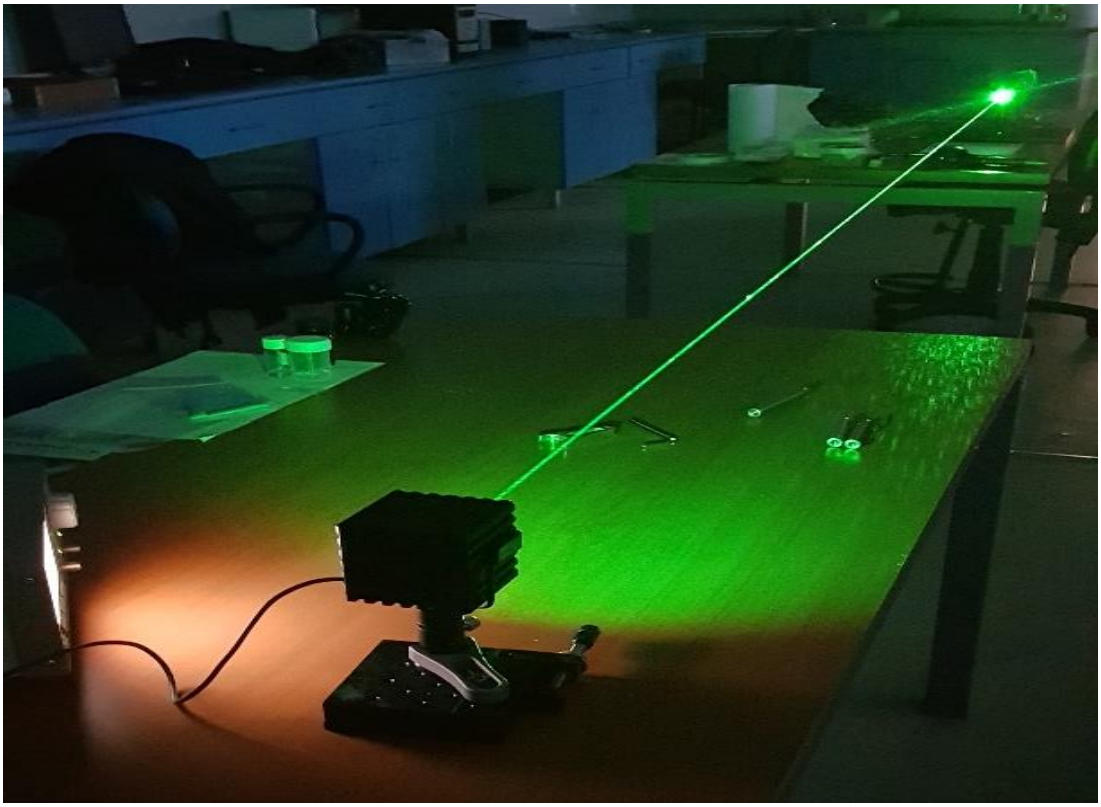
Göz bebeği çapı: $\pi \times (7\ mm / 2)^2 = 0{,}385 cm^2$ (5.2)

Denemelerde kullanılan her bir lazer için hesaplama yapıldığında Tablo 5.7'de verilen sonuçlara ulaşılmaktadır.

Tablo 5.7. Lazer MPE değerleri

Lazer	MPE Hesaplamaları
1. Lazer	405 nm lazer için: $0{,}385 cm^2 \times 22{,}7\ mW/cm^2 =$ 8,7 mW
2. Lazer	450 nm lazer için: $0{,}385 cm^2 \times 1{,}9\ mW/cm^2 =$ 0,73 mW
3. Lazer	532 nm lazer (LM) için: $0{,}385 cm^2 \times 0{,}3\ mW/cm^2 = 0{,}12$ mW
4. Lazer	532 nm lazer (HY303) için: $0{,}385 cm^2 \times 0{,}4\ mW/cm^2 = 0{,}16$ mW
5. Lazer	650 nm lazer için: $0{,}385 cm^2 \times 0{,}3\ mW/cm^2 = 0{,}11$ mW

Yukarıda belirtilen hesaplamalar sonucu 450, 532 ve 650 nm dalga boyuna sahip lazerlerin ortalama 120 m uzaklıkta bulunan insan gözüne tesadüfi maruz kalmada göze zarar vermeyeceği belirlenmiştir. 405 nm dalga boyuna sahip lazerin ise göze zarar verebilecek güçte olduğu tespit edilmiştir. 78 mW yeşil lazerin Kocaeli Üniversitesi Lazer Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi (LATARUM)'ndeki güç ölçüm safhası Şekil 5.8'de sunulmuştur.



Şekil 5.8. 532 nm 78 mW lazer güç ölçümü (LATARUM)

6. DENEME VERİLERİ

Havalimanları ve çevresinde yer alan kuşların risk oluşturan bölgelerden uzak tutulmasında lazerle kaçırma tekniği kullanılması ve etkinliğinin değerlendirilmesi amacı ile uygulama alanı Şekil 6.1'de görülen Eskişehir ilinin kuzeyinde yer alan çoğunlukla eğitim uçuşlarının gerçekleştirildiği uluslararası uçuşlara açık Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı East Apron, kuzey doğu tel örgü bölgesi ve otopark alanı olarak seçilmiştir.



Şekil 6.1. Deneme Bölgesi Hasan Polatkan Havalimanı (uzak görünüm)

Deneme süresince insan göz sağlığına ve uçuş emniyetine azami olarak dikkat edilmiş, denemler için uçuş hattına uzak bir bölge tercih edilmiş (Şekil 6.2), kaçma tepkisi gösteren kuşların uçuş hattına yaklaşma olasılıkları göz önünde tutularak uçuşların bulunmadığı zaman periyotları kullanılmıştır.



Şekil 6.2. Deneme Bölgesi Hasan Polatkan Havalimanı (yakın görünüm)

Denemelerde temel amaç öncelikle lazer ışının kaçırma eylemlerinde kullanılabileceğine yönelik değerlendirmedir. Bu kapsamda denemler 3 aşama üzerinden planlanmıştır. Program dahilindeki uygulama aşamaları ve amaçları aşağıda sunulmuştur.

- 1. Aşama: Bu aşamada farklı dalga boylarındaki lazer ışınlarının kuşlar üzerinde kaçırma etkisini gözlemlemek amaçlanmıştır.
- 2. Aşama: Bu aşamada en etkin dalga boylarındaki lazer ışınlarının farklı enerji akısı etkilerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır.
- 3. Aşama: Bu aşamada kullanılan lazerler arasında en etkin dalga boyu ve MPE değerine sahip olan lazerin farklı koşullarda havacılıkta ve/veya havalimanlarında kuş kaçırma amaçlı kullanımına yönelik etkinliğinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

Yukarıda belirtilen ekipman, tesis ve değerlendirme bölgesi kapsamında her lazer için bölgede en çok görülen güvercin, karga ve saksağan türü kuşlarının tepkilerinin araştırılması planlanmıştır.

Bu kapsamda belirlenen 3 farklı kuş türü üzerinde, farklı hava şartlarında, sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında olmak üzere her bir denemenin 3'er kez yapılması planlanmıştır.



Şekil 6.3. Bulutsuz/Öğle/22.10.2019 denemeleri (lazer-likert tablo)

Denemelerin başarı seviyesini ölçmek amacı ile 5'li likert ölçeği kullanılmıştır. Bu amaç ile oluşturulan likert ölçeğinde 1'den 5'e kadar olan puanlamalar anlamlandırılmış, her bir deneme için puanlama yapılarak kaçırma eyleminin etkinliği araştırılmıştır. Puanların anlamları Tablo 6.1'de görülmektedir.

Tablo 6.1. Likert ölçek tablosu puanları

Puan	Kaçırma Etkinliği
1	Uçuş emniyetini tehlikeye düşürebilecek bölgedeki kuş veya kuşlara uygulanan lazerle kaçırma yönteminde; kuş veya kuşların hiçbir kaçınma tepkisi vermemeleri durumudur.
2	Uçuş emniyetini tehlikeye düşürebilecek bölgedeki kuş veya kuşlara uygulanan lazerle kaçırma yönteminde; kuş veya kuşların kaçma eyleminde bulunmasına rağmen yakın mesafeye tekrar konmaları (grup kuşlar için grup içindeki bazı kuşların tepki vermemesi) ve devam eden lazerle kaçırma eylemine karşılık vermemeleri durumudur.
3	Uçuş emniyetini tehlikeye düşürebilecek bölgedeki kuş veya kuşlara uygulanan lazerle kaçırma yönteminde; kuş veya kuşların kaçma eyleminde bulunmasına rağmen yakın mesafeye tekrar konmaları ve devam eden lazerle kaçırma eylemine karşılık vererek tehlikeli bölgeden uzaklaşmaları durumudur.
4	Uçuş emniyetini tehlikeye düşürebilecek bölgedeki kuş veya kuşlara uygulanan lazerle kaçırma yönteminde; kuş veya kuşların kaçma eyleminde bulunması ve tehlikeli bölgeden uzaklaşmaları durumudur.
5	Uçuş emniyetini tehlikeye düşürebilecek bölgedeki kuş veya kuşlara uygulanan lazerle kaçırma yönteminde; kuş veya kuşların kaçma eyleminde bulunması ve havalimanı bölgesini tamamen terk etmeleri durumudur.

6.1. 1. Aşama: Farklı Lazer Dalga Boylarının Kaçırma Etkisinin Belirlenmesi

Bu aşamada farklı dalga boylarındaki lazer ışınlarının kuşlar üzerinde kaçırma etkisinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

1. aşama denemelerinde 300 mW gücünde 405 nm (mor) dalga boyunda bir adet, 64 mW gücünde 450 nm (mor-mavi) dalga boyunda bir adet, 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda iki adet ve 77 mW gücünde 650 nm (kırmızı) dalga boyunda bir adet olmak üzere toplam 5 farklı lazer kullanılmıştır.

Güneş ışığının lazer ışınlarının görünürlüğü üzerindeki etkisinin azaltma ihtimaline karşın tüm denemeler bulutlu hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerin her bir lazer için aynı hava şartlarında, aynı deneme bölgesinde, aynı tür kuşlar üzerinde gerçekleştirilmesine dikkat edilmiştir.

Bu aşamada üç kuş türü üzerinde, bulutlu hava şartlarında, sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında olmak üzere her bir lazer için (3x3x3) 27 deneme ve toplamda (5x27) 135 deneme gerçekleştirilmiştir. Deneme verileri ve sonuç analizleri Bölüm 6.1 içerisinde sunulmuştur.

Denemeler gün içerisinde gözlem yapılarak tespit edilen kuşlar üzerinde yapıldığı ve kuşların farklı günlerde ve farklı zaman dilimlerinde bahsedilen deneme alanında bulunmaları sebebi ile deneme tarihlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Ancak 16.09.2019 – 27.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelere ait tablolar sırası ile 300 mW gücünde 405 nm (mor) dalga boyuna, 64 mW gücünde 450 nm (mor-mavi) dalga boyuna, 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyuna (LM), 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyuna (HY303) ve 77 mW gücünde 650 nm (kırmızı) dalga boyuna sahip lazer denemeleri olarak sunulmuştur.

6.1.1. 1. aşama: 405 nm lazer ile kaçırma denemeleri

27 adet denemeden oluşmaktadır. 300 mW gücünde 405 nm (mor) dalga boyuna sahip lazer ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelere ait veriler Tablo 6.2'de sunulmuştur.

Tablo 6.2. 405 nm (mor) -300 mW lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-1a	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	100	2
1-2a	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	130	1
1-3a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Saksağan	100	2
1-4a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	2	Güvercin	100	2
1-5a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	2	Güvercin	110	1
1-6a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	2	Güvercin	110	1
1-7a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	130	2
1-8a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	130	1
1-9a	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	120	2
1-10a	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	3	Güvercin	110	1
1-11a	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	3	Güvercin	120	1
1-12a	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	1	Güvercin	100	1
1-13a	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	1	Karga	150	1
1-14a	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	1	Karga	110	2
1-15a	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	1	Karga	120	2
1-16a	Bulutlu	Öğle	20.09.2019	3	Saksağan	140	2
1-17a	Bulutlu	Öğle	20.09.2019	3	Saksağan	150	2
1-18a	Bulutlu	Öğle	20.09.2019	3	Saksağan	150	1
1-19a	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	1	Saksağan	100	2
1-20a	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	1	Saksağan	100	2
1-21a	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	2	Saksağan	100	1
1-22a	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	1	Güvercin	120	1
1-23a	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	3	Güvercin	100	1
1-24a	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	3	Güvercin	100	1
1-25a	Bulutlu	Akşamüstü	19.09.2019	1	Karga	140	2
1-26a	Bulutlu	Akşamüstü	19.09.2019	1	Karga	140	1
1-27a	Bulutlu	Akşamüstü	19.09.2019	2	Karga	140	1

300 mW gücünde 405 nm (mor) dalga boyuna sahip lazer ile 16.09.2019 – 27.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde etkin bir kaçırma gerçekleştirilemediği gözlemlenmiştir. Bu durum literatür taramasında karşılaşılan kuşların mor renklere duyarlı olduğunu belirten araştırmalar [19] ile aynı sonucu göstermemektedir.

6.1.2. 1. aşama: 450 nm lazer ile kaçırma denemeleri

27 adet denemeden oluşmaktadır. 64 mW gücünde 450 nm (mor-mavi) dalga boyuna sahip lazer ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelere ait veriler Tablo 6.3'de sunulmuştur.

Tablo 6.3. 450 nm - 64 mW lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-1b	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	3	Karga	100	1
1-2b	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Karga	130	1
1-3b	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	100	2
1-4b	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	3	Güvercin	100	1
1-5b	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	3	Güvercin	110	1
1-6b	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	3	Güvercin	110	1
1-7b	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	2	Saksağan	130	2
1-8b	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	2	Saksağan	130	1
1-9b	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Saksağan	120	2
1-10b	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	1	Güvercin	100	1
1-11b	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	1	Güvercin	100	1
1-12b	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	1	Güvercin	100	1
1-13b	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	1	Karga	150	1
1-14b	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	1	Karga	140	1
1-15b	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	1	Karga	140	1
1-16b	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	1	Saksağan	140	1
1-17b	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	3	Saksağan	150	1
1-18b	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	3	Saksağan	150	1
1-19b	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	5	Karga	100	2
1-20b	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	5	Karga	100	1
1-21b	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	5	Karga	100	1
1-22b	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	1	Saksağan	120	1
1-23b	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	3	Saksağan	100	1
1-24b	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	3	Saksağan	100	2
1-25b	Bulutlu	Akşamüstü	20.09.2019	1	Güvercin	140	1
1-26b	Bulutlu	Akşamüstü	20.09.2019	1	Güvercin	140	1
1-27b	Bulutlu	Akşamüstü	20.09.2019	1	Güvercin	140	1

64 mW gücünde 450 nm (mor-mavi) dalga boyuna sahip lazer ile 16.09.2019 – 27.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde etkin bir kaçırma gerçekleştirilemediği gözlemlenmiştir. Bu durum literatür taramasında karşılaşılan kuşların mor renklere duyarlı olduğunu belirtilen araştırmalar ile aynı sonu göstermemektedir.

6.1.3. 1. aşama: 532 nm (LM) lazer ile kaçırma denemeleri

27 adet denemeden oluşmaktadır. 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyuna (LM) sahip lazer ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelere ait veriler Tablo 6.4'de sunulmuştur.

Tablo 6.4. 532 nm - 78 mW (LM) lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-1c	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Saksağan	100	4
1-2c	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	120	5
1-3c	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Saksağan	150	4
1-4c	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	2	Güvercin	120	3
1-5c	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	1	Güvercin	150	3
1-6c	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	1	Güvercin	150	3
1-7c	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	100	4
1-8c	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	130	5
1-9c	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	150	4
1-10c	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	1	Güvercin	100	3
1-10c	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	2	Güvercin	100	3
1-11c	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	1	Güvercin	100	2
1-12c	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	4	Karga	120	4
1-14c	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	4	Karga	120	3
1-15c	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	4	Karga	120	4
1-16c	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	2	Saksağan	100	4
1-17c	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	2	Saksağan	120	4
1-18c	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	2	Saksağan	120	4
1-19c	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	1	Güvercin	100	3
1-20c	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	1	Güvercin	100	3
1-21c	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	1	Güvercin	100	3
1-22c	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	1	Karga	150	4
1-23c	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	1	Karga	150	4

Tablo 6.4.(Devam) 532 nm -78 mW (LM) lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-24c	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	1	Karga	150	4
1-25c	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	130	5
1-26c	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	130	4
1-27c	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	140	4

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyuna (LM) sahip lazer ile 16.09.2019 – 27.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen dönemlerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde etkin bir kaçırma gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Deneme sonucu havalimanlarında kuş kaçırma amaçlı kullanılan sektör lazerlerindeki rengin yeşil seçilmiş olmasını da desteklemektedir.

6.1.4. 1. aşama: 532 nm (HY303) lazer ile kaçırma denemeleri

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyuna (HY303) sahip lazer ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelere ait veriler Tablo 6.5'de sunulmuştur.

Tablo 6.5. 532 nm - 78 mW HY303 lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-1d	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	100	4
1-2d	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	120	5
1-3d	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Saksağan	150	4
1-4d	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	2	Güvercin	120	3
1-5d	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	1	Güvercin	150	4
1-6d	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	1	Güvercin	150	3
1-7d	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	100	5
1-8d	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	130	5
1-9d	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	150	4
1-10d	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	3	Saksağan	100	5
1-11d	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	3	Saksağan	100	4
1-12d	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	3	Saksağan	100	4
1-13d	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	2	Güvercin	130	3
1-14d	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	2	Güvercin	130	3

Tablo 6.5.(Devam) 532 nm - 78 mW HY303 lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-15d	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	2	Güvercin	130	3
1-16d	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	5	Karga	150	4
1-17d	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	5	Karga	150	3
1-18d	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	5	Karga	150	4
1-19d	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	3	Saksağan	120	5
1-20d	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	3	Saksağan	120	5
1-21d	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	3	Saksağan	120	5
1-22d	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	1	Güvercin	100	3
1-23d	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	1	Güvercin	100	4
1-24d	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	1	Güvercin	100	3
1-25d	Bulutlu	Akşamüstü	20.09.2019	1	Karga	140	5
1-26d	Bulutlu	Akşamüstü	20.09.2019	1	Karga	140	4
1-27d	Bulutlu	Akşamüstü	20.09.2019	1	Karga	140	5

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyuna (HY303) sahip lazer ile 16.09.2019 – 27.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen dönemlerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde etkin bir kaçırma gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. MPE değerinin artması 120 metre uzaklıkta HY303 lazerinin daha güçlü yayım yaptığını ifade etmekte bu durumda İngiliz Sivil Havacılık Otoritesi tarafından yayımlanan kılavuz doküman içerisinde belirtilen "500 mW değere kadar güç artışlarının kuş kaçırma etkinliğini arttırmaktadır" ifadesini desteklemektedir.

6.1.5. 1. aşama: 650 nm lazer ile kaçırma denemeleri

27 adet denemeden oluşmaktadır. 77 mW gücünde 650 nm (kırmızı) dalga boyuna sahip lazer ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelere ait veriler Tablo 6.6'da sunulmuştur.

Tablo 6.6. 650 nm - 77 mW lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-1e	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	100	1
1-2e	Bulutlu	Sabah	16.09.2019	1	Saksağan	130	1
1-3e	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Saksağan	100	2

Tablo 6.6.(Devam) 650 nm - 77 mW lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
1-4e	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	2	Güvercin	100	1
1-5e	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	2	Güvercin	110	1
1-6e	Bulutlu	Sabah	19.09.2019	2	Güvercin	110	1
1-7e	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	130	1
1-8e	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	130	1
1-9e	Bulutlu	Sabah	17.09.2019	1	Karga	120	1
1-10e	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	1	Güvercin	150	1
1-11e	Bulutlu	Öğle	16.09.2019	1	Güvercin	150	1
1-12e	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	1	Güvercin	120	1
1-13e	Bulutlu	Öğle	17.09.2019	6	Karga	120	1
1-14e	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	6	Karga	120	1
1-15e	Bulutlu	Öğle	18.09.2019	6	Karga	100	1
1-16e	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	1	Saksağan	100	1
1-17e	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	1	Saksağan	100	1
1-18e	Bulutlu	Öğle	19.09.2019	1	Saksağan	130	1
1-19e	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	2	Güvercin	100	1
1-20e	Bulutlu	Akşamüstü	16.09.2019	2	Güvercin	150	1
1-21e	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	2	Güvercin	150	1
1-22e	Bulutlu	Akşamüstü	17.09.2019	3	Karga	120	2
1-23e	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	1	Karga	120	2
1-24e	Bulutlu	Akşamüstü	18.09.2019	1	Karga	120	2
1-25e	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	100	2
1-26e	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	1	Saksağan	100	3
1-27e	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	1	Saksağan	100	2

77 mW gücünde 650 nm (kırmızı) dalga boyuna sahip lazer ile 16.09.2019 – 27.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen dönemlerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde etkin bir kaçırma gerçekleştirilemediği gözlemlenmiştir. 2006 yılında yayımlanan makalede sadece gece şartlarında kanada kazları üzerinde 650 nm lazer ile yapılan kaçırma eylemlerinin büyük ölçüde başarı gösterdiği belirtilmektedir [33]. Asıl hedefimiz olan kuşlar dışında yer alsada bazı bölgeler için geyikler havacılık emniyetini tehlikeye sokmakta ve havalimanlarından uzak tutulma ihtiyacı doğmaktadır. Bu kapsamda 2003 yılında yapılan başka bir çalışmada ise 650 nm ve 633 nm dalga boyunda yayım yapan lazerlerin geyikler üzerinde etkin kaçırma etkisi

gözlemlenmemiştir [34]. Sektör araştırması yapıldığında havalimanlarında kırmızı renge yakın dalga boyunda yayım yapan gündüz şartlarında başarılı bir lazer bulunamamıştır. Deneme sonuçları da bu dalga boyunun gündüz koşullarında tercih edilmeme sebebini desteklemektedir.

6.1.6. 1. aşama veri analizi

Yapılan denemelerin SPSS programı kullanılarak analiz edilmesi sonucu Tablo 6.7 ve 6.8'deki veriler ortaya çıkmıştır.

Tablo 6.7. 1. aşama tanımsal istatistiği

Kuş Türü	Lazer Dalga Boyu	Kaçırma Eylemi Zamanı	Ortalama	Standart Sapma	N
Saksağan	405 nm mor lazer	Sabah	1,6667	0,57735	3
		Öğle	1,6667	0,57735	3
		Akşamüstü	1,6667	0,57735	3
		Toplam	1,6667	0,50000	9
	450 nm mor-mavi lazer	Sabah	1,6667	0,57735	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		Akşamüstü	1,3333	0,57735	3
		Toplam	1,3333	0,50000	9
	532 nm LM yeşil lazer	Sabah	4,3333	0,57735	3
		Öğle	4,0000	0,00000	3
		Akşamüstü	4,3333	0,57735	3
		Toplam	4,2222	0,44096	9
	532 nm HY303 yeşil lazer	Sabah	4,3333	0,57735	3
		Öğle	4,3333	0,57735	3
		Akşamüstü	5,0000	0,00000	3
		Toplam	4,5556	0,52705	9
	650 nm kırmızı lazer	Sabah	1,3333	0,57735	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		AkşamüstüAkşam üzeri	2,3333	0,57735	3
		Toplam	1,5556	0,72648	9
	Toplam	Sabah	2,6667	1,49603	15
		Öğle	2,4000	1,54919	15
		Akşamüstü	2,9333	1,57963	15
		Toplam	2,6667	1,52256	45
Karga	405 nm mor lazer	Sabah	1,6667	0,57735	3
		Öğle	1,6667	0,57735	3
		Akşamüstü	1,3333	0,57735	3
		Toplam	1,5556	0,52705	9
	450 nm mor-mavi lazer	Sabah	1,3333	0,57735	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		Akşamüstü	1,3333	0,57735	3
		Toplam	1,2222	0,44096	9
	532 nm LM yeşil lazer	Sabah	4,3333	0,57735	3
		Öğle	3,6667	0,57735	3
		Akşamüstü	4,0000	0,00000	3
		Toplam	4,0000	0,50000	9
	532 nm HY303 yeşil lazer	Sabah	4,6667	0,57735	3
		Öğle	3,6667	0,57735	3

Tablo 6.7.(Devam) 1. aşama tanımsal istatistiği

Kuş Türü	Lazer Dalga Boyu	Kaçırma Eylemi Zamanı	Ortalama	Standart Sapma	N
		Akşamüstü	4,6667	0,57735	3
		Toplam	4,3333	0,70711	9
	650 nm kırmızı lazer	Sabah	1,0000	0,00000	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		Akşamüstü	2,0000	0,00000	3
		Toplam	1,3333	0,50000	9
	Toplam	Sabah	2,6000	1,68184	15
		Öğle	2,2000	1,32017	15
		Akşamüstü	2,6667	1,49603	15
		Toplam	2,4889	1,48664	45
Güvercin	405 nm mor lazer	Sabah	1,3333	0,57735	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		Akşamüstü	1,0000	0,00000	3
		Toplam	1,1111	0,33333	9
	450 nm mor-mavi lazer	Sabah	1,0000	0,00000	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		Akşam üzeri	1,0000	0,00000	3
		Toplam	1,0000	0,00000	9
	532 nm LM yeşil lazer	Sabah	3,0000	0,00000	3
		Öğle	2,6667	0,57735	3
		Akşam üzeri	3,0000	0,00000	3
		Toplam	2,8889	0,33333	9
	532 nm HY303 yeşil lazer	Sabah	3,3333	0,57735	3
		Öğle	3,0000	0,00000	3
		Akşam üzeri	3,3333	0,57735	3
		Toplam	3,2222	0,44096	9
	650 nm kırmızı lazer	Sabah	1,0000	0,00000	3
		Öğle	1,0000	0,00000	3
		Akşam üzeri	1,0000	0,00000	3
		Toplam	1,0000	0,00000	9
	Toplam	Sabah	1,9333	1,09978	15
		Öğle	1,7333	0,96115	15
		Akşam üzeri	1,8667	1,12546	15
		Toplam	1,8444	1,04350	45
Toplam	405 nm mor lazer	Sabah	1,5556	0,52705	9
		Öğle	1,4444	0,52705	9
		Akşam üzeri	1,3333	0,50000	9
		Toplam	1,4444	0,50637	27
	450 nm mor-mavi lazer	Sabah	1,3333	0,50000	9
		Öğle	1,0000	0,00000	9
		Akşam üzeri	1,2222	0,44096	9
		Toplam	1,1852	0,39585	27
	532 nm LM yeşil lazer	Sabah	3,8889	0,78174	9
		Öğle	3,4444	0,72648	9
		Akşam üzeri	3,7778	0,66667	9
		Toplam	3,7037	0,72403	27
	532 nm HY303 yeşil lazer	Sabah	4,1111	0,78174	9
		Öğle	3,6667	0,70711	9
		Akşam üzeri	4,3333	0,86603	9
		Toplam	4,0370	0,80773	27
	650 nm kırmızı lazer	Sabah	1,1111	0,33333	9
		Öğle	1,0000	0,00000	9
		Akşam üzeri	1,7778	0,66667	9
		Toplam	1,2963	0,54171	27
	Toplam	Sabah	2,4000	1,45227	45

Tablo 6.7.(Devam) 1. aşama tanımsal istatistiği

Kuş Türü	Lazer Dalga Boyu	Kaçırma Eylemi Zamanı	Ortalama	Standart Sapma	N
		Öğle	2,1111	1,30074	45
		Akşamüstü	2,4889	1,45574	45
		Toplam	2,3333	1,40362	135

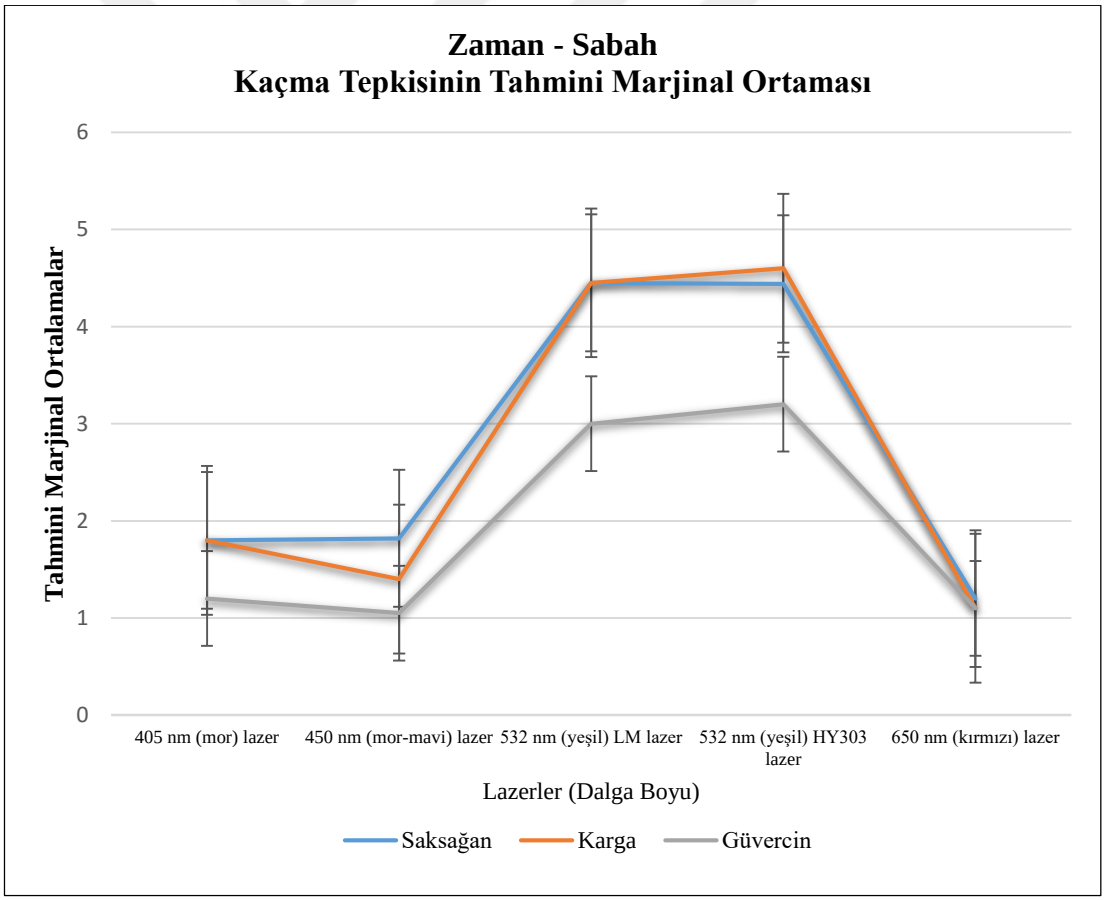
Tablo 6.8. 1. aşama çoklu karşılaştırma

Çoklu Karşılaştırma							
Bağımlı Değişken: Kaçma Tepkisi							
	(I) Lazer Dalga Boyu	(J) Lazer Dalga Boyu	Ortama Fark (I-J)	Standart Hata	Sig.	95% Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	405 nm mor lazer	450 nm mor-mavi lazer	0,2593	0,11712	0,184	-0,0668	0,5853
		532 nm LM yeşil lazer	-2,2593	0,11712	0,000	-2,5853	-1,9332
		532 nm HY303 yeşil lazer	-2,5926	0,11712	0,000	-2,9186	-2,2665
		650 nm kırmızı lazer	0,1481	0,11712	0,713	-0,1779	0,4742
	450 nm mor-mavi lazer	405 nm mor lazer	-0,2593	0,11712	0,184	-0,5853	0,0668
		532 nm LM yeşil lazer	-2,5185	0,11712	0,000	-2,8446	-2,1925
		532 nm HY303 yeşil lazer	-2,8519	0,11712	0,000	-3,1779	-2,5258
		650 nm kırmızı lazer	-0,1111	0,11712	0,877	-0,4372	0,2149
	532 nm LM yeşil lazer	405 nm mor lazer	2,2593	0,11712	0,000	1,9332	2,5853
		450 nm mor-mavi lazer	2,5185	0,11712	0,000	2,1925	2,8446
		532 nm HY303 yeşil lazer	-0,3333	0,11712	0,043	-0,6594	-0,0073
		650 nm kırmızı lazer	2,4074	0,11712	0,000	2,0814	2,7335
	532 nm HY303 yeşil lazer	405 nm mor lazer	2,5926	0,11712	0,000	2,2665	2,9186
		450 nm mor-mavi lazer	2,8519	0,11712	0,000	2,5258	3,1779
		532 nm LM yeşil lazer	0,3333	0,11712	0,043	0,0073	0,6594
		650 nm kırmızı lazer	2,7407	0,11712	0,000	2,4147	3,0668
	650 nm kırmızı lazer	405 nm mor lazer	-0,1481	0,11712	0,713	-0,4742	0,1779
		450 nm mor-mavi lazer	0,1111	0,11712	0,877	-0,2149	0,4372
		532 nm LM yeşil lazer	-2,4074	0,11712	0,000	-2,7335	-2,0814
		532 nm HY303 yeşil lazer	-2,7407	0,11712	0,000	-3,0668	-2,4147

Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da sunulan 1. aşama denemelere ait veriler incelendiğinde kuşların gösterdiği tepkilerin türlere ve kaçırma eylemi için kullanılan lazer ışınlarının dalga boylarına göre farklılık gösterdiği analiz edilmiştir.

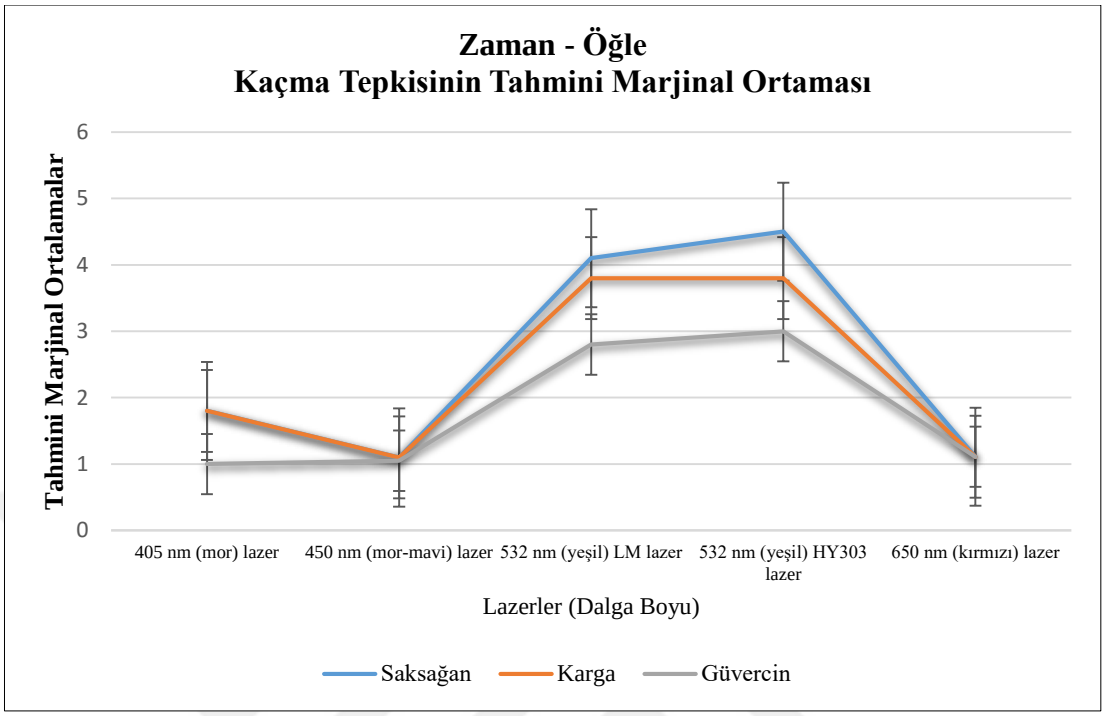
Bu durumunun kuşların fiziksel (görme) özelliklerinden kaynaklandığı kadar insanlara ve/veya uyaranlara olan alışkanlıklarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Tepkilerdeki değişim oranı ışığın dalga boyuna göre değişiklik göstermesine rağmen güvercinlerde her zaman en az tepkiye yol açmıştır. Bu durumda daha önce belirtildiği gibi bu türün insanlara ve/veya uyaranlara olan alışkanlığının sonucu olarak yorumlanmıştır. Her kuş türünün farklı lazerlere karşı göstermiş oldukları kaçma tepkileri sabah, öğle ve akşamüstü denemeleri için ayrı grafikler oluşturulmuştur. Sabah denemelerinin sonuçları Şekil 6.4'de sunulmuştur.



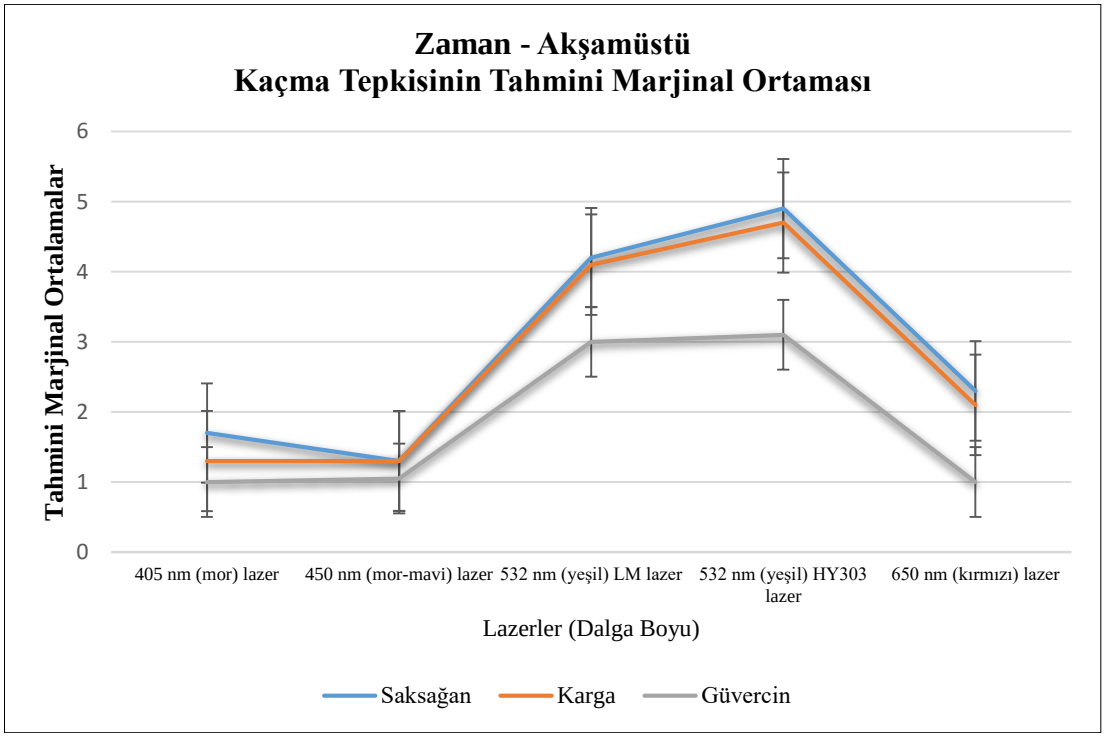
Şekil 6.4. Dalga boyu - kaçma tepkisi ilişkisi (sabah)

Öğle denemelerinin sonuçları Şekil 6.5'de sunulmuştur.



Şekil 6.5. Dalga boyu - kaçma tepkisi ilişkisi (öğle)

Akşamüstü denemelerinin sonuçları Şekil 6.6'da sunulmuştur.



Şekil 6.6. Dalga boyu - kaçma tepkisi ilişkisi (akşamüstü)

Kuşlar 450 nm lazer dalga boyundaki ışınlara en az tepki gösterirken, sonrasında sırasıyla 405 nm ve 650 nm'ye ve en fazla 532 nm lazer dalga boyuna tepki göstermiştir.

Ayrıca tepkiler gün ışığındaki değişime göre de farklılık göstermektedir. Örneğin denemedeki tüm türlerde öğle zamanı yapılan denemelerin etkinliği diğer sabah ve akşamüstü denemelerine oranla azalma göstermektedir.

1. aşama denemelerinde esas ulaşılmak istenilen nokta olan en etkin dalga boyunun tespitine ise yapılan deneme sonuçlarının SPSS programında analiz edilmesiyle ulaşılmıştır. Analiz sonucu 532 nm dalga boyuna sahip lazerin diğer dalga boylarına göre daha etkin sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

6.2. 2. Aşama: Enerji Akısının Kaçırmadaki Etkisinin Belirlenmesi

Bu aşamada; ilk aşamada yapılan denemeler sonucu en etkin dalga boyu olarak değerlendirilen 532 nm (yeşil) dalga boyuna ve 120 metre uzaklık için farklı MPE değerlerine sahip aynı güçte iki adet lazerin kuşlar üzerinde kaçırma etkisinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. 2. aşama denemelerinde temel amaç MPE değerinin kuşlar üzerinde kaçırma tepkilerine yönelik etkilerini değerlendirmektir. Deneme verileri ve sonuç analizleri Bölüm 6.2 içerisinde sunulmuştur.

Enerji akısındaki farklılığın sebebi ise HY303 lazerinin dahli optiğinin bulunmasıdır. Bu durumun HY303 lazerinin ışınında daha az sapmaya, 120 metrede daha yoğun enerji akısına sahip olmasını sağlamaktadır. 2. aşama denemelerinde 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,12 mW MPE değerine sahip LM-100T lazeri ile 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri olmak üzere toplam 2 farklı lazer kullanılmıştır. Güneş ışığının lazer ışınlarının görünürlüğü üzerindeki etkisinin azaltma ihtimaline karşın tüm denemeler bulutlu hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Denemelerin her bir lazer için aynı hava şartlarında, aynı deneme bölgesinde, aynı tür kuşlar üzerinde gerçekleştirilmesine dikkat edilmiştir.

Bu aşamada üç kuş türü üzerinde, bulutlu, hava şartlarında, sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında olmak üzere her bir lazer için (3x3x3) 27 deneme ve toplamda (2x27)

54 deneme gerçekleştirilmiştir. Deneme verileri ve sonuç analizleri Bölüm 6.2 içerisinde sunulmuştur.

Denemeler gün içerisinde gözlem yapılarak tespit edilen kuşlar üzerinde yapıldığı ve kuşların farklı günlerde ve farklı zaman dilimlerinde bahsedilen deneme alanında bulunmaları sebebi ile deneme tarihlerinde farklılıklar mevcuttur. 27.09.2019 – 30.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelere ait sonuçlar Tablo 6.9 ve Tablo 6.10'da verilmiştir.

6.2.1. 2. aşama: düşük enerji akılı lazer ile kaçırma denemeleri

Bu aşama, 27 adet denemeden oluşmaktadır. 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,12 mW MPE değerine sahip LM-100T lazeri ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 6.9'da sunulmuştur.

Tablo 6.9. 532 nm - 78 mW LM denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
2-1a	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	1	Saksağan	100	4
2-2a	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	3	Saksağan	110	3
2-3a	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	2	Saksağan	110	3
2-4a	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	3	Güvercin	100	3
2-5a	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	3	Güvercin	110	3
2-6a	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	3	Güvercin	100	2
2-7a	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	2	Karga	150	3
2-8a	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	1	Karga	150	3
2-9a	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	1	Karga	150	4
2-10a	Bulutlu	Öğle	27.09.2019	3	Karga	100	3
2-11a	Bulutlu	Öğle	27.09.2019	2	Karga	110	2
2-12a	Bulutlu	Öğle	27.09.2019	2	Karga	110	2
2-13a	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Saksağan	150	3
2-14a	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Saksağan	100	3
2-15a	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Saksağan	100	3
2-16a	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Güvercin	100	2
2-17a	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Güvercin	120	1
2-18a	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	2	Güvercin	120	1
2-19a	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	10	Karga	150	3

Tablo 6.9.(Devam) 532 nm -78 mW LM denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
2-20a	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	10	Karga	140	3
2-21a	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	10	Karga	140	3
2-22a	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	140	4
2-23a	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	140	3
2-24a	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	1	Saksağan	140	3
2-25a	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	2	Güvercin	100	2
2-26a	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	2	Güvercin	100	2
2-27a	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	1	Güvercin	100	1

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,12 mW MPE değerine sahip LM-100T lazeri ile 27.09.2019 – 30.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde etkin bir kaçırma gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

6.2.2. 2. aşama: yüksek enerji akılı lazer ile kaçırma denemeleri

Bu aşama, 27 adet denemeden oluşmaktadır. 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 6.10'da sunulmuştur.

Tablo 6.10. 532 nm - 78 mW HY303 lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
2-1b	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	3	Saksağan	100	5
2-2b	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	1	Saksağan	110	4
2-3b	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	1	Saksağan	110	4
2-4b	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	3	Güvercin	100	3
2-5b	Bulutlu	Sabah	27.09.2019	3	Güvercin	110	2
2-6b	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	3	Güvercin	100	3
2-7b	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	2	Karga	150	4
2-8b	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	1	Karga	140	4
2-9b	Bulutlu	Sabah	30.09.2019	1	Karga	140	5
2-10b	Bulutlu	Öğle	27.09.2019	2	Karga	100	3
2-11b	Bulutlu	Öğle	27.09.2019	2	Karga	110	3

Tablo 6.10.(Devam) 532 nm - 78 mW HY303 lazer denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
2-12b	Bulutlu	Öğle	27.09.2019	2	Karga	110	3
2-13b	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Saksağan	150	2
2-14b	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Saksağan	100	3
2-15b	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Saksağan	100	2
2-16b	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Güvercin	100	2
2-17b	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	1	Güvercin	120	2
2-18b	Bulutlu	Öğle	30.09.2019	2	Güvercin	120	1
2-19b	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	5	Karga	150	4
2-20b	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	5	Karga	140	3
2-21b	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	5	Karga	140	4
2-22b	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	2	Saksağan	140	3
2-23b	Bulutlu	Akşamüstü	27.09.2019	1	Saksağan	140	4
2-24b	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	1	Saksağan	140	4
2-25b	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	1	Güvercin	100	2
2-26b	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	1	Güvercin	100	2
2-27b	Bulutlu	Akşamüstü	30.09.2019	1	Güvercin	100	2

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri ile 27.09.2019 – 30.09.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelerde kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde enerji akısı düşük olan lazer göre daha etkin bir kaçırma sağladığı tespit edilmiştir.

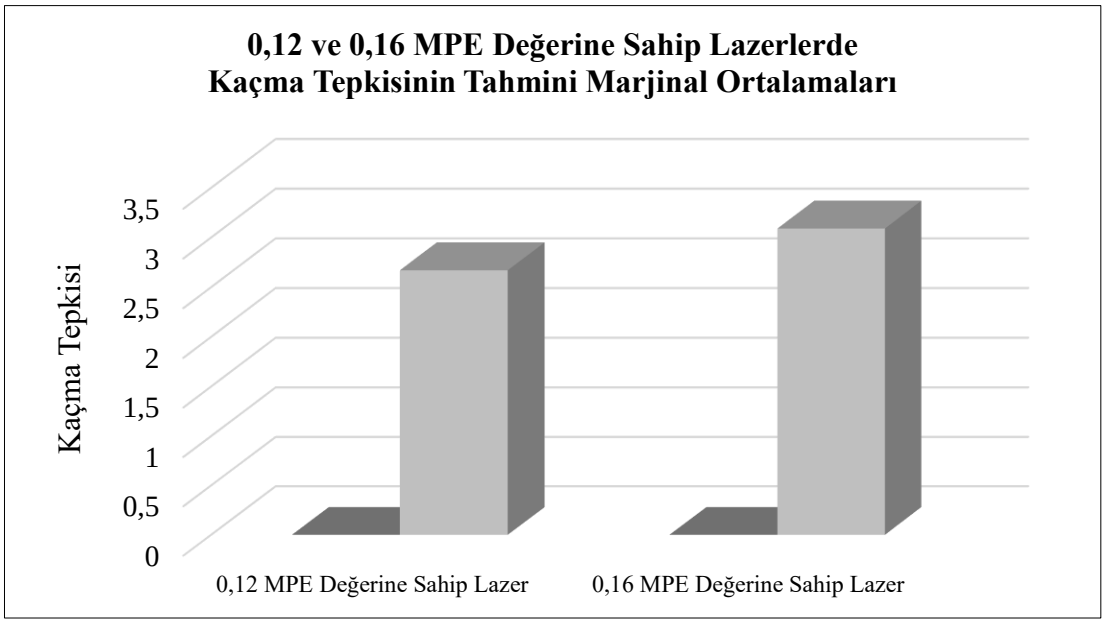
6.2.3. 2. aşama veri analizi

Yapılan denemelerin SPSS programı kullanılarak analiz edilmesi sonucu Tablo 6.11'de sunulan veriler ortaya çıkmıştır.

Tablo 6.11. 2. aşama dalga boyu tanımsal istatistiği

Tanımsal İstatistik - Kaçma Tepkisi								
	N	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	95% Güven Aralığı Ortalama		Asgari	Azami
					Alt Sınır	Üst Sınır		
78 mW 532 nm LT Işın Düzenleyici Bulunmayan Lazer	27	2,6667	0,83205	0,16013	2,3375	2,9958	1,00	4,00
78 mW 532 nm HY303 Işın Düzenleyicili Lazer	27	3,0741	1,03500	0,19919	2,6646	3,4835	1,00	5,00
Toplam	54	2,8704	0,95258	0,12963	2,6104	3,1304	1,00	5,00

2. aşamada gerçekleştirilen denemelerde; kuşlar üzerinde 0,16 mW MPE değerine sahip lazerin, 0,12 mW MPE değerine sahip lazerden daha iyi kaçırma tepkileri yarattığını gözlemlenmiştir. Denemede kullanılan aynı güçteki lazerin ortama 120 metre uzaklıktaki MPE değerlerindeki değişim HY303 lazerinin önünde yer alan optik düzenekten kaynaklanmaktadır. Kaçma tepkisi ve MPE ilişkisi Şekil 6.7'de sunulmuştur.



Şekil 6.7. Kaçma tepkisi - MPE ilişkisi

Yapılan denemeler sonucu elde edilen verileriler SPSS programında analiz edildiğinde MPE değerinin önemi ortaya çıkmış ve aynı güçte olmasına rağmen daha yüksek MPE değerine sahip lazerin kuş kaçırmalarında daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Konu ile ilgili grafik Şekil 6.7'de sunulmuştur.

6.3. 3. Aşama: Gün Işığının Kaçırmadaki Etkisinin Belirlenmesi

Son deneme aşaması olan 3. Aşamada; ilk aşama deneme sonucunda en etkin dalga boyu olarak değerlendirilen 532 nm (yeşil) dalga boyuna ve 2. Aşama deneme sonucunda daha etkin olarak değerlendirilen 120 metre uzaklık için daha yüksek MPE değerlerine sahip 78 mW gücünde 532 nm HY303 lazerinin güneşli hava denemeleri ile güneş ışığı etkisinin de dahil edilerek kuşlar üzerinde kaçırma etkisinin gözlemlenmesi ve tüm koşullar göz önünde tutulduğunda bu lazerin havacılıkta ve/veya havalimanlarında kuş kaçırma amaçlı kullanımına yönelik etkinliğinin nihai olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Deneme verileri ve sonuç analizleri Bölüm 6.3 içerisinde sunulmuştur.

3. aşama denemelerinde 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri kullanılmıştır. Denemelerde güneş ışığını etkinliğinin araştırılması amacı ile güneşli günlerdeki deneme sayısı ile güneşsiz günlerdeki deneme sayısı eşit tutulmuştur. Üç kuş türü üzerinde, bulutlu, bulutsuz hava şartlarında, sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında olmak üzere toplamda (3x3x3x2) 54 deneme gerçekleştirilmiştir.

Denemeler gün içerisinde gözlem yapılarak tespit edilen kuşlar üzerinde yapıldığı ve kuşların farklı günlerde ve farklı zaman dilimlerinde bahsedilen deneme alanında bulunmaları sebebi ile deneme tarihlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Ancak 01.10.2019 – 20.10.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemeler sırası ile bulutlu (sabah, öğle, akşamüstü) ve bulutsuz (sabah, öğle, akşamüstü) deneme verileri olarak 2 tabloda (Tablo 6.12 ve Tablo 6.13) sunulmuştur.

6.3.1. 3. aşama: bulutlu hava denemeleri

27 adet denemeden oluşmaktadır. 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri ile bulutlu havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. 3. aşama 1. denemeleri

aynı zamanda 2. Aşamada gerçekleştirilene 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazer denemeleri ile aynı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Tablo 6.12'de sunulmuştur.

Tablo 6.12. Bulutlu hava denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
3-1a	Bulutlu	Sabah	01.10.2019	1	Saksağan	100	4
3-2a	Bulutlu	Sabah	01.10.2019	5	Karga	130	4
3-3a	Bulutlu	Sabah	01.10.2019	20	Güvercin	100	2
3-4a	Bulutlu	Sabah	02.10.2019	5	Saksağan	100	5
3-5a	Bulutlu	Sabah	02.10.2019	5	Saksağan	150	5
3-6a	Bulutlu	Sabah	02.10.2019	2	Karga	150	4
3-7a	Bulutlu	Sabah	02.10.2019	1	Karga	150	4
3-8a	Bulutlu	Sabah	02.10.2019	2	Güvercin	100	2
3-9a	Bulutlu	Sabah	02.10.2019	2	Güvercin	100	2
3-10a	Bulutlu	Öğle	01.10.2019	3	Saksağan	100	5
3-11a	Bulutlu	Öğle	01.10.2019	2	Saksağan	120	4
3-12a	Bulutlu	Öğle	01.10.2019	2	Güvercin	100	2
3-13a	Bulutlu	Öğle	01.10.2019	2	Güvercin	100	1
3-14a	Bulutlu	Öğle	02.10.2019	1	Saksağan	120	4
3-15a	Bulutlu	Öğle	02.10.2019	2	Güvercin	100	2
3-16a	Bulutlu	Öğle	03.10.2019	3	Karga	150	3
3-17a	Bulutlu	Öğle	03.10.2019	2	Karga	150	4
3-18a	Bulutlu	Öğle	03.10.2019	2	Karga	150	4
3-19a	Bulutlu	Akşamüstü	01.10.2019	10	Karga	150	5
3-20a	Bulutlu	Akşamüstü	01.10.2019	5	Karga	150	4
3-21a	Bulutlu	Akşamüstü	01.10.2019	1	Karga	100	4
3-22a	Bulutlu	Akşamüstü	01.10.2019	1	Saksağan	120	5
3-23a	Bulutlu	Akşamüstü	01.10.2019	1	Saksağan	100	5
3-24a	Bulutlu	Akşamüstü	02.10.2019	2	Güvercin	120	3
3-25a	Bulutlu	Akşamüstü	02.10.2019	3	Güvercin	100	3
3-26a	Bulutlu	Akşamüstü	02.10.2019	1	Saksağan	100	5
3-27a	Bulutlu	Akşamüstü	02.10.2019	1	Güvercin	100	3

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri ile 01.10.2019 – 03.10.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelerde

kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde 2. aşama verileri ile yakın sonuçların çıktığı gözlemlenmiştir.

6.3.2. 3. aşama: bulutsuz hava denemeleri

27 adet denemeden oluşmaktadır. 78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri ile bulutsuz havada sabah, öğle ve akşamüstü zamanlarında 3 farklı kuş türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Denemelerde güneş ışığı etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar Tablo 6.13'de sunulmuştur.

Tablo 6.13. Bulutsuz hava denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
3-1b	Bulutsuz	Sabah	11.10.2019	1	Saksağan	100	5
3-2b	Bulutsuz	Sabah	11.10.2019	4	Saksağan	150	4
3-3b	Bulutsuz	Sabah	11.10.2019	3	Karga	100	4
3-4b	Bulutsuz	Sabah	11.10.2019	1	Karga	100	4
3-5b	Bulutsuz	Sabah	14.10.2019	2	Saksağan	120	4
3-6b	Bulutsuz	Sabah	14.10.2019	2	Güvercin	120	2
3-7b	Bulutsuz	Sabah	14.10.2019	2	Güvercin	120	2
3-8b	Bulutsuz	Sabah	14.10.2019	2	Güvercin	120	2
3-9b	Bulutsuz	Sabah	14.10.2019	2	Karga	150	3
3-10b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	2	Saksağan	100	2
3-11b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	1	Saksağan	150	1
3-12b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	1	Saksağan	150	1
3-13b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	2	Güvercin	120	1
3-14b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	2	Güvercin	100	1
3-15b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	2	Güvercin	150	1
3-16b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	1	Karga	100	2
3-17b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	1	Karga	150	1
3-18b	Bulutsuz	Öğle	22.10.2019	1	Karga	1501	1
3-19b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	3	Karga	120	3
3-20b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	15	Karga	150	4
3-21b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	5	Karga	150	3
3-22b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	1	Güvercin	100	2

Tablo 6.13.(Devam) Bulutsuz hava denemeleri

Deneme No	Hava	Zaman	Tarih	Adet	Tür	Uzaklık	Kaçma Eylemi
3-23b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	1	Güvercin	100	1
3-24b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	2	Güvercin	150	2
3-25b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	2	Saksağan	150	3
3-26b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	1	Saksağan	150	3
3-27b	Bulutsuz	Akşamüstü	22.10.2019	1	Saksağan	100	1

78 mW gücünde 532 nm (yeşil) dalga boyunda 0,16 mW MPE değerine sahip HY303 lazeri ile 11.10.2019 – 22.10.2019 tarihleri arasında gerçekleştirilen denemelerde Kuşların kaçma tepki puanları incelendiğinde bulutlu hava tepkilerine göre çok daha az kaçma tepkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 6.8. Bulutsuz havada kaçırma denemeleri

6.3.3. 3. aşama verileri analizi

3. aşama deneme sonuçları SPSS programı ile analizi sonucu Tablo 6.14, Tablo 6.15 ve Tablo 6.16'daki verilere ulaşılmıştır.

Tablo 6.14. 3. aşama tanımsal istatistik verisi

Tanımsal İstatistik (Kaçma Tepkisi)				
Kuş Türü	Hava Durumu	Ortalama	Standart Sapma	N
Saksağan	Bulutlu	4,6667	0,50000	9
	Bulutsuz	2,7778	1,39443	9
	Toplam	3,7222	1,40610	18
Karga	Bulutlu	4,0000	0,50000	9
	Bulutsuz	2,7778	1,20185	9
	Toplam	3,3889	1,09216	18
Güvercin	Bulutlu	2,2222	0,66667	9
	Bulutsuz	1,4444	0,52705	9
	Toplam	1,8333	0,70711	18
Toplam	Bulutlu	3,6296	1,18153	27
	Bulutsuz	2,3333	1,24035	27
	Toplam	2,9815	1,36659	54

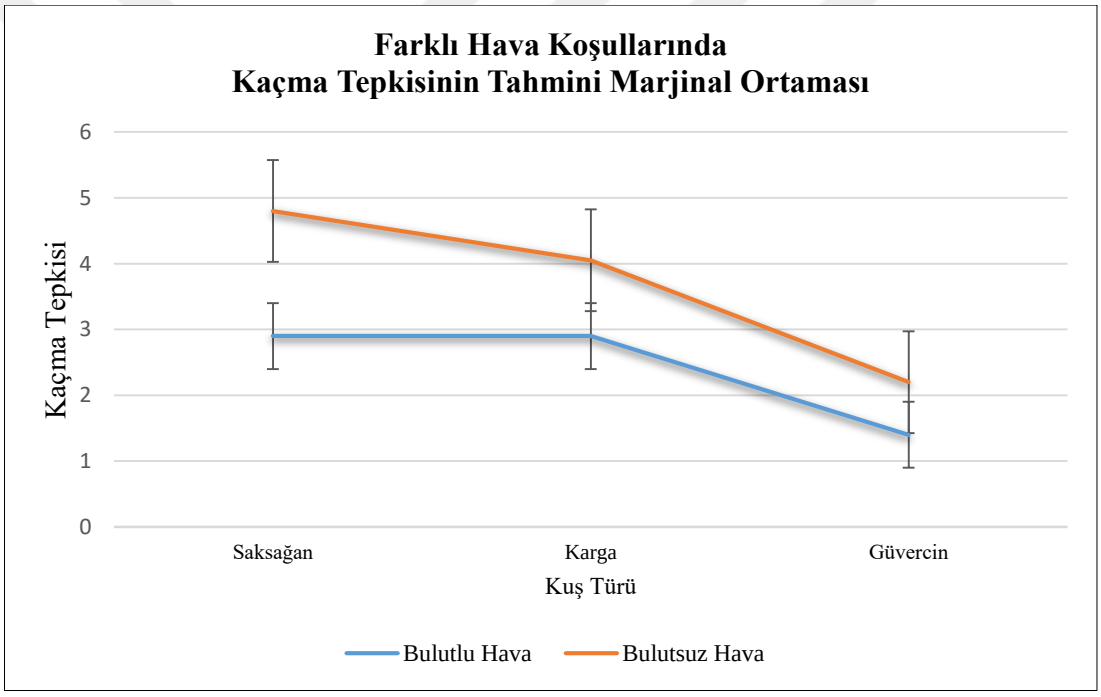
Tablo 6.15. 3. aşama çoklu karşılaştırma

Çoklu Karşılaştırma							
Bağımlı Değişken: Kaçma Tepkisi							
	(I) Kuş Türü	(J) Kuş Türü	Ortama Fark(I-J)	Standart Hata	Sig.	95% Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	Saksağan	Karga	0,3333	0,29222	0,494	-0,3734	1,0401
		Güvercin	1,8889	0,29222	0,000	1,1822	2,5956
	Karga	Saksağan	-0,3333	0,29222	0,494	-1,0401	0,3734
		Güvercin	1,5556	0,29222	0,000	0,08488	2,2623
	Güvercin	Saksağan	-1,8889	0,29222	0,000	-2,5956	-1,1822
		Karga	-1,5556	0,29222	0,000	-2,2623	-0,8488
Bonferroni	Saksağan	Karga	0,3333	0,29222	0,779	-0,3916	1,0583
		Güvercin	1,8889	0,29222	0,000	1,1640	2,6138
	Karga	Saksağan	-0,3333	0,29222	0,779	-1,0583	0,3916
		Güvercin	1,5556	0,29222	0,000	0,8306	2,2805
	Güvercin	Saksağan	-1,8889	0,29222	0,000	-2,6138	-1,1640
		Karga	-1,5556	0,29222	0,000	-2,2805	-0,8306

Tablo 6.16. 3. aşama Tukey analizi

Kaçma Tepkisi				
			Alt Küme	
	Kuş Türü	N	1	2
Tukey HSD	Güvercin	18	1,8333	
	Karga	18		3,3889
	Saksağan	18		3,7222
	Sig.		1,000	0,494

Tepkiler kuş türlerine göre değişim göstermekle beraber bulutsuz (güneşli) havalarda lazer etkinliğinin düştüğünü gözlemlenmiştir. SPSS programında yapılan analiz sonucu Şekil 6.9'da sunulmuştur.



Şekil 6.9. Bulutlu ve bulutsuz havalarda 532 nm lazer için kuş türü - kaçma tepkisi ilişkisi

3. aşama gerçekleştirilen denemelerde; daha önceki denemelerde daha etkin olduğu tespit edilen 532 nm ve 0,16 mW MPE değerine sahip lazerin kuşlar üzerinde farklı hava koşullarındaki (bulutlu-bulutsuz hava) etkinliği değerlendirilmiştir.

1. aşama denemeler, 2. aşama denemeler ve 3. aşama denemelerde farklı dalga boyuna sahip lazer ışınlarının kuşlar üzerinde farklı tepkiler yarattığı gözlemlenmiştir. Temel amaç öncelikle lazer ışının kaçırma eylemlerinde kullanılabileceğine yönelik tespit olmuştur.

Lazer ışınlarının kuşlar üzerinde kaçırma etkisi yaratabileceğinin gözlemlendiği 1. aşama deneme verileri analiz edildiğinde denemelerde kullanılan 405 nm, 532 nm ve 650 nm lazerler arasında 532 nm dalga boyundaki ışınının diğer dalga boylarına göre daha etkin olduğu tespit edilmiştir.

2. aşama denemelerinde; 1. aşamada tespit edilen 532 nm dalga boyundaki ışığın etki bölgesindeki MPE değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan denemeler sonucu analiz edildiğinde MPE değeri yüksek olan lazerin daha etkin olduğu tespit edilmiştir.

Son aşama olan 3. aşama denemelerinde ise denemelerde kullanılan dalga boyu ve MPE değeri bakımından en etkin lazer olan 532 nm HY303 lazerinin farklı hava koşullarında kuşlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Verilerin analizi sonucu bulutsuz havalarda (güneşli) lazerin kaçırma etkisinin düştüğü gözlemlenmiştir.

6.4. Işın Düzenleyici (Beam Expander) Etkisi

2. aşama verileri analizinde MPE değerinin arttırılmasının kaçırma etkisini pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir. Fakat bahsi geçen lazerin kullanım alanından insanların olma ihtimali göz önüne alındığında insan gözünün zarar görmemesi amacı ile azami MPE sınırının 2,55 mW/cm^2 olması gerekmektedir. [22]

LATARUM tesislerinde gerçekleştirilen çalışmada ışın düzenleyicinin deneme lazerleri arasında yer alan 405 nm lazer ışığı üzerindeki etkisi Şekil 6.10'da sunulmuştur.



Şekil 6.10. 7X ışın düzenleyicinin 405 nm lazer ışını üzerindeki etkisi (LATARUM)

Bu kapsamda yapılan değerlendirmelerde lazer çıkışına optik düzenek kurularak ışın diverjansının (sapmasının) yok edilebileceği sabit 2,55 mW/cm^2 MPE değerinde ışın yaymasının sağlanabileceği tespit edilmiştir. Böylelikle MPE değeri hem 120 metre öncesi hem de 120 metre sonra için aynı kalacak ve insan gözü zararı asgari düzeye düşürülürken kuşların kaçma tepkisi azami seviyeye çıkartılacaktır.

Deneme saflarından tespit edildiği üzere 532 nm dalga boyunda ışın yayan lazerler diğer lazerlere göre daha başarılıdır. Dolayısı ile dalga boyunda herhangi bir değişikliğin sağlıklı geri dönüşler vermeyeceği değerlendirilmiş ve 532 nm HY303 lazeri için MPE değerini 2,55 mW/cm^2'de tutacak optik düzenek tasarlanması amaçlanmıştır.

532 nm HY303 kodlu lazerin özellikleri Tablo 6.17'de sunulmuştur.

Tablo 6.17. 532 nm HY303 lazeri özellikleri

LAZER	PI (π)	Işın Çapı (cm)	Yarı Çap (r)	Diverjans (mrad)	P - Güç (mW)
532 nm HY303	3,14	0,4	0,2	1,3	78

İnsan gözüne zarar vermeyecek azami MPE değerindeki lazer ışının Bölüm 4.1'de de belirtildiği üzere her bir cm^2'de 2,55 mW/cm^2 değerini geçmemesi gerekmektedir. 532 nm HY303 lazeri için MPE değerini 2,55 mW/cm^2'de tutacak optik düzeneğin (ışın düzenleyicinin) tasarlanabilmesi amacı ile Denklem (6.1), (6.2), (6.3) ve (6.4)'de belirtilen işlemlere ihtiyaç duyulmuştur.

Işın şiddeti = Lazer gücü / Alan (F=P/A) (6.1)

İstenilen ışın şiddeti = Lazer gücü / Hedeflenen ışın alanı (6.2)

2,55 mW/cm^2 = 78 mW / Hedeflenen ışın alanı (6.3)

Hedeflenen ışın alanı = 30,5 cm^2 (6.4)

MPE değerinin istenilen 2,55 mW/cm^2 değerinde tutulması için lazer ışığının alanının 30,5cm^2'de sabit tutulması gerekli olduğu hesaplanmıştır. Bu kapsamda çıkış yarı çapı 0,2 cm olan HY303 lazerinin ışığının hangi oranda değiştirilmesi gerektiğini hesaplamak için ise Denklem (6.5), (6.6), (6.7) ve (6.8)'de belirtilen işlemlere ihtiyaç duyulmuştur.

Daire Alanı (lazer ışığı alanı) = π x r^2 (6.5)

$30{,}5cm^2 = \pi$ x r^2 } r = 3,11 cm^2 (6.6)

Yarı çap değişim oranı = Hedeflenen yarı çap / Mevcut yarı çap (6.7)

Yarı çap değişim oranı = 15,5 (kat büyük) (6.8)

532 nm HY303 lazer ışığını istenilen MPE değerin olan 2,55 mW/cm^2'de tutacak optik düzeneğin ufak diverjans (ışın sapması) değerlerinin de göz önünde tutulması ile ışın çıkış yarı çapını 15 kat büyütmesinin ideal tasarım olacağı düşünülmüştür.

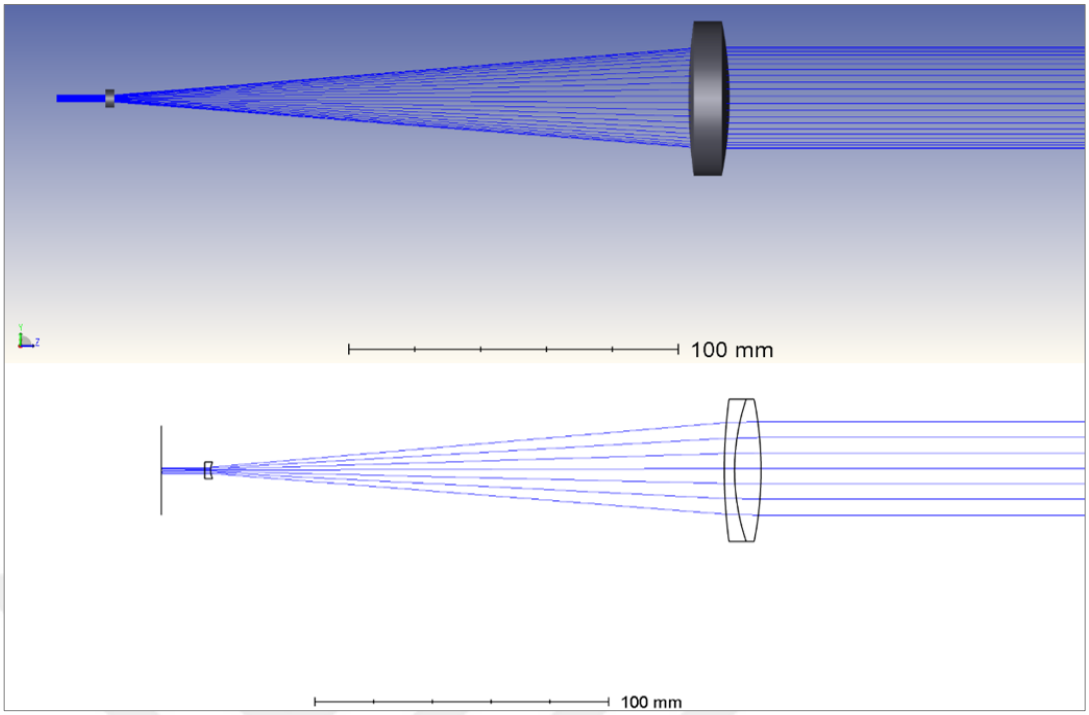
Hesaplamalar sonucu 78 mW gücünde, 0,2 cm yarı çaplı 532 nm dalga boyunda ve 1,3 mrad diverjansa sahip lazer ışığının 15 kat büyütülmesi amacı ile Zemax programı ile gerçekleştirilen optik tasarıma ait bilgiler Şekil 6.11'de sunulmuştur.

Surface 5 Properties — Configuration 1/1

	Surface Type		Comment	Radius	Thickness	Material	Coating	Clear Semi-Dia	Chip Zone	Mech Semi-Dia	Conic	TCE x 1E-6
0	OBJECT	Standard		Infinity	Infinity			Infinity	0,00	Infinity	0,00	0,00
1		Standard	First mech surf	Infinity	14,80			16,00 U	0,00	16,00	0,00	0,00
2	STOP (aper)	Standard		Infinity	2,00	N-BK7	AR	3,00 U	0,00	3,00	0,00	-
3	(aper)	Standard		6,89	174,90 V			3,00 U	0,00	3,00	0,00	0,00
4	(aper)	Standard		201,80	3,50	N-SF5	AR	25,40 U	0,00	25,40	0,00	-
5	(aper)	Standard		83,60	9,00	N-BK7	AR	25,40 U	0,00	25,40	0,00	-
6	(aper)	Standard		-137,...	1,50E+05			25,40 U	0,00	25,40	0,00	0,00
7		Standard	Last mech surf	Infinity	0,00			29,50 U	0,00	29,50	0,00	0,00
8	IMAGE	Standard		Infinity	-			30,00 U	0,00	30,00	0,00	0,00

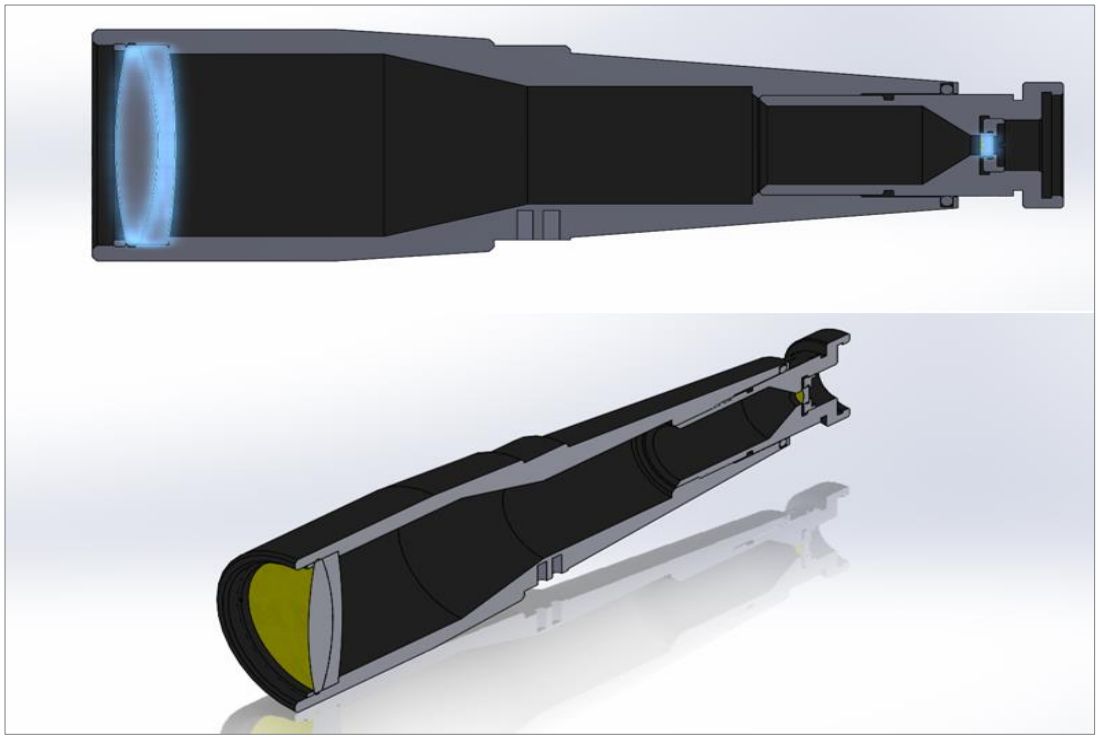
Şekil 6.11. Optik sistem özellikleri

3 merceğe sahip bu tasarımda 0,2 cm yarı çaplı lazer ışığı 3 mercekten geçerek 3 cm yarı çaplı ışığa dönüştürülmüştür. Tasarımda kullanılan merceklerin mevcut satın alınabilir merceklere çevrilmesi ile 1. mercek 48678-Edmund Optics, 2. ve 3. mercekler (dublet) DLB-60-200PM – OptoSigma mercekleri olarak belirlenmiştir. Işın düzenleyiciye ait tasarımda ışığın izlediği yollun görüntüsü Şekil 6.12'de sunulmuştur.



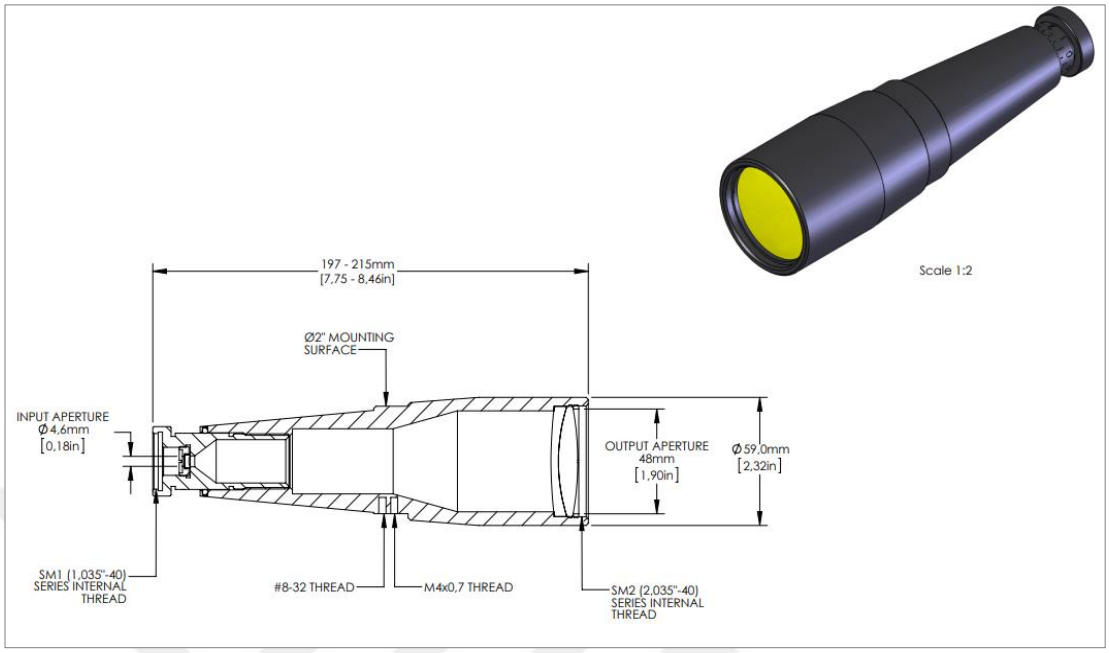
Şekil 6.12. Lazer ışnğın düzenleyici içerisinde izlediği yol (15X)

Işın düzenleyiciye ait optik düzenekte merceklerin konumlandırılmasının belirtildiği yarı kesit görüntüsü Şekil 6.13'de sunulmuştur.



Şekil 6.13. Işın düzenleyici kesit görüntüsü

Işın düzenleyici ölçülerine ait detaylı bilgi Şekil 6.14'de sunulmuştur.



Şekil 6.14. Işın düzenleyici ölçüleri

Aynı optik düzenekte kullanılan merceklerin ağırlıkları ise toplamda (0,16 gr + 70,1 gr) 70,26 gramdır [35]. Yani kasa ağrılığı da dikkate alındığında kullanım esnasında rahatlıkla taşınabilir bir yapıya dönüştürülebilir potansiyele sahiptir.

Bahsi geçen optik düzenek HY303 532 nm dalga boyuna sahip lazere özgü tasarlanmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen denemelerin analizi sonucu, belirtilen tasarım ile mevcut malzemeler ve matematiksel hesaplamalar doğrultusunda ideal lazer ışınına ulaşılmıştır. Optik düzenek tasarımındaki temel amaç, uygulama sırasından herhangi bir insan gözünün doğrudan lazer ışınına maruz kalması durumunda zarar görmemesini sağlamaktır. Böylelikle insan gözünün tesadüfi maruz kalmada zarar görmeyeceği azami enerji akısına sahip ideal lazer ışınına ulaşılmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, sınırlı kaynaklarla uçuş emniyeti seviyesinin azami ölçüde yüksek tutmak için çalışan havalimanlarında, kuşların yarattığı risklerinin düşürülmesine yönelik kullanılan mücadele yöntemleri arasında yer alan lazerlerin etkinlik seviyesi araştırılmış, en uygun özelliklere sahip lazer tespiti yapılmış ve lazerlerin kuş kaçırma faaliyetlerinde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Kaçırma eylemleri sırasında lazer ışığı doğrudan kuşlar üzerine tutulmamış, ışığın yüzey yansımasını göreceği şekilde kuşlara yaklaştırılmıştır. Deneme verileri analiz edildiğinde farklı dalga boylarına sahip lazerlerin aynı etkiyi göstermediği tespit edilmiştir. Gündüz şartlarında 405 nm dalga boyunda (mor) lazer, 450 nm dalga boyunda (mor-mavi) ve 650 nm dalga boyunda (kırmızı) lazer denemelerinde kuşlarda etkin bir kaçırma olmadığı gözlemlenirken, 532 nm dalga boyunda (yeşil) lazerde farklı tepkiler tespit edilmiştir. 532 nm dalga boyuna sahip lazerlerin kendinden yaklaşık 5 kat fazla güç üreten 405 nm lazerden daha etkin kaçırma tepkileri sağlaması, önemli etki faktörlerinden birinin dalga boyu olduğunu göstermiştir.

Aynı dalga boyuna sahip lazer ile yapılan denemelerde farklı tepkilerin sebepleri araştırıldığında ise ışın genişliği, gün aydınlık seviyesinin ve kuş türünün etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada bir adet (405 nm) güçlü dört adet düşük seviye güçlü sayılabilecek lazerler kullanılmıştır.

Yüksek kaçma eğilimi göstermeyen türün çevresindeki diğer canlı ve uyaranlara karşı da daha az tepki gösterdiği dolayısı ile türün çevresine karşı alışkanlığının tepkilerini doğrudan etkilediği tahmin edilmektedir. Ayrıca gün için aydınlık seviyelerinin artması lazer ile uyarılma etkisini düşürmüştür, bu durum ise fazla güneşli hava koşullarında yer yansımalarının görülebilirliğinin azalmasının sonucu olarak değerlendirilmiştir.

Havalimanlarında lazerle kuş kaçırma yöntemi etkinlik seviyesinin değerlendirildiği bu çalışmada veri analizleri neticesinde 532 nm dalga boyundaki lazerlerin gündüz

şartlarında en etkin lazerler olduğu belirlenmiştir. Kaçırma eylemlerinde etki faktörleri olan gün aydınlık seviyesine ve kuş türüne müdahalenin mümkün olmaması sebebi ile bir diğer etken olan MPE değerini (lazer enerji akısı ve kullanılan optik düzeneğe bağlı değişebilen) ışın genişletici ile düzenleyerek en ideal seviyeye çıkartılması hedeflenmiştir. Bu amaçla denemelerde en etkin lazer belirlenen 532 nm HY303 lazerine insan göz sağlığına zarar vermeden yayım yapmasını sağlayan (azami MPE 2,55 mW/cm^2) ışın düzenleyici (beam expander) geliştirilmesinin en uygun tercih olacağı belirlenmiştir. Işın düzenleyici tasarımındaki esas amaç havalimanında lazer ile kuş kaçırma uygulaması sırasında yanlışlıkla doğrudan maruz kalma durumunda (göz kırpma refleksi olan 0,25 saniyede) insan göz sağlığına zarar vermeden (göz sağlığı korunarak) ideal ışın şiddetine ulaşılabileceğinin gösterilmesidir.

Ayrıca denemeler süresince, kaçırma eylemlerinde ışığın yansıdığı yüzeyin yapısı ve ıslaklığının önem arz ettiği gözlemlenirken; kaplamasız yüzeylerde gerçekleştirilen konvansiyonel kaçırma eylemlerine göre yüzey bozulması ve kaçırma eylemleri sırasında kaplamasız alanlardan gelen yabancı madde hasarı (FOD) sorunu yaşanmadığı tespit edilmiştir.

Gerekli emniyet önlemlerinin alınması durumunda tüm bu gözlem ve değerlendirmeler neticesinde; kuş türlerine göre farklılık göstermekle birlikte yılın büyük bölümünde yağış alan veya bulutlu havaya sahip olan coğrafi bölgelerdeki (Karadeniz Bölgesi gibi) havalimanlarında gündüz saatlerinde yapılacak kuş kaçırma faaliyetleri için 532 nm dalga boyunda (yeşil) lazerlerin etkin sonuçlar verebileceği belirlenmiştir. Yıl içerisinde genellikle güneşli olan coğrafyada yer alan havalimanları için ise istenilen etkinin yeni bir çalışma ile araştırılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Cleary E., Dolbeer R., *Wildlife Hazard Management at Airports: A Manual for Airport Personnel,* 2nd ed., USDA National Wildlife Research Center, ABD, 2005.

[2] ICAO Doc. 9137 Part 3, Bird Control and Reduction, *International Civil Aviation Organization*, Canada, 2012.

[3] Dolbeer R., Begier M., Miller P., Weller J., Anderson A., FAA Serial Report 25 Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States 1990–2018, *U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, U.S. Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service Wildlife Services*, 25, 2019.

[4] URL-1: https://tr.wikipedia.org/wiki/Uçak_motoru, (Ziyaret tarihi: 19 Mayıs 2019).

[5] URL-2: https://tr.wikipedia.org/wiki/Göçmen_kuşlar, (Ziyaret tarihi 19 Mayıs 2019).

[6] URL-3: https://en.wikipedia.org › wiki › Bird_strike, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[7] URL-4: https://en.wikipedia.org/wiki/United_Airlines_Flight_297, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[8] URL-5: https://www.skybrary.aero/index.php/Aircraft_Certification_for_Bird Strike _Risk, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[9] NTSB Accident Report, *National Transportation Safety Board*, AAR-10/03 PB2010-910403 490, 2010.

[10] ICAO Doc 7300, Convention on International Civil Aviation, *International Civil Aviation Organization,* ABD, Chicago, 1944.

[11] SHY-14A, Havaalanı Sertifikasyon ve İşletim Yönetmeliği, *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü,* Ankara, 2016.

[12] SHT-HES, Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı, *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü,* Ankara, 2018.

[13] Moerman F., Prevention and Control of Pest Birds in Food Processing Facilities, *Pest Management Trends in the Food Industry,* Belçika, 25 Kasım 2015.

[14] Clarke L., *An Autonomous Bird Deterrent System*, 1st, University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying, Avustralya, 2004.

[15] CAP 772, Wildlife Hazard Management at Aerodromes, *UK Civil Aviation Authority*, İngiltere, West Sussex, 2017.

[16] HAD T-30, Havaalanlarında Yabani Hayvan Kontrolü ve Azaltımı, *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2016.

[17] URL-6: https://tr.wikipedia.org › wiki › Görme, (Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2019).

[18] URL-7: https://muhendistan.com/elektromanyetik-radyasyon-nedir/, (Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2019).

[19] Goldsmith H., What Birds See, *American Scientific*, 2006, **295**(1), 68-75.

[20] URL-8: https://fieldguidetohummingbirds.wordpress.com/2008/11/11/do-we-seewhat-bees-see/, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[21] URL-9: http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/5_21.html, (Ziyaret tarihi: 19 Aralık 2019).

[22] URL-10:https://researchsafety.uchicago.edu/about/programs/laser-safety/mpe-and-nhz-calculation-guide/ (Ziyaret tarihi: 20 Aralık 2019).

[23] Özcan M, Özkan A, Yağcı M, Lazer Cihazlarının İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi ve Zararlı Etkilerinin Giderilmesi, *Selçuk-Teknik Dergisi,* 2005, **4**(3), 111-121.

[24] IEC 60825-1, Safety of Laser Products Part 1 Equipment Classification and Requirements, *The International Electrotechnical Commission*, İsviçre, Geneva, 2001.

[25] Livada B, Peric M, Peric D, Challenges of Laser Range Finder Integration Electro-Optical Surveillance System, *International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering*, Sırbistan, 2017.

[26] Vercauteren C., Gilsdorf J., Hygnstrom S., Fioranelli P., Wilson J., Barras S., Green and Blue Lasers are Ineffective for Dispersing Deer at Night, *Wildlife Society Bulletin*, 2006, **34**(2), 371-374.

[27] URL-11: https://www.birdgard.es/Agrilaser-Autonomic-en, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[28] URL-12: https://www.birdcontrolgroup.com/, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[29] URL-13: http://www.dftme.com/wp-content/uploads/2016/10/Brochure-Aero laser-Helipad-Oil-and-Gas-EN, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[30] URL-14: http://www.eastpendulum.com/wp-content/uploads/2016/10/A-TOM 5xx-Laser-Bird-Deterrent-v1PL-2014_03_21, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

[31] Blackwell B., Bernhardt G., Cepek J., Dolbeer R., Lasers as Nonlethal Avian Repellents: Potential Applications The Airport Environment, *Federal Aviation Administration Technology Transfer Conference*, Washington, ABD, 2 Şubat 2002.

[32] Blackwell B., Understanding Avian Vision: The Key to Using Light in Bird Management, *USDA National Wildlife Research Center*, 465, 2002.

[33] Scott J., Clark L., Effectiveness of a Motion-Activated Laser Hazing System for Repelling Captive Canada Geese, *Wildlife Society Bulletin*, 2006, **34**(1), 2-7.

[34] VerCauteren K., HygnstromS., PipasM., Fioranelli P., WernerS., Blackwell B., Red Lasers are Ineffective for Dispersing Deer at Night, *Wildlife Society Bulletin*, 2003, **31**(1), 247-252.

[35] URL-15: http://www.glassfab.com/tools/weight-calculators/weight-of-a-lens/, (Ziyaret tarihi: 30 Aralık 2019).

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] **Şölentaş O**., Genç Öztoprak B., Designing 10X Beam Expander for Laser Bird Deterrent System, *Türk Fizik Derneği 34. Uluslararası Fizik Kongresi*, Bodrum, Türkiye, 5-9 Eylül 2018.

ÖZGEÇMİŞ

Okan Şölentaş 1987'de Eskişehir'de doğdu. Lise öğrenimini Hoca Ahmet Yesevi Lise'sinde tamamladı. 2006 yılında girdiği Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Uçak Gövde Motor Bakım Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl Anadolu Üniversitesi'nde çalışmaya başladı. 2014 yılında ACI tarafından düzenlenen "Wildlife Hazard Management" eğitimini tamamladı. 2016 yılından beri Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından havalimanları için oluşturulan Ulusal Düzeyde Yabani Hayvanlarla Mücadele Komitesi üyeliğini yürütmektedir.