T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU KÜRE-KÖSRELİ ICP SEVİYE I GÖZLEM NOKTASINDAKİ MEŞE DANTEL BÖCEĞİ (*Corythucha Arcuata* (Say, 1832)) DAĞILIMININ MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MODELLENMESİ

ÖZKAN TEKTAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROF. DR. SABRİ ÜNAL

HAZİRAN - 2026
KASTAMONU

TEZ ONAYI

ÖZKAN TEKTAŞ tarafından hazırlanan "**KASTAMONU KÜRE-KÖSRELİ ICP SEVİYE I GÖZLEM NOKTASINDAKİ MEŞE DANTEL BÖCEĞİ (CORYTHUCHA ARCUATA (SAY, 1832)) DAĞILIMININ MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MODELLENMESİ** " adlı tez çalışmasının savunma sınavı **20.04.2026** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof.Dr. Sabri ÜNAL Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç.Dr. Seray ÖZDEN KELEŞ Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof Dr. Temel GÖKTÜRK Artvin Çoruh Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Selahattin KAYMAKCI .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Özkan TEKTAŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KASTAMONU KÜRE-KÖSRELİ ICP SEVİYE I GÖZLEM NOKTASINDAKİ MEŞE DANTEL BÖCEĞİ (CORYTHUCHA ARCUATA (SAY, 1832)) DAĞILIMININ MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ İLE MODELLENMESİ

ÖZKAN TEKTAŞ

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN:PROF. DR. SABRİ ÜNAL

Orman ekosistemleri, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri açısından büyük öneme sahip olmakla birlikte, son yıllarda biyotik stres etmenlerinin artan baskısı altındadır. Bu stres etmenlerinden biri olan ve Kuzey Amerika kökenli istilacı bir tür olan Meşe dantel böceği (*Corythucha arcuata* Say, 1832), Türkiye'de meşe (*Quercus* spp.) meşcerelerinde yayılış göstererek orman sağlığını tehdit eden önemli bir zararlı hâline gelmiştir. Bu tez çalışmasının amacı, Kastamonu yöresi meşe meşcerelerinde *C. arcuata*'nın mekânsal ve zamansal dağılımını, ICP Forests Seviye I izleme verileri ve makine öğrenmesi teknikleri kullanarak ortaya koymaktır. Çalışma kapsamında, Kastamonu ili Küre Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kösreli sahalarına ait 2021, 2022, 2023, 2024 ve 2025 yıllarına ilişkin ICP Forests Seviye I verileri değerlendirilmiştir. Taç durumu, yaprak kaybı, renk değişimleri ve biyotik zarar belirtilerine ait veriler kullanılarak modellenmiştir. Elde edilen sonuçlar, *C. arcuata*'nın çalışma alanında yıllar içerisinde yayılışını artırdığını ve 1483 numaralı seviye I sahasındaki meşe ağaçlarında yaprak kaybına neden olduğunu göstermiştir. Makine öğrenmesi destekli analizler, zararlının orta kapalılığa sahip ve nem oranı yüksek alanlarda daha yüksek risk oluşturduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, ICP Forests Seviye I verilerinin makine öğrenmesi temelli biyolojik modelleme yaklaşımlarıyla birlikte kullanılması, orman zararlılarının izlenmesi ve risk alanlarının belirlenmesi açısından etkili bir yöntem sunmaktadır. Bu çalışma, *C. arcuata*'nın bölgesel etkilerinin anlaşılmasına ve veri temelli orman yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Meşe dantel böceği, *Corythucha arcuata*, meşe meşcereleri, ICP Forests Seviye I, biyotik stres, makine öğrenmesi, tür dağılım modellemesi

Haziran 2026, 76 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

MODELING OF THE DISTRIBUTION OF THE OAK LACE BEETLE (CORYTHUCHA ARCUATA (SAY, 1832)) AT THE KASTAMONU KÜRE-KÖSRELİ ICP LEVEL I OBSERVATION POINT USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES

ÖZKAN TEKTAŞ

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR:PROF. DR. SABRİ ÜNAL

Forest ecosystems are of great importance in terms of biodiversity and ecosystem services, but in recent years they have been under increasing pressure from biotic stressors. One of these stressors, the oak lace bug (*Corythucha arcuata* Say, 1832), an invasive species originating from North America, has become a significant pest threatening forest health in oak (*Quercus spp*.) stands in Turkey. The aim of this thesis is to determine the spatial and temporal distribution of C. *arcuata* in oak stands in the Kastamonu region using ICP Forests Level I monitoring data and machine learning techniques. Within the scope of the study, ICP Forests Level I data for the years 2021, 2022, 2023, 2024, and 2025 from the Kösreli areas under the Küre Forest Management Directorate in Kastamonu province were evaluated. Modeling was performed using data on crown condition, leaf loss, color changes, and biotic damage symptoms. The results show that C. *arcuata* has increased its spread over the years in the study area and caused leaf loss in oak trees in Level I site 1483. Machine learning-supported analyses revealed that the pest poses a higher risk in areas with medium canopy closure and high humidity. In conclusion, the use of ICP Forests Level I data in conjunction with machine learning-based biological modeling approaches provides an effective method for monitoring forest pests and identifying risk areas. This study contributes to understanding the regional impacts of C. *arcuata* and developing data-driven forest management strategies.

KEYWORDS: Oak lace bug, *Corythucha arcuata*, oak stands, ICP Forests Level I, biotic stress, machine learning, species distribution modeling.

June 2026, 76 Page

TEŞEKKÜR

"Kastamonu Küre-Kösreli ICP Seviye I Gözlem Noktasındaki Meşe Dantel Böceği (*Corythucha arcuata* (Say, 1832)) Dağılımının Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Modellenmesi" başlıklı bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırma konusunun belirlenmesinden planlanmasına ve yürütülmesine kadar geçen tüm süreçte bilgi, deneyim ve rehberliğinden büyük ölçüde faydalandığım, danışmanlığımı üstlenen kıymetli hocam Prof. Dr. Sabri ÜNAL'a değerli katkıları, yönlendirmeleri ve destekleri için en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca ELSA Mühendislik ve Ormancılık şirketi sahibi Or. Müh. Sakin KAHVECİ'ye ve Üniversite Bilgi İşlem Daire Başkanlığından Murat YAYLA'ya katkıları ve destekleri için teşekkür ederim.

Akademik yolculuğumda bana her zaman inanan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme; her an yanımda olan, sabrı ve sevgisiyle bana güç veren değerli eşim Buse TEKTAŞ'a ve tez çalışmam süresince gülüşüyle tüm yorgunluğumu unutturan, hayatıma anlam ve mutluluk katan canım kızım İpek Mira TEKTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın, konuya ilgi duyan araştırmacılara ve uygulayıcılara faydalı olmasını temenni ederim.

ÖZKAN TEKTAŞ

Kastamonu, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **3**
2.1 Meşe Dantel Böceği (*Corythucha arcuata*) Sorunsalı 3
2.2 Meşe Dantel Böceğinin Biyolojisi ve Ekolojisi 3
2.2.1 Yumurta 5
2.2.2 Larva (Nimf) 6
2.2.3 Son Nimf Dönemi ve Ergine Geçiş 7
2.2.4 Ergin 7
2.3 Dünyada ve Türkiye'de Meşe Dantel Böceği Yayılışı 9
2.4 Orman Ekosistemlerinin İzlenmesi ve ICP Ormanları Programı 10
2.5 Ormancılıkta Makine Öğrenmesi Uygulamaları 11
2.6 Zararlı Yönetimi ve Risk Analizinde Makine Öğrenmesinin Rolü 12
2.7 Seviye I ve Seviye II İzleme Protokollerinin Yapısı 13
3. MATERYAL VE YÖNTEM **14**
3.1 Araştırma Deseni 14
3.2 Veri Kaynakları 14
3.3 İklim Değişkenlerinin Yıl Satırlarına Açılması 14
3.4 Model Veri Seti Değişkenler 15
3.5 Çalışma Alanı: Kastamonu Bölgesi ve Küre-Kösreli Sahaları 15
3.6 Veri Toplama Metodolojisi: ICP Seviye I 19
3.7 Veri Envanteri 19
3.8 ICP Seviye I Noktalarının Seçimi ve Dağılımı 20
3.9 Taç Durumu ve Biyoçeşitlilik Değerlendirme Kriterleri 21
3.10 Veri Ön İşleme 26
3.11 Makine Öğrenmesi Modelleme Yaklaşımı 28
3.12 Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları 29
3.13 Biyolojik Modelleme ve Zamansal Analiz Yöntemi 30
3.14 Geriye Dönük (Retrospektif) Veri Analizi Teknikleri 31
4. BULGULAR **32**
4.1 Yıllara Göre Yaprak Kaybı ve Hasar Kayıtları 32
4.2 Keşifsel Veri Analizi 32
4.3 Model Performans 35
4.4 Değişken Önlemleri 36
4.5 Taç Durumu Değerlendirilme 38
4.6 Zarar (Hasar) İncelemesi 40
4.7 Risk Altındaki Meşe Alanlarının Tespiti 49

4.8 Saha Bazlı Gözlem Sonuçları: Küre Kösreli 1 No'lu S1 Sahası 50
4.9 Sahadaki Mevcut Meşe Popülasyonunun Durumu 51
4.10 Gözlemlenen Zarar Belirtileri ve Yoğunluk Analizi 52
4.11 1483 No'lu Sahadaki Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Etkisi 55
4.12 Zamansal Değişim Analizi ve Risk Tahmini 55
4.13 2021–2025 Yılları Arası Zararlı Popülasyon Değişimi 58
4.14 Hasar Şiddetinin Biyolojik Modelleme ile 5 Yıllık Değerlendirmesi 59
4.15 İklim-Böcek Zarar İlişkisi 60
4.16 Sınıflandırma Sonuçları 62
4.17 Regresyon Sonuçları 65
5. TARTIŞMA 67
5.1 ICP Metodolojisinin Zararlı İzlemedeki Etkinliğinin Değerlendirilmesi 67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 69
KAYNAKLAR 71
ÖZGEÇMİŞ ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe (Quercus spp.) yaprağı üzerindeki mikroskobik görünümü A-Yetişkin Haziran, B-Yetişkin Temmuz, C-Yetişkin Ekim 4
Şekil 2.2 *C. arcuata* (Say, 1832)'nın meşe yaprağının alt yüzeyine bırakılmış yumurtalar tespit edilmiştir 6
Şekil 2.3 C. arcuata (Say, 1832)'nın rmeşe yaprağının alt yüzeyindeki görünümü tespit edilmiştir 7
Şekil 2.4 C. arcuata (Say, 1832)'nın ergin bireyinin meşe yaprağı üzerindeki morfolojik görünümleri 8
Şekil 2.5 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe (Quercus spp.) yapraklarında oluşturduğu emgi zararına bağlı renk değişimi, nekrotik lekeler ve yoğun bulaşma belirtileri tespit edilmiştir 9
Şekil 3.1 Kastamonu Küre İlçesi'nin Lokasyonu 16
Şekil 3.2 Küre Kösreli 1483 numaralı saha meşcere bilgileri 16
Şekil 3.3 Kastamonu Küre Orman Amenajman Planı Meşçere Haritası 17
Şekil 3.4 1483 numaralı sahadaki uyduların ve uydulardaki ağaçların bilgileri 18
Şekil 3.5 Örnek ağaçların yerleşiminin gösterimi 20
Şekil 3.6 Kraft'a göre ağaç (gövde) sınıflarının taksimatı 23
Şekil 3.7 ICP Forests Seviye I tepe durumu değerlendirme ve inceleme formu 24
Şekil 3.8 ICP Forests Seviye I zarar (hasar) parametreleri değerlendirme formu 27
Şekil 4.1 Yıllık ortalama yaprak kaybı (yeşil bar, sol eksen) ve C. arcuata kayıt sayısı (kırmızı çizgi, sağ eksen) 33
Şekil 4.4 Random Forest modelinde göreli değişken önemleri 36
Şekil 4.7 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Taç durumu değerlendirme formu 38
Şekil 4.7'nin (devamı) 2021, 2022, 2023, 2024,2025 yıllarına ait Taç durumu değerlendirilme formu 38
Şekil 4.8 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Zarar (Hasar) parametreleri formu 41
Şekil 4.9 ICP Forests Seviye I zarar (hasar) parametreleri formunda kullanılan, ağacın kodlama sistemi 45
Şekil 4.10 ICP Forests Seviye I zarar etmenleri sınıflandırmasında kullanılan kodlama sistemi 46
Şekil 4.11 Ağaçkakan (Picidae) faaliyetleri sonucu gövde üzerinde oluşan oyuk ve beslenme izleri 47
Şekil 4.12 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe (Quercus spp.) yaprağında oluşturduğu emgi zararına bağlı klorotik ve nekrotik lekelerin görünümü 48
Şekil 4.13 Sahada bir meşe (Q. robur) ağacının kabuğu altında kışlayan C. arcuata nimfi 54
Şekil 4.14 2026-2028 dönemi zamansal risk tahmini. Tarihi ortalamalar (siyah), senaryo bazlı tahminler (renkli) ve %90 güven aralıkları gösterilmektedir 57

Şekil 4.15 KÜRE istasyonu aylık iklim profili (2021-2025 ortalamaları). Üstte sıcaklık (ortalama ve min-max band), ortada toplam yağış ve altta nispi nem gösterilmektedir 61
Şekil 4.16 Yüksek zarar sınıflandırmasında 8 algoritmanın performans karşılaştırması gösterilmektedir 63
Şekil 4.17 En iyi model (XGBoost) için karışıklık matrisi — Yüksek Zarar sınıflandırması 63
Şekil 4.18 *C. arcuata* varlığı sınıflandırmasında algoritma karşılaştırması 64
Şekil 4.19 Regresyon algoritmaları RMSE ve R^2 karşılaştırması gösterilmektedir 66
Şekil 4.20 En iyi regresyon modelinin gerçek - tahmin saçılım grafiği. Kırmızı noktalar *C. arcuata* pozitif gözlemleri göstermektedir 66

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan veri envanteri.....19
Tablo 4.1. Yıllık ortalama yaprak kaybı ve *C. arcuata* kayıt sayısı (Plot 1483)..... 33
Tablo 4.2 Yıllara göre yapraklı kayıp ve *Corythucha arcuata* kayıt özeti……..35
Tablo 4.3 İlk modelleme turunda elde edilen test metrikleri.....35
Tablo 4.4 Öne çıkan değişken önemleri..... 36
Tablo 4.5 1483 Numaralı Sahada *Corythucha arcuata*'nın Yıllara Göre Zarar Durumu.....53
Tablo 4.6. 2026-2028 zamansal risk tahmini özeti (senaryo × yıl).....57
Tablo 4.7 Senaryo × yıl × risk sınıfı (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) dağılımı.....58
Tablo 4.8 Yüksek Zarar (>%25) sınıflandırmada algoritma performansları (5-fold Stratified CV).....62
Tablo 4.9 *C. arcuata* varlığı sınıflandırmasında algoritma performansları (5-fold Stratified CV).....64
Tablo 4.10 Yaprak kaybı (%) tahmininde regresyon algoritmalarının performansları.....65

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
km²	: Kilometrekare
m	: Metre
mm	: Milimetre
×	: Çarpım işareti
16×16 km	: ICP Forests grid ağı aralığı
0–100	: Değerlendirme yüzdesi aralığı
0–7	: Zarar boyutu sınıflandırması
100–999	: Etmen kod aralığı
X	: UTM koordinat doğu değeri
Y	: UTM koordinat kuzey değeri
N	: Kuzey (North)

Kısaltmalar

AUC	: Area Under Curve
C. arcuata	: *Corythucha arcuata*
CNN	: Convolutional Neural Network (Konvolüsyonel Sinir Ağı)
DBH	: Diameter at Breast Height (Göğüs Çapı)
FAO	: Food and Agriculture Organization
ICP Forests	: International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests
IPM	: Integrated Pest Management (Entegre Zararlı Yönetimi)
LiDAR	: Light Detection and Ranging
LightGBM	: Light Gradient Boosting Machine
MaxEnt	: Maximum Entropy
Ml	: Machine Learning (Makine Öğrenmesi)
OCR	: Optical Character Recognition
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OLS	: Ordinary Least Squares
PDP	: Partial Dependence Plot(s)
PHOT	: ICP Forests Fotoğraf / Gözlem Formu
Q. cerris	: *Quercus cerris*
Q. petraea	: *Quercus petraea*
Q. robur	: *Quercus robur*
Quercus spp.	: Meşe türleri
RF	: Random Forest
SDM	: Species Distribution Modelling (Tür Dağılım Modellemesi)
SHAP	: SHapley Additive exPlanations
spp.	: species pluralis (birden fazla tür)

SVM	: Support Vector Machines (Destek Vektör Makineleri)
UTM	: Universal Transverse Mercator
UNECE	: United Nations Economic Commission for Europe
vd.	: ve diğerleri
XLSX	: Microsoft Excel çalışma dosyası
XGBoost	: Extreme Gradient Boosting

1. GİRİŞ

Orman ekosistemleri, biyolojik çeşitliliğin korunması, karbon döngüsünün düzenlenmesi, iklim sistemleri üzerindeki dengeleyici etkileri ve sundukları ekosistem hizmetleri nedeniyle yeryüzündeki en önemli doğal sistemler arasında yer almaktadır (Bonan, 2008). Ancak son yıllarda küresel iklim değişikliği, artan antropojen baskılar ve biyotik stres etmenleri, orman ekosistemlerinin sağlık durumunu ciddi biçimde tehdit etmektedir (Allen vd., 2010). Özellikle orman zararlısı böcekler, kısa sürede geniş alanlara yayılabilmeleri ve ağaçların fizyolojik süreçlerini doğrudan etkilemeleri nedeniyle orman sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmaktadır (Desprez-Loustau vd., 2006). Bu zararlılar, yaprak kaybı, büyüme geriliği, taç seyrelmesi ve uzun vadede ağaç ölümleri gibi sonuçlara yol açabilmektedir (Seidl vd., 2017).

Türkiye orman varlığının önemli bir bölümünü oluşturan meşe (*Quercus spp*.) meşcereleri, hem ekolojik hem de ekonomik açıdan stratejik öneme sahiptir. Meşe ormanları; yüksek biyolojik çeşitlilik barındırmaları, fvdlı çevresel koşullara uyum yetenekleri ve geniş yayılış alanları nedeniyle ormancılık çalışmalarında özel bir yere sahiptir (Yaltırık, 1984). Bununla birlikte, son yıllarda meşe meşcereleri üzerinde etkili olan istilacı zararlı türler, bu ekosistemlerin sürekliliğini tehdit eder hâle gelmiştir. Bu bağlamda, Kuzey Amerika kökenli istilacı bir tür olan Meşe dantel böceği (*Corythucha arcuata* Say, 1832), Avrupa'da olduğu gibi Türkiye'de de meşe ormanlarında yayılış göstererek önemli bir biyotik stres etmeni hâline gelmiştir (Csóka vd., 2013; Mutun, 2016). Türün emici–sokucu beslenme biçimi, meşe yapraklarında kloroz, erken yaprak dökümü ve taç seyrelmesine yol açmakta; bu durum ağaçların fotosentetik kapasitesini ve genel fizyolojik performansını olumsuz etkilemektedir (Kirichenko vd., 2018).

Türkiye'nin ilk kez 2002 yılında İstanbul Belgrad Ormanlarında kaydedilen *C. arcuata*, kısa sürede Karadeniz, Marmara ve İç Anadolu bölgelerine yayılmış; 2014-2018 döneminde Kastamonu dahil Batı Karadeniz orman ekosistemlerinde yerleşik popülasyonlar oluşturmuştur (Mutun, 2003; Sivrikaya ve Bal, 2022). ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) Seviye I izleme ağı, Avrupa genelinde orman ekosistemlerindeki zararlı ve çevresel stres unsurlarının sistematik izlenmesi için standartlaştırılmış bir veri tabanı sağlamaktadır. Türkiye'de bu ağ içinde Kastamonu Küre Orman İşletme Müdürlüğü Kösreli Orman İşletme Şefliği

sınırlarında yer alan 1483 numaralı gözlem noktası, meşe-kayın karışık meşçereleri üzerinde uzun süreli izleme için ayrılmıştır. Klasik istatistiksel yöntemler (çoklu doğrusal regresyon, korelasyon analizi, zaman serisi), çok değişkenli ve doğrusal olmayan ekolojik süreçleri modelleme konusunda sınırlı başarı göstermektedir. Buna karşılık makine öğrenmesi (ML) yöntemleri; yüksek boyutlu, eksik veya gürültülü veriler üzerinde bile doğrusal olmayan örüntüleri öğrenebilir, etkileşimli değişkenleri otomatik keşfedebilir ve tahmin başarısı sağlar. Ormancılık alanında Random Forest, XGBoost, LightGBM, Destek Vektör Makineleri ve Yapay Sinir Ağları gibi algoritmalar; böcek popülasyon dinamiği, yangın risk haritalama, taç sağlığı izleme ve biyokütle tahmini gibi problemlerde umut verici sonuçlar ortaya koymuştur (Holopainen ve vd., 2018; Senf ve vd., 2021).

Bu çalışmanın temel amacı, Kastamonu Küre-Kösreli ICP Seviye I (1483) gözlem noktasında 2021-2025 döneminde toplanan yaprak kaybı, ağaç sağlığı, zarar etmen verileri ile aynı dönemdeki yerel meteorolojik veriler bütünleştirilerek meşe dantel böceği dağılımının, yaprak kaybının ve gelecek yıllara ait risk seviyelerinin makine öğrenmesi teknikleri ile modellenmesidir. Çalışmada ayrıca 2026-2028 periyodu için zamansal risk tahmini ve çalışma alanı çevresi için kavramsal uzaysal risk haritası üretilmiştir. Bu çalışmanın, bilimsel literatüre ve uygulamalı ormancılık çalışmalarına katkı sunması amaçlamaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Meşe Dantel Böceği (*Corythucha arcuata*) Sorunsalı

Meşe dantel böceği (*Corythucha arcuata*), Tingidae familyasına ait, emici–sokucu ağız yapısına sahip istilacı bir böcek türüdür. Türün Avrupa'ya girişi sonrasında hızla yayılış göstermesi, orman sağlığı açısından ciddi bir sorun olarak değerlendirilmektedir (Csóka vd., 2013). *Corythucha arcuata*, meşe yapraklarının alt yüzeyinde beslenerek yaprak dokusunda özsu kaybına neden olmaktadır. Bu beslenme sonucunda yapraklarda klorotik lekeler oluşmakta, ilerleyen aşamalarda erken yaprak dökümü ve belirgin taç seyrelmesi gözlenmektedir (Kirichenko vd., 2018). Uzun süreli ve tekrarlayan zararlar, ağaçların büyüme performansını düşürmekte ve diğer biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı hassasiyetini artırmaktadır (Desprez-Loustau vd., 2006). Türkiye'de meşe ormanlarının geniş yayılış göstermesi, *C. arcuata* için uygun yaşam alanlarının oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Bu durum, zararlının yayılışının ve popülasyon dinamiklerinin uzun dönemli izleme verileriyle değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Mutun, 2016).

2.2 Meşe Dantel Böceğinin Biyolojisi ve Ekolojisi

Meşe dantel böceği (*C. arcuata* Say, 1832), Hemiptera takımına bağlı Tingidae familyasında yer alan ve emici–sokucu ağız yapısına sahip bir böcek türüdür. Tingidae familyasına ait türler, genel olarak küçük vücut yapıları, ağsı (dantel benzeri) kanat desenleri ve yaprakların alt yüzeyinde koloni hâlinde yaşamaları ile tanınmaktadır (Drake ve Ruhoff, 1965). *C. arcuata* da bu tipik morfolojik özellikleri sergilemekte olup, ergin bireylerin vücut uzunluğu genellikle 3–4 mm arasında değişmektedir.

C. arcuata (Say, 1832), Hemiptera takımına bağlı Heteroptera alt takımı içerisinde yer alan Tingidae familyasına ait önemli bir fitofag böcek türüdür. Tingidae familyası, dünya genelinde yayılış gösteren ve büyük çoğunluğu bitkilerin yaprak dokusunda emici–sokucu ağız yapılarıyla beslenen türleri içermektedir. Bu familyaya ait türler, özellikle kanat ve pronotum yapılarındaki ağsı (retiküler) görünüm nedeniyle "dantel böcekleri" olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.1 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe (Quercus spp.) yaprağı üzerindeki mikroskobik görünümü (Bernardinelli (2006, s. 482)

Hemiptera takımı, tarım ve ormancılık açısından ekonomik öneme sahip çok sayıda zararlı türü bünyesinde barındırmaktadır. Bu takım içerisinde yer alan Tingidae familyası üyeleri, genellikle yaprakların alt yüzeyinde yaşamlarını sürdürmekte ve beslenme faaliyetleri sonucunda yaprak dokusunda renk değişimleri, nekrotik alanlar ve erken yaprak dökümü gibi belirtilere neden olmaktadır. *Corythucha arcuata* cinsi ise özellikle odunsu bitkiler üzerinde yoğunlaşan türleri kapsamakta olup, bu cins içerisinde yer alan *C. arcuata* meşe türleri için önemli bir zararlı konumundadır. *Corythucha arcuata*'nın sistematik sınıflandırması aşağıda sunulmuştur:

Alem: Animalia

Şube: Arthropoda

Sınıf: Insecta

Takım: Hemiptera

Alt takım: Heteroptera

Familya: Tingidae

Cins: *Corythucha*

Tür: *Corythucha arcuata* (Say, 1832)

Türün anavatanı Kuzey Amerika olup, burada doğal yayılış alanı içerisinde popülasyonları genellikle ekosistem dengesi içerisinde kalmaktadır. Ancak Avrupa'ya taşınmasının ardından doğal düşman baskısının yetersizliği ve uygun konukçu bolluğu nedeniyle istilacı bir tür karakteri kazanmıştır. Avrupa kıtasında ilk kez 2000'li yılların başında kaydedilen *C. arcuata*, kısa süre içerisinde Orta ve Doğu Avrupa ülkelerine yayılmıştır.

Türkiye'de ise türün varlığı ilk kez 2009 yılında tespit edilmiş ve özellikle Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere meşe ormanlarında yayılış göstermeye başlamıştır (Csóka vd., 2019; Mutun, 2009). Türün biyolojik yaşam döngüsü yumurta, nimf ve ergin evrelerinden oluşmaktadır. Yumurtalar çoğunlukla ilkbahar sonu ile yaz başında, meşe yapraklarının alt yüzeyine bırakılmaktadır. Nimfler yumurtadan çıktıktan sonra birkaç nimf döneminden geçmekte ve bu evrelerin tamamında aktif olarak beslenmektedir. Uygun çevresel koşullarda, özellikle sıcaklık ve nemin elverişli olduğu bölgelerde *C. arcuata*'nın yılda iki veya daha fazla döl verebildiği bildirilmektedir (Bernardinelli ve Zandigiacomo, 2000).

2.2.1 Yumurta

C. arcuata'nın yumurtaları mikroskobik boyutlarda, oval ya da eliptik şekilli olup genellikle meşe yapraklarının alt yüzeyine bırakılmaktadır. Yumurtalar çoğunlukla yaprak damarlarına yakın bölgelerde konumlanmakta ve yaprak dokusuna kısmen gömülü şekilde yerleştirilmektedir. Yumurtaların üzeri dişi birey tarafından salgılanan koyu renkli, vernik benzeri bir madde ile kaplanmaktadır.

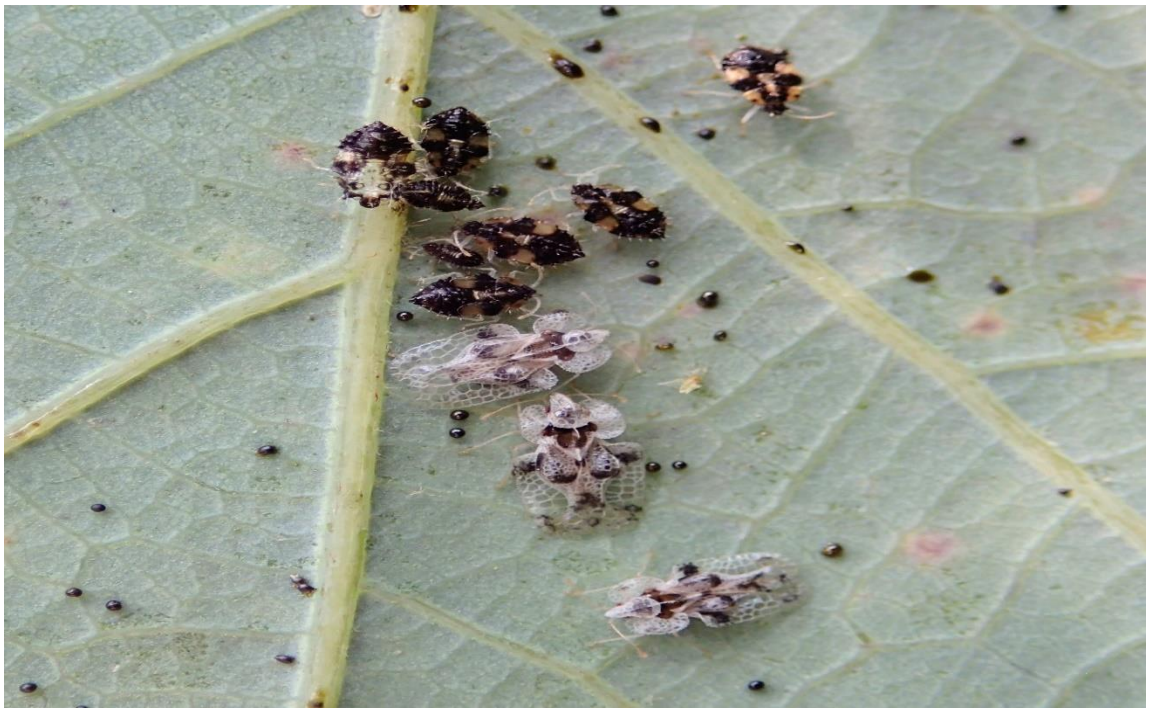
Bu salgı, yumurtaların kuruma ve mekanik etkilere karşı korunmasını sağlamaktadır. Yumurtlama genellikle ilkbahar aylarında başlamakta ve çevresel koşullara bağlı olarak yaz ayları boyunca devam edebilmektedir. Yumurtalar tek tek bırakılabildiği gibi, bazı durumlarda küçük kümeler halinde de gözlenebilmektedir. Uygun sıcaklık ve nem koşullarında yumurtalar kısa süre içerisinde açılarak nimf dönemine geçmektedir (Bernardinelli, 2000).



Şekil 2.2 *C. arcuata* (Say, 1832)'nın meşe yaprağının alt yüzeyine bırakılmış yumurtalar tespit edilmiştir (Hubick, Maryland Biodiversity Project)

2.2.2 Larva (Nimf)

Corythucha arcuata'da larva dönemi beş nimf evresinden oluşmaktadır. Nimfler, ergin bireylere morfolojik olarak benzemekle birlikte kanatları gelişmemiştir. Vücut renkleri genellikle sarımsı, açık kahverengi veya gri tonlarında olup, vücut yüzeylerinde dikenimsi çıkıntılar bulunmaktadır. Bu çıkıntılar nimflerin savunma mekanizması olarak değerlendirilmektedir. Nimfler genellikle yaprakların alt yüzeyinde koloni halinde bulunmakta ve emici–sokucu ağız yapılarıyla bitki özsuyunu emerek beslenmektedir. Bu dönemde beslenme faaliyetleri oldukça yoğundur ve yaprak dokusunda belirgin zarar belirtileri ortaya çıkmaktadır. Nimf gelişimi çevresel koşullara bağlı olarak birkaç hafta içerisinde tamamlanmaktadır (Csóka vd., 2020).



Şekil 2.3 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe yaprağının alt yüzeyindeki görünümü tespit edilmiştir (Hubick, Maryland Biodiversity Project)

2.2.3 Son Nimf Dönemi ve Ergine Geçiş

Corythucha arcuata, Hemiptera takımına ait olması nedeniyle tam başkalaşım geçirmemektedir. Bu nedenle türde kelebek ve sineklerde görülen gerçek bir pupa evresi bulunmamaktadır. Nimf evresinin son döneminden sonra bireyler doğrudan ergin forma dönüşmektedir. Literatürde pupa terimi, nimf gelişiminin son safhasını tanımlamak amacıyla kullanılabilmektedir (Drake ve Ruhoff, 1965).

2.2.4 Ergin

Ergin *Corythucha arcuata* bireyleri yaklaşık 3–4 mm boyunda olup açık krem veya beyaz renklidir. Pronotum ve kanatlar üzerinde yer alan ağsı yapı türün en karakteristik özelliğidir. Kanatlar vücudu tamamen örtmekte ve üzerlerinde koyu renkli lekeler bulunmaktadır. Orman zararlıları ve özellikle istilacı böcek türleri üzerine yapılan çalışmalar, son yıllarda ormancılık literatüründe önemli bir yer tutmaktadır. Küresel iklim değişikliği, uluslararası ticaret ve habitat değişimleri, birçok böcek türünün doğal yayılış alanları dışına çıkmasına ve yeni ekosistemlerde hızla yayılmasına neden olmuştur. Bu süreç, orman ekosistemlerinin sağlık durumunun izlenmesi

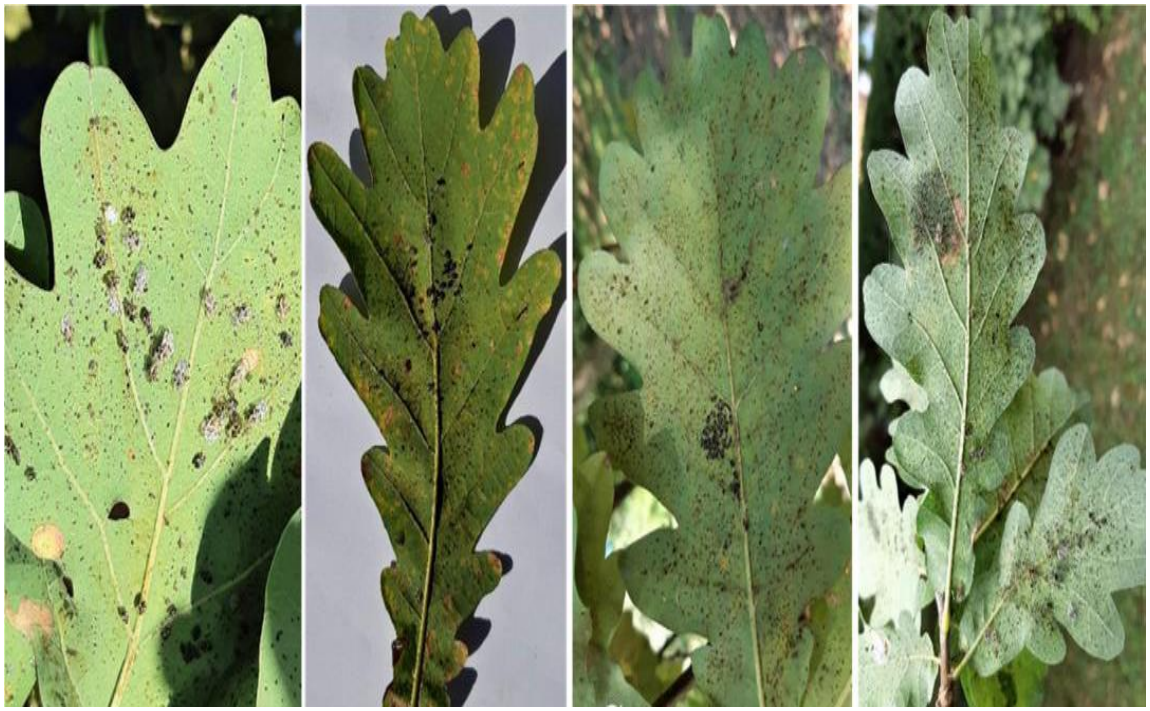
ve zararlı türlerin etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bilimsel çalışmaları artırmıştır (Liebhold vd., 2012; FAO, 2020).



Şekil 2.4 C. arcuata (Say, 1832)'nın ergin bireyinin meşe yaprağı üzerindeki morfolojik görünümleri (Tektaş, 2025)

Meşe ormanları, geniş yayılış alanları ve yüksek biyolojik çeşitlilikleri nedeniyle zararlı böcek araştırmalarının yoğunlaştığı ekosistemler arasında yer almaktadır. Özellikle yaprakla beslenen ve emici–sokucu böcekler, meşe meşcerelerinde oluşturdukları zararlar nedeniyle çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmalar, zararlı türlerin biyolojisi, yayılışı, zarar düzeyi ve izleme yöntemleri gibi fvdlı başlıklar altında ele alınmaktadır.

Meşe dantel böceğinin beslenme biçimi, bitki dokusundaki özsuyun emilmesine dayanmaktadır. Bu emici–sokucu beslenme sonucu yaprak hücrelerinde klorofil kaybı meydana gelmekte ve yaprak yüzeyinde klorotik lekeler oluşmaktadır. Zamanla bu lekeler birleşerek yaprağın büyük bir kısmını kaplamakta, yaprağın fotosentetik etkinliği önemli ölçüde azalmaktadır (Csóka vd., 2013). Fotosentez kapasitesindeki bu azalma, ağacın karbon asimilasyonunu doğrudan etkilemekte ve büyüme performansında düşüşe yol açmaktadır. Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde, *C. arcuata*'nın konukçu tercihi büyük ölçüde meşe türleriyle sınırlıdır.



Şekil 2.5 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe (Quercus spp.) yapraklarında oluşturduğu emgi zararına bağlı renk değişimi, nekrotik lekeler ve yoğun bulaşma belirtileri tespit edilmiştir (Bernardinelli, 2006)

Özellikle *Quercus robur, Q. petraea, Q. cerris* ve *Q. frainetto* gibi türler, zararlının yoğun olarak beslendiği başlıca konukçu türler arasında yer almaktadır (Kirichenko vd., 2018). Türün yeni yayılış alanlarında ekolojik başarısının temel nedenlerinden biri, doğal düşman baskısının sınırlı olmasıdır. Doğal yayılış alanı dışında bulunan bölgelerde, yerel predatör ve parazitoitlerin *C. arcuata* popülasyonlarını kontrol etme kapasitesi düşük kalmakta, bu durum zararlının kısa sürede yüksek yoğunluklara ulaşmasına olanak tanımaktadır (Evans, 2007). Uzun süreli ve tekrarlayan *C. arcuata* zararları, meşe ağaçlarında yalnızca yaprak düzeyinde sınırlı kalmamakta; taç yapısında seyrelme, sürgün gelişiminde zayıflama ve genel meşcere sağlığında bozulma gibi daha geniş ölçekli etkiler ortaya çıkarmaktadır (Csóka vd., 2017).

2.3 Dünyada ve Türkiye'de Meşe Dantel Böceği Yayılışı

Meşe dantel böceği doğal yayılış alanı olan Kuzey Amerika'da uzun süredir bilinen bir türdür. Bu bölgede tür, yerel ekosistem dengesi içerisinde doğal düşmanlarıyla birlikte varlığını sürdürmekte ve genellikle büyük ölçekli orman zararlarına yol açmamaktadır. Ancak Avrupa kıtasına girişiyle birlikte tür, istilacı bir karakter kazanmış ve kısa sürede geniş alanlara yayılmıştır (Csóka vd., 2013). Avrupa'daki ilk kez 2000 yılında tespit edilen kayıtların ardından *C. arcuata*'nın Balkanlar,

Orta Avrupa ve Doğu Avrupa ülkelerine doğru hızla yayıldığı bildirilmektedir. Bu yayılış sürecinde, insan kaynaklı faaliyetlerin önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Özellikle fidan ticareti, odun ve odun ürünlerinin taşınması ile kara yolu trafiği, türün pasif olarak yeni alanlara taşınmasında etkili olan başlıca faktörler arasında gösterilmektedir (Roques vd., 2016).

Avrupa'daki yayılış desenleri incelendiğinde, türün daha çok ılıman iklim koşullarına sahip bölgelerde başarılı bir şekilde yerleştiği görülmektedir. Sıcaklık ve nem koşulları, *C. arcuata*'nın gelişimi ve popülasyon artışı üzerinde belirleyici faktörler olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, iklim değişikliği ile birlikte türün potansiyel yayılış alanlarının gelecekte daha da genişleyebileceğini düşündürmektedir (Kirichenko vd., 2018). Türkiye'de meşe dantel böceğinin varlığına ilişkin ilk bulgular, 2003 yılında Karadeniz Bölgesi'nde Bolu'da yer alan meşe ormanlarından elde edilmiştir. Türkiye'nin fvdlı ekolojik bölgelerinde meşe türlerinin geniş yayılışa sahip olması, *C. arcuata* için uygun habitat koşullarının oluşmasına zemin hazırlamaktadır. 2009 yılında, meşelere ciddi zararlar veren *C. arcuata*'nın Türkiye'de toplam 28.000 km2'lik bir alana, Düzce, Zonguldak, Sakarya, Kocaeli, Eskişehir, Ankara, Çankırı ve Bilecik'e yayıldığı bildirilmiştir. 2010 yılında Trabzon'da Değirmendere ve Solaklı Havzaları'nda *C. arcuata* tespit edilmiştir. İzleyen yıllarda yapılan çalışmalar, türün Marmara ve İç Anadolu ve Karadeniz bölgelerine doğru yayılış gösterdiğini ortaya koymuş olup Kastamonu'da 2013 yılında kaydedilmiştir (Küçükbasmacı, 2014; Mutun, 2016).

Özellikle Karadeniz Bölgesi'nde yer alan nemli ve ılıman iklim koşulları, zararlının popülasyon yoğunluğunu artıran önemli çevresel faktörler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda Kastamonu ili, meşe meşcerelerinin yaygınlığı ve ekolojik özellikleri nedeniyle *C. arcuata*'nın yayılışı açısından dikkatle izlenmesi gereken bölgelerden biri olarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de yapılan sınırlı sayıdaki çalışmada, *C. arcuata*'nın neden olduğu zarar seviyelerinin bölgesel fvdlılıklar gösterdiği, bazı alanlarda yoğun popülasyonlara ulaşırken bazı alanlarda daha sınırlı düzeyde kaldığı bildirilmektedir. Bu fvdlılıkların; iklim koşulları, yükselti, meşcere yapısı ve çevresel faktörlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir (Csóka vd., 2017; Mutun, 2016).

2.4 Orman Ekosistemlerinin İzlenmesi ve ICP Ormanları Programı

Orman ekosistemlerinin uzun dönemli izlenmesi, orman sağlığının değerlendirilmesi ve çevresel değişimlere verilen tepkilerin anlaşılması açısından temel bir yaklaşımdır. Bu amaçla geliştirilen izleme programları, ormanların mekânsal ve zamansal değişimlerinin sistematik biçimde ortaya

konulmasını hedeflemektedir. Avrupa genelinde bu alanda yürütülen en kapsamlı programlardan biri 1985 yılında UNECE tarafından kurulan ICP Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), programıdır (ICP Forests, 2016). ICP Forests Programı, başlangıçta hava kirliliğinin orman ekosistemleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla oluşturulmuş olmakla birlikte, zamanla kapsamı genişletilerek biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin izlenmesini de içerecek şekilde geliştirilmiştir. Program, standart yöntemler kullanarak fvdlı ülkelerdeki ormanların karşılaştırılabilir verilerle değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Program kapsamında iki ana izleme seviyesi bulunmaktadır. Seviye I programı, sistematik 16×16 km grid tabanlı geniş ağlı izlemeyi; Seviye II ise derinlemesine ekolojik çalışmaların yürütüldüğü yoğun izleme sahalarını kapsar (ICP Forests Manual, 2020). Seviye I gözlemleri, yılda bir kez vejetasyon sonu (Temmuz-Ağustos) yapılan taç durumu değerlendirmesini temel alır. Her noktada bulunan 24 baskın ağaç üzerinde aşağıdaki temel parametreler kayıt edilir: (i) Ağaç türü ve çıkarma/ölüm kodu, (ii) ibre/yaprak kaybı (%5'lik sınıflar halinde, 0-100%), (iii) değerlendirilebilir taç konumu (1-4), (iv) meyve/kozalak durumu, (v) tali ve su sürgün yoğunluğu. Zarar formlarında ise (i) etkilenen kısım kodu (00-34), (ii) taçtaki yeri, (iii) belirti (semptom) kodu ve tanımı, (iv) zararın yaşı (1=yeni, 2=eski, 3=karışık), (v) etmen (sebep) kodu (100-999; 200=böcekler, 300=mantarlar, 400=abiyotik, 500=antropojenik, 600=yangın, 700=atmosferik kirlilik, 800=diğer, 999=belirlenmemiş), (vi) etmenin bilimsel adı ve (vii) zarar boyutu (0-7; %0 ila %100'ü kapsayan sınıflar) alanları doldurulur.

Bu kodlama şeması Avrupa ülkelerinde standart olup meta-analiz ve kıtasal karşılaştırmalara olanak sağlar. Bu çalışmada kullanılan 1483 numaralı gözlem noktası, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde Türkiye ICP Seviye I ağına bağlıdır. 2021-2025 döneminde yıllık taç durumu ve zarar formları Küre Orman İşletme Müdürlüğü Kösreli Orman İşletme Şefliği gözlemcileri tarafından Türk standartları (Orman İdaresi ve Planlama Dairesi, 2013) uyarınca doldurulmuştur.

2.5 Ormancılıkta Makine Öğrenmesi Uygulamaları

Makine öğrenmesi (ML), veri içindeki örüntüleri otomatik olarak öğrenen ve yeni veriler üzerinde tahminde bulunan algoritma ailesidir. Ormancılık, hiperspektral ve LiDAR uzaktan algılama verilerinin bolluğu, iklim veritabanlarının dijitalleşmesi ve karmaşık ekolojik etkileşimler

nedeniyle ML uygulamalarının en verimli olduğu alanlardan biri haline gelmiştir (Fassnacht ve vd., 2016; Holopainen ve vd., 2018). Ormancılıkta ML uygulamalarının başlıca alanları şunlardır: (i) Tür sınıflandırması ve biyokütle kestirimi Random Forest ve CNN tabanlı modeller Sentinel-2 ve LiDAR verileri ile ağaç türü tanımada %85-95 doğruluk sağlamaktadır (Pedrini ve vd., 2020). (ii) Yangın risk modelleme XGBoost ve LightGBM, topografya, iklim ve yakıt verilerini kullanarak günlük yangın olasılığı tahmininde OLS lojistik regresyona üstün performans göstermiştir (Jaafari ve vd., 2019). (iii) Zararlı yayılışı ve popülasyon dinamiği Maximum Entropy (MaxEnt), Random Forest ve Gradient Boosting gibi türler ile böcek ve patojen yayılışı tahmin edilmektedir (Phillips ve vd., 2006; Senf ve vd., 2021). (iv) Orman sağlığı izleme Yapay sinir ağları ve derin öğrenme, taç defoliasyonu ve kuraklık stresini tespitinde uydu/drone verileri ile başarılı şekilde uygulanmaktadır (Hartling ve vd., 2019).

2.6 Zararlı Yönetimi ve Risk Analizinde Makine Öğrenmesinin Rolü

Entegre zararlı yönetimi (IPM), zararlı popülasyonlarının erken tespiti, zarar eşiklerinin belirlenmesi ve zamanında müdahale edilmesi ilkelerine dayanır. Geleneksel izleme yöntemleri arazide yoğun insan gücü gerektirirken, ML tabanlı yaklaşımlar meteorolojik veriler, uydu görüntüleri ve geçmiş gözlem kayıtlarını birleştirerek otomatik erken uyarı sistemleri oluşturulmasına olanak tanır (Bouvet ve vd., 2021). Örneğin, *Pineus strobi* ve *Ips typographus* gibi orman zararlıları için ML tabanlı risk haritaları doğruluk (accuracy) bakımından %88'e ulaşmakta, klasik multi-logit modellerine kıyasla %15-20'lik performans artışı sağlamaktadır (Netherer ve Nopp-Mayr, 2005).

C. arcuata özelinde Paulin ve vd. (2020) Orta ve Güney Avrupa için MaxEnt ile hazırladıkları uygunluk modeli, yayılış parametrelerini %83 AUC skoru ile tahmin etmiştir. ML yöntemleri ayrıca SHAP (SHapley Additive exPlanations) ve kısmi bağımlılık grafikleri (PDP) ile yorumlanabilirlik sağlayarak; hangi iklim veya çevresel değişkenin zararlı aktivitesini sınırladığını ve hangi eşikte risk arttığını sayısal olarak raporlayabilmektedir (Lundberg ve Lee, 2017). Bu özellik, silvikültür tedbirleri ve koruyucu müdahale planlaması açısından kritik önem taşımaktadır.

2.7 Seviye I ve Seviye II İzleme Protokollerinin Yapısı

ICP Forests ağının metodolojik gücü, verilerin 42 katılımcı ülkede tamamen aynı protokoller ve el kitapları çerçevesinde toplanmasından kaynaklanmaktadır (Schwärzel vd., 2022; UNECE, 2024). İzleme sistemi, operasyonel yoğunluklarına göre Seviye I ve Seviye II olarak ikiye ayrılmaktadır. Seviye I izleme ağı, Avrupa genelinde yaklaşık 6.000 gözlem noktasını içeren 16 x 16 kilometrelik sistematik bir grid sistemine dayanmaktadır (Michel vd., 2022; UNECE, 2024). Bu ağ üzerinde her yıl ağaç tacı durumu ve defoliasyon yani ibre-yaprak kayıpları değerlendirilmektedir. Seviye I verileri, orman sağlığındaki geniş ölçekli eğilimlerin belirlenmesinde birincil kaynaktır (Michel vd., 2025; Molnár vd., 2025). Seviye II izleme ağı ise "yoğun izleme" odaklıdır ve seçilmiş 600'den fazla kalıcı parselde yürütülmektedir (Michel vd., 2022; UNECE, 2024). Bu parsellerde meteoroloji, atmosferik depozisyon, toprak suyu kimyası ve ağaç büyümesi gibi değişkenler sürekli olarak kaydedilmektedir (Michel vd., 2025; Pecchi vd., 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Araştırma Deseni

Araştırma, gözlemsel ve açıklayıcı nitelikte veri temelli bir modelleme çalışmasıdır. Temel yaklaşım, ICP Seviye 1 izleme formlarından elde edilen ağaç bazlı taç durumu ve hasar gözlemlerini, yıllık özet yaprak kaybı serileri ile iklim değişkenleriyle birleştirerek meşe dantel böceği varlığı için sınıflandırma mantığında bir veri seti oluşturmaktır. Bu yönüyle çalışma, tam anlamıyla deneysel bir zararlı biyolojisi çalışması değil; mevcut saha kayıtlarından örüntü çıkaran ikincil veri analizi niteliği taşımaktadır.

3.2 Veri Kaynakları

Çalışmada dört veri grubu kullanılmıştır. Birinci grup, 2021–2025 dönemine ait taç durumu / ibre-yaprak formlarıdır. İkinci grup, aynı yıllara ait hasar formlarıdır. Üçüncü grup, yıllık yapraklı ve ibreli kayıp oranlarını içeren verilerdir. Dördüncü grup ise Küre meteoroloji istasyonuna ait 2021–2025 dönem normallerini veren iklim çalışma kitabıdır. Taç durumu formlarından sıra numarası, ağaç numarası, ağaç türü kodu ve yaprak kaybı yüzdesi çıkarılmıştır. Hasar formlarında *Corythucha arcuata* ifadesi açık pozitif kayıt olarak alınmıştır.

3.3 İklim Değişkenlerinin Yıl Satırlarına Açılması

İklim çalışma kitabı doğrudan 2021, 2022, 2023, 2024 ve 2025 yılları için ayrı yıllık seriler sunmamaktadır; bunun yerine 2021–2025 dönemi için aylık ortalamalar ve toplamlar vermektedir. Bu nedenle iklim değişkenleri iki aşamada kullanılmıştır. İlk olarak dosyadan aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama nispi nem ve aylık toplam yağış ortalaması değerleri çıkarılmıştır. İkinci olarak bu değerler, model veri setindeki her yıl satırına açılmış iklim normali değişkenleri olarak eklenmiştir. Böylece veri seti yıl bazlı yapıda korunmuş, ancak iklim tarafında kısa dönem normalleri temsil eden 39 ek değişken oluşturulmuştur.

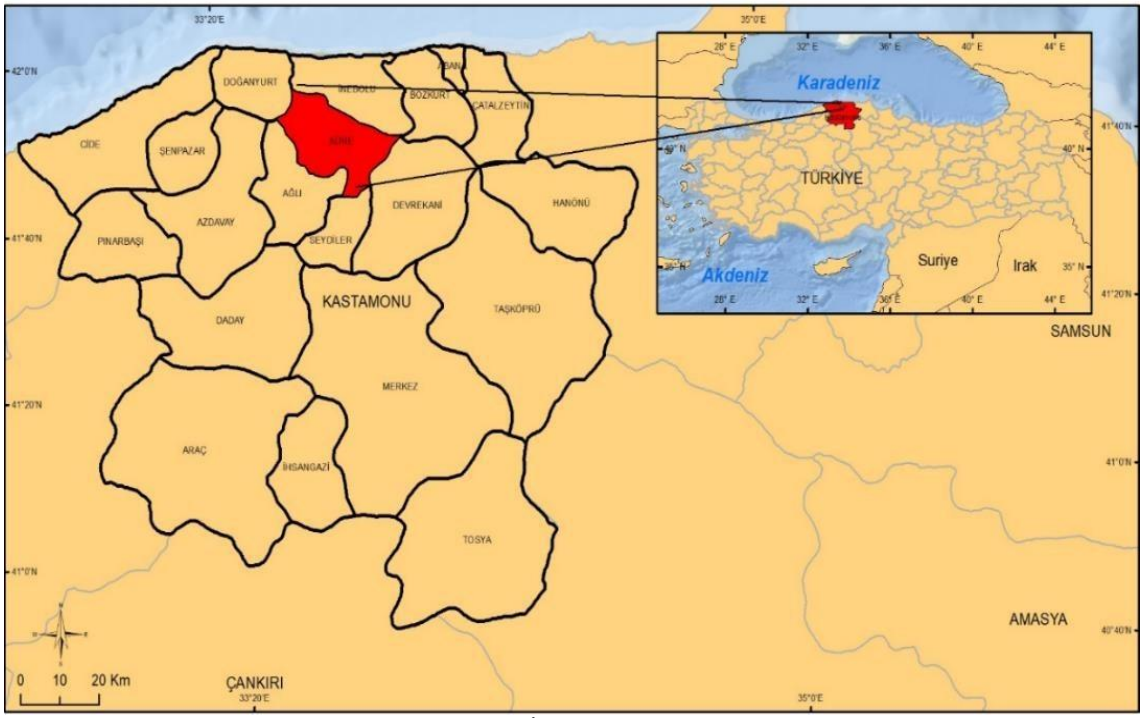
3.4 Model Veri Seti Değişkenler

Oluşturulan model veri seti toplam 119 ağaç-yıl gözleminden oluşmaktadır. Pozitif sınıf, hasar formunda *corythucha arcuata* olarak işaretlenen ağaç-yıl gözlemidir. Toplam 7 pozitif kayıt bulunduğundan veri setindeki pozitif oran yaklaşık %5,9'dur. Bu güçlü dengesizlik, model başarısı değerlendirilirken temel metodolojik sınırlılık olarak ele alınmıştır. Modelde kullanılan temel değişkenler şunlardır: yıl indisi, ağaç numarası, tür kodunun sayısal karşılığı, ilgili yıldaki yaprak kaybı yüzdesi, aynı ağacın bir önceki yıldaki yaprak kaybı yüzdesi, yaprak kaybındaki yıllık değişim, yıllık yapraklı kayıp oranı, yıllık ortalama yaprak kaybı, yıllık maksimum yaprak kaybı ve iklim normali değişkenleri.

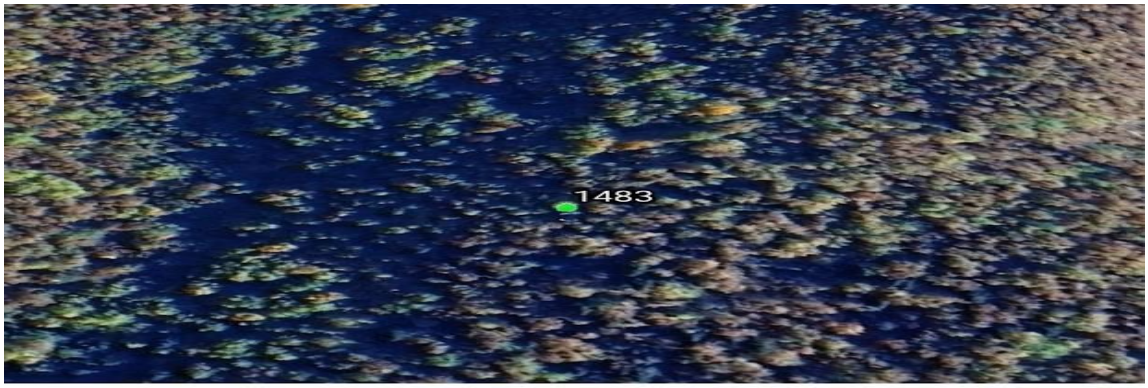
3.5 Çalışma Alanı: Kastamonu Bölgesi ve Küre-Kösreli Sahaları

Kösreli Orman İşletme Şefliği, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Kuzeyde, İnebolu Orman İşletme Müdürlüğü'nün Özlüce Orman İşletme Şefliği ; doğuda Küre Orman İşletme Şefliği ;güneyde Ağlı Orman İşletme Şefliği; güneybatıda Azdavay Orman İşletme Müdürlüğü, Kırkbudak Orman İşletme Şefliği ve batıda Akdivan Orman İşletme Şefliği ile komşudur. Kösreli Orman İşletme Şefliği planına dahil alanlar Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 13.06.2019 tarih ve 65278313-601,01/2sayılı olurları gereğince Kösreli ve Akdivan Orman İşletme Şeflikleri olarak ikiye bölünmüştür. Bu bölünmeden sonra Kösreli Orman İşletme Şefliği'nin genel alanı; 4803,7 hektarı ormanlık, 5117,2 hektarı ağaçsız orman alanları ve 1860,0 hektarı orman dışı alanlar olmak üzere, toplam 6977,2 hektardır.

Çalışma, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Kastamonu ili Küre ilçesi, Kösreli Orman İşletme Şefliği sınırları içindeki ICP Seviye I 1483 numaralı gözlem noktasında yürütülmüştür. Sahanın UTM koordinatları X=546368 m, Y=4635400 m (Zone 36N), deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1015 metredir. Meşcere tipi Mbc3 (meşe baskın, karma yapılı) ve ana bakı güneydir. Bölge tipik olarak Karadeniz iklim kuşağının iç kesimlerinde konumlanmış; yıllık ortalama sıcaklık 10,2°C, yıllık toplam yağış 1041,96 mm ve yıllık ortalama nispi nem %74,4 olarak ölçülmüştür. Gözlem alanında baskın tür *Quercus robur* L. (saplı meşe, ICP kodu 051) olup az sayıda *Fagus orientalis* (Doğu kayını, kod 019) ve diğer geniş yapraklı türler (kod 199) ile karışım oluşturmaktadır. Sahada toplam 24 izleme ağacı numaralandırılmıştır; Ağaç No 8 (*Q. robur)* 2023 yılı sonunda kuruyarak ölmüş (çıkarma kodu 38), yerine 2025 yılı gözleminde Ağaç No 31 eklenmiştir.



Şekil 3.1 Kastamonu Küre İlçesi'nin Lokasyonu (Diler, 2021)

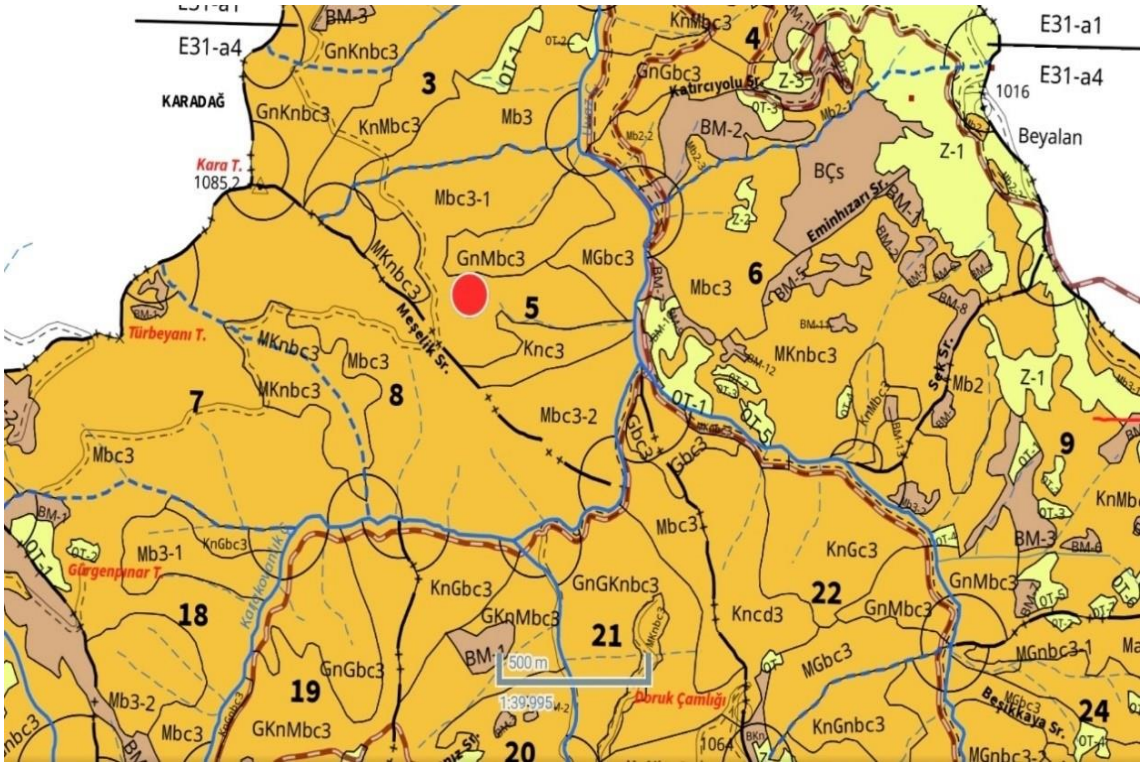


1483

e31c3	
FID	15
PLOT_NUMAR	1483
X	546368
Y	4635400
YÜKSEKLİK	1483
GEÇERLİLİK	1
PAFTASI	e31c3
BÖLGE_MÜDÜ	KASTAMONU
İŞLETME_MÜ	KÜRE
İŞLETME_ŞE	KÖSRELİ
ÖRNEK_ALIM	0
MEŞÇERE_Tİ	MKncb3
DİĞER_A__T	Fagus orientalis
tarih	

Şekil 3.2 Küre Kösreli 1483 numaralı saha meşcere bilgileri (Google Earth, 2026)

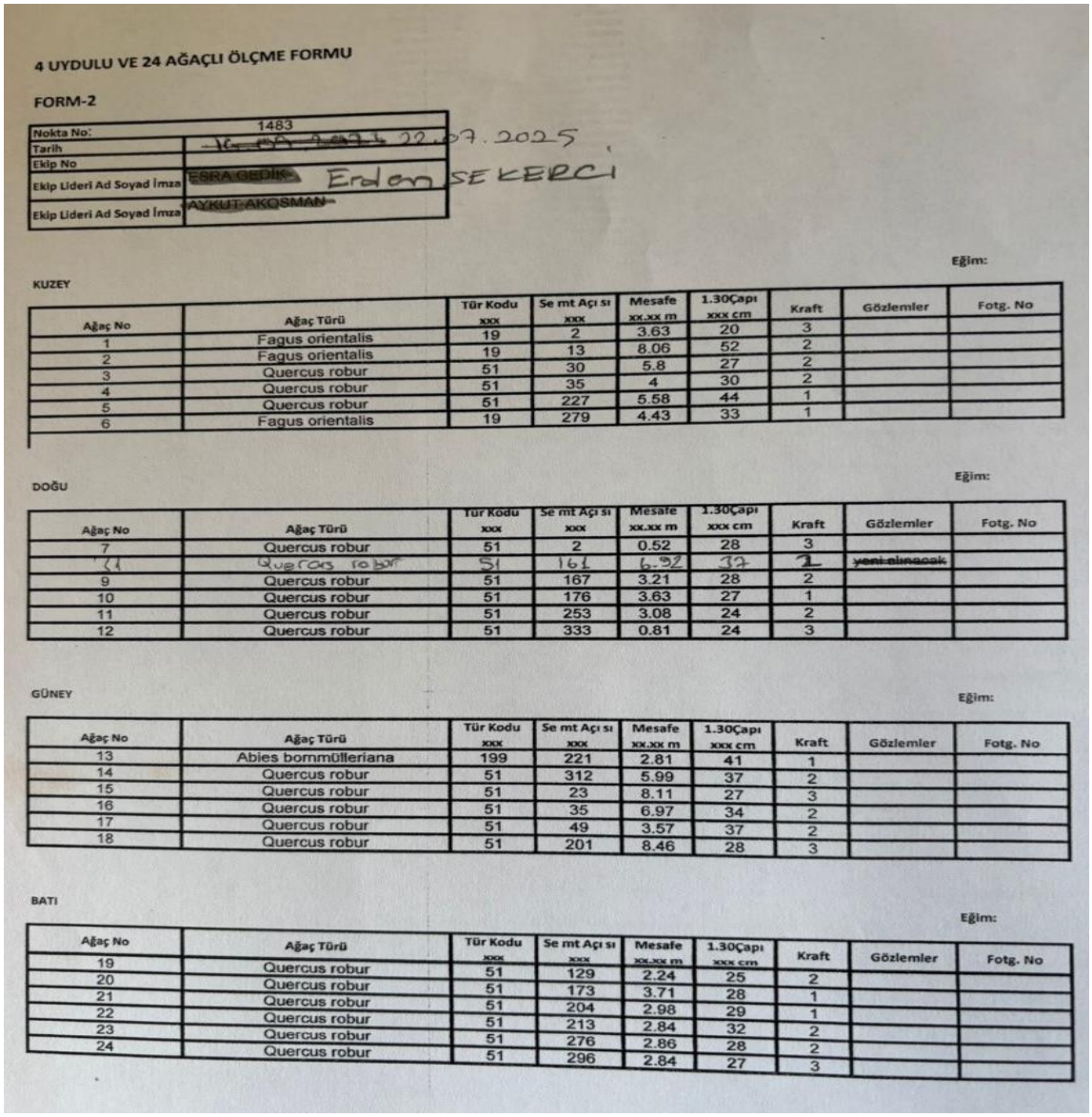
Kastamonu ili, coğrafi konumu, topoğrafik çeşitliliği ve geniş orman alanları ile Türkiye ormancılığı açısından önemli bir yere sahiptir. İl genelinde ormanlık alanların geniş bir yer kaplaması ve meşe türlerinin yaygınlığı, bölgeyi biyotik zararlılar açısından izlenmesi gereken Küre-Kösreli sahaları, Karadeniz ikliminin etkisi altında olup, yıl boyunca nispeten yüksek nem oranı, düzenli yağış rejimi ve ılıman sıcaklık değerleri ile karakterizedir. Bu iklimsel özellikler, meşe türlerinin gelişimi için uygun koşullar sağlvden, aynı zamanda emici–sokucu böcek türleri için de elverişli yaşam alanlarının oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Özellikle yaz aylarında sıcaklık ve nemin birlikte seyretmesi, zararlı böceklerin gelişim döngülerini hızlandırabilmektedir. Kırmızı nokta ile görülen 5 numaralı bölme içerisinde 1483 numaralı ICP Seviye I sahasının koordinatları girilerek Amenajman haritasından elde edilen meşçere görüntüsü (Şekil 3.3)'de verilmiştir. alanlardan biri hâline getirmektedir. Şekil 3.2' de yeşil nokta ile gösterilen 1483 numaralı sahanın koordinatları girilerek Google Earth'ten elde edilen coğrafi görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.3 Kastamonu Küre Orman Amenajman Planı Meşçere Haritası (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2021)

Tez çalışmasında temel alınan Küre İşletme Müdürlüğü, Kösreli Şefliği'ndeki 1483 numaralı parselin özellikleri, saha kayıtlarına (Kahveci, 2020; Şekerci, 2025) dayanarak şu şekilde

özetlenmiştir: Konum ve Türler: Kahveci (2022) tarafından doldurulan PHOT formunda belirtildiği üzere, parsel yaklaşık 867-1100 metre rakımda yer almaktadır. Şekerci (2025) tarafından yapılan ölçümler, parselde *Fagus orientalis* (Kayın), *Quercus robur* (Meşe) ve *Abies bornmuelleriana* (Göknar) türünün baskın olduğunu teyit etmektedir. Dinamik Veriler: Şekerci (2025) verilerine göre, parseldeki 2 numaralı Kayın ağacı 52 cm, 13 numaralı Göknar ağacı ise 41 cm göğüs çapına (DBH) ulaşmıştır. Çalışma alanında yer alan meşçereler ağırlıklı olarak meşe (*Quercus spp.*) türlerinden oluşmakta olup (Meşcere tipi Mknbc3), yer yer Kayın (*Fagus orientalis*) karışık yapılı orman alanları da bulunmaktadır (Şekil 3.4).



4 UYDULU VE 24 AĞAÇLI ÖLÇME FORMU

FORM-2

Nokta No:	1483
Tarih	22.07.2025
Ekip No	
Ekip Lideri Ad Soyad İmza	ESRA GEDİK Erdem SEKERCI
Ekip Lideri Ad Soyad İmza	AYKUT AKOSMAN

KUZEY — Eğim:

Ağaç No	Ağaç Türü	Tür Kodu xxx	Se mt Açı sı xxx	Mesafe xx.xx m	1.30Çapı xxx cm	Kraft	Gözlemler	Fotg. No
1	Fagus orientalis	19	2	3.63	20	3		
2	Fagus orientalis	19	13	8.06	52	2		
3	Quercus robur	51	30	5.8	27	2		
4	Quercus robur	51	35	4	30	2		
5	Quercus robur	51	227	5.58	44	1		
6	Fagus orientalis	19	279	4.43	33	1		

DOĞU — Eğim:

Ağaç No	Ağaç Türü	Tür Kodu xxx	Se mt Açı sı xxx	Mesafe xx.xx m	1.30Çapı xxx cm	Kraft	Gözlemler	Fotg. No
7	Quercus robur	51	2	0.52	28	3		
11	Quercus robur	51	161	6.32	32	1	yeni alınacak	
9	Quercus robur	51	167	3.21	28	2		
10	Quercus robur	51	176	3.63	27	1		
11	Quercus robur	51	253	3.08	24	2		
12	Quercus robur	51	333	0.81	24	3		

GÜNEY — Eğim:

Ağaç No	Ağaç Türü	Tür Kodu xxx	Se mt Açı sı xxx	Mesafe xx.xx m	1.30Çapı xxx cm	Kraft	Gözlemler	Fotg. No
13	Abies bornmülleriana	199	221	2.81	41	1		
14	Quercus robur	51	312	5.99	37	2		
15	Quercus robur	51	23	8.11	27	3		
16	Quercus robur	51	35	6.97	34	2		
17	Quercus robur	51	49	3.57	37	2		
18	Quercus robur	51	201	8.46	28	3		

BATI — Eğim:

Ağaç No	Ağaç Türü	Tür Kodu xxx	Se mt Açı sı xxx	Mesafe xx.xx m	1.30Çapı xxx cm	Kraft	Gözlemler	Fotg. No
19	Quercus robur	51	129	2.24	25	2		
20	Quercus robur	51	173	3.71	28	1		
21	Quercus robur	51	204	2.98	29	1		
22	Quercus robur	51	213	2.84	32	2		
23	Quercus robur	51	276	2.86	28	2		
24	Quercus robur	51	296	2.84	27	3		

Şekil 3.4 1483 numaralı sahadaki uyduların ve uydulardaki ağaçların bilgileri (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

Meşcerelerin yaş yapısı, kapalılık derecesi ve tür kompozisyonu bakımından heterojen bir yapı sergilemesi, zararlı organizmaların dağılımının fvdlı açılardan değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen 1483 numaralı ICP Forests Seviye I izleme sahası, uzun yıllardır düzenli olarak izlenen, standart yöntemlerle veri toplanan ve zamansal karşılaştırmalara imkân sağlayan bir örnek alan niteliğindedir. Sahaya ait 2021, 2022, 2023, 2024 ve 2025 yılı verileri, *Corythucha arcuata*'nın zamansal dağılımının ve zarar eğilimlerinin ortaya konulmasında temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

3.6 Veri Toplama Metodolojisi: ICP Seviye I

Bu çalışmada üç ana veri kaynağı kullanılmıştır: ICP Seviye I Zarar Formları (1483-YYYY-hasar, 2021-2025). Her yıl 24 ağaç için etkilenen kısım, taç yeri, belirti, belirti tanımı, zarar yaşı, etmen kodu, etmen bilimsel adı, zarar boyutu ve diğer gözlemler alanlarını içerir. ICP Seviye I İbre/Yaprak Kaybı Formları (1483-YYYY-ibre-yaprak, 2021-2025). Ağaç türü, çıkarma-ölüm kodu, yaprak kaybı yüzdesi (%5'lik sınıflar), değerlendirilebilir taç konumu, meyve durumu ve tali/su sürgün bilgilerini kapsar. KÜRE Meteoroloji İstasyonu (kod 18518, 41,8106°N, 33,7111°E, 1015 m) 2021-2025 yıllarına ait aylık ortalama ve uzun yıllar parametre bülteni. Aylık ortalama/maksimum/minimum sıcaklık, toplam yağış ve ortalama nispi nem olmak üzere temel bileşenleri içerir.

3.7 Veri Envanteri

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan veri envanteri

Veri Tipi	Kaynak	Dönem	Kayıt Sayısı
Hasar Kaydı	1483-YYYY-hasar	2021-2025	119 ağaç-yıl
Yaprak Kaybı	1483-YYYY-ibre-yaprak	2021-2025	119 ağaç-yıl
Yıllık Özet (XLSX)	1483-yıllara-göre kayıp	2021-2025	5 yıllık özet
İklim (XLSX)	KÜRE_2021_2025 iklim verileri	2021-2025	12 ay × 5 yıl ortalaması
Kod Kılavuzu	ICP Forest Değerlendirme Kılavuzu	2012-2013	—

3.8 ICP Seviye I Noktalarının Seçimi ve Dağılımı

16 km x 16 km grid ağı üzerinde bulunan, merkez grid noktasından kuzey, doğu, güney ve batı istikametlerinde 25 m yatay mesafelerde belirlenir. Uydularda, uydu merkezine en yakın 1,30 m yükseklikteki, çapı 5 cm ve yukarısı, Kraft'a göre 1, 2 veya 3 konumunda, % 50 'den fazla mekanik zarar görmemiş 6'şar ağaç olmak üzere toplam 24 ağacın yer aldığı grid noktası, ideal Level I daimi gözlem alanı kurulumuna uygun bulunmaktadır (Şekil 3.5) (Anonim, 2007a).



Şekil 3.5 Örnek ağaçların yerleşiminin gösterimi (Anonim, 2009)

Grid noktası; orman alanı dışında, fakat orman alanı sınırına 25 m mesafeden daha az olması durumunda, 4 uydunun orman alanı içerisinde aplikasyonunun yapılabilmesi için yatay mesafede maksimum 100 metre kaydırılabilmektedir. 24 ağacın yer aldığı grid noktasının yerinin tespiti ideal olduğundan, kurulum yapılabilmesi için de, minimum 10 ağaca ulaşılması gerektiğinden, grid noktası aynı meşçere tipi içerisinde maksimum 100 m yatay mesafe dâhilinde

kaydırılabilmektedir. 1483 numaralı izleme sahasında, örnek ağaçlar dört ana yön (Kuzey, Güney, Doğu ve Batı) esas alınarak belirlenmiş ve her bir ağaca ait konumsal bilgiler kayıt altına alınmıştır. Bu yerleşim düzeni, zararlı dağılımının yönsel ve mekânsal analizine imkân tanımaktadır.

3.9 Taç Durumu ve Biyoçeşitlilik Değerlendirme Kriterleri

Taç durumu değerlendirmesi, ICP Forests Seviye I izleme çalışmalarının temel bileşenlerinden biridir. Taç durumu; yaprak veya ibre kaybı, taç açıklığı ve renk değişimleri gibi parametreler üzerinden değerlendirilmektedir. Bu parametreler, ağacın genel sağlık durumunun dolaylı göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada taç durumu değerlendirmeleri, yalnızca değerlendirilebilir taç esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Rekabetten etkilenen, gölgelenen veya başka ağaçların baskısı altında kalan taç kısımları değerlendirme dışında tutulmuştur. Serbest gelişen ağaçlarda ise, en alt canlı dallardan başlayarak tepeye kadar uzanan canlı taç bölümü değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Epikormik sürgünler, geçmiş yıllarda hiç dal bulunmadığı kabul edilen tepe boşlukları ve uzun yıllar önce kurumuş kalın dallar değerlendirme dışında bırakılmıştır. Buna karşın, yakın dönemde kurumuş sürgünler ve dallar, aktif bir zarar sürecini yansıttığı için değerlendirmeye dâhil edilmiştir. Taç durumu değerlendirmeleri sırasında, aynı zamanda biyotik zarar belirtileri de kayıt altına alınmıştır. Özellikle emici–sokucu böceklerin neden olduğu renk değişimleri, klorotik lekeler ve yaprak dökümü gibi belirtiler ayrıntılı olarak gözlemlenmiştir.

Kraft (1884) tarafından geliştirilen ağaç sınıfları taksimatı, ağaçların tepe gelişimi ve meşcere içindeki sosyal konumlarına göre yapılmaktadır. Aplikakasyon yapılırken önemli bir kriter olan Kraft ağaç sınıfları taksimatından yararlanılmıştır. Ağaçları tepe şekillerine (tepe gelişmesi) ve meşcere içindeki sosyal mevkilerine (nispi boy) göre ilk olarak sınıflandıran Kraft olmuştur. Kraft 1884 yılında yaptığı taksimatta, galip ve mağlup meşcereyi aşağıdaki sınıflara ayırmıştır. Aplikasyon yapılırken Kraft gövde sınıfı 1, 2 ve 3 konumundaki ağaçlar seçilmiştir.

Gövde sınıfı 1: İleri galip gövdeler (Çok iyi derecede gelişmiş tepelere sahip olan gövdeler).

Gövde sınıfı 2: Galip gövdeler (Kaide olarak aslî meşcereyi oluşturan ve iyi gelişmiş tepelere sahip olan gövdeler).

Gövde sınıfı 3: Az derecede müşterek galip gövdeler (Tepeler oldukça normal şekillenmiş ve ikinci gövde sınıfına benziyorsa da, gelişme nispeten zayıf, sıkışık ve çoğu kez tepe kenarlarında dal uçlarının kuruması, meşede çok kere dirsekli dal büyümesi gibi dejenerasyon başlamış, galip meşcerenin en alt sınırını teşkil eden gövdeler).

Gövde sınıfı 4:Mağlup gövdeler (Tepeler az veya çok derecede cılızlaşmış, ya her taraftan yahut yalnız iki taraftan sıkıştırılmış, yahut da bir taraflı (bayrak şeklinde) gelişmiş gövdeler).

4 a: Ara vaziyette bulunan tepeler (Büyük kısmı itibariyle açık, çoğunlukla sıkışık durumdaki tepeler).

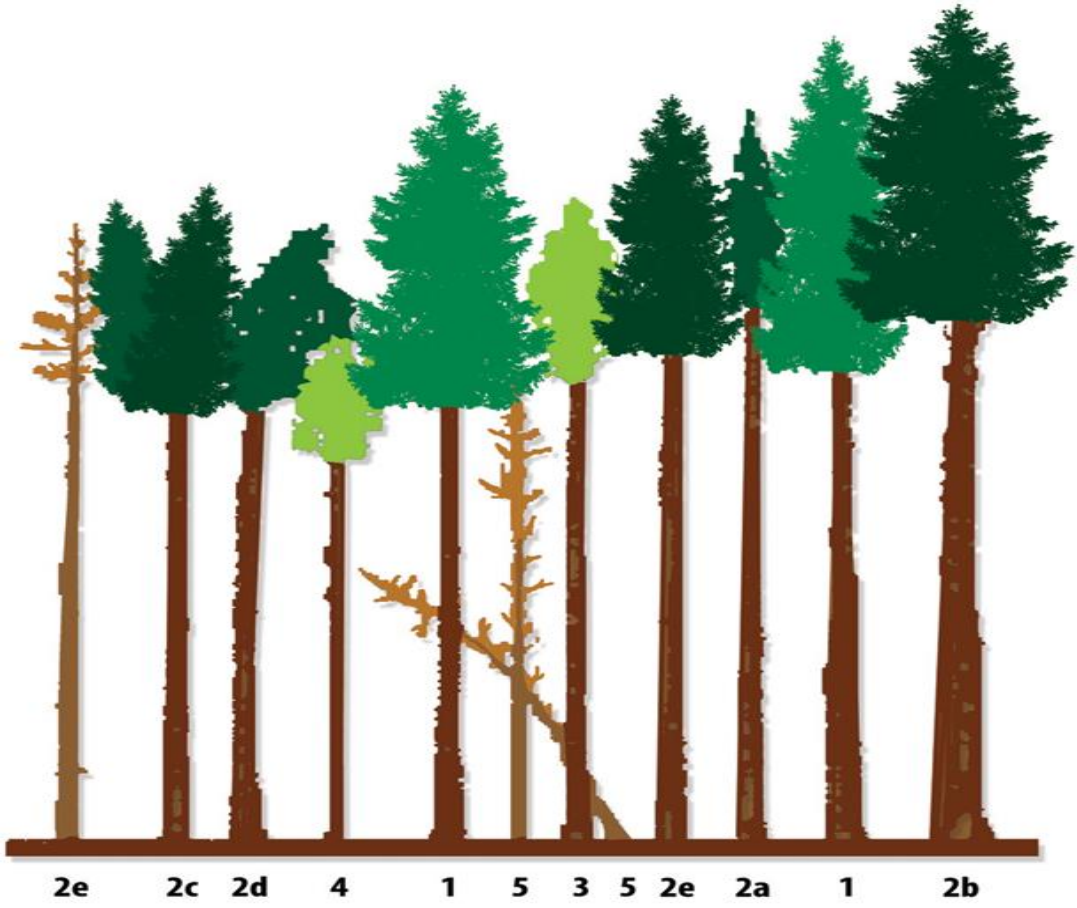
4 b: Kısmen alt vaziyette bulunan tepeler (Tepenin üst kısmı açık, alt kısmı siperli yahut siperin etkisiyle ölmüş tepeler).

Gövde sınıfı 5: Tamamen alt vaziyetteki gövdeler.

5 a: Yaşama kabiliyetindeki tepeler (Yalnız gölgeye dayanıklı ağaç türlerinde).

5 b: Ölmüş yahut ölmekte olan tepeler (Anonim, 2010).

Bu taksimat içeriği itibariyle " tabiî veya biyolojik" bir ayrımdır. Nispi boy ve nispi tepe meydana gelmesi üzerine kurulmuş "büyüme enerjisi" sınıflarını içerir. Gövde şekilleri (gövde kalitesi) dikkate alınmamıştır. Kraft, yaptığı taksimatta " gövde sınıfları" tanımlamasını kullanmışsa da, literatürde Fabricius'un teklifine uyularak bu taksimata "Ağaç sınıfları taksimatı" denmektedir (Anonim, 2010). Galip ve mağlup gövdeleri ayırt etmeye yönelik bu sınıflama (Şekil 3.6)'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Kraft'a göre ağaç (gövde) sınıflarının taksimatı (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2024)

Eski olmakla beraber, meşcere ağaçlarının sosyal bakımdan sınıflanmasında Kraft taksimatından üstün bir sınıflama henüz meydana çıkmış değildir. Bu taksimatta ağaçların yalnız sosyal durumlarının esas alınmış olması, mutlak tepe büyüklüğünün, mutlak boyun ve bilhassa gövde şeklinin ifadesini bulmaması, daima bir eksiklik olarak ileri sürülmüştür. Gerçekten, ağaçların yalnız sosyal durumlarını esas alarak yapılan sınıflamalar, ağaçların diğer önemli kalitelerini belirtmemekte ve dolayısıyla aralama denemeleri için yeterli olmamaktadır.

ICP Forests Seviye I izleme çalışmaları kapsamında kullanılan taç durumu değerlendirme kriterleri, standart "Taç Durumu Değerlendirme ve İnceleme Formu (Form-1)" üzerinden kaydedilmiştir. Bu yöntem doğrultusunda elde edilen taç durumu verileri, çalışmanın ilerleyen aşamalarında *Corythucha arcuata*'nın meşe meşcereleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulması ve makine öğrenmesi modellerinin girdilerinin oluşturulması amacıyla kullanılmıştır.

TEPE DURUMU DEĞERLENDİRME VE İNCELEME FORMU SEVİYE-I

FORM-1

Gözlem Sahası No :	**I. Gözlemcinin Adı :**
İşletme Adı :	**II. Gözlemcinin Adı:**
Şeflik Adı :	**Gözlem Tarihi :**

Ağaç No	Ağaç Türü (Kodu)	Çıkarma ve Ölüm (Kodu)	İbre/ Yaprak Kaybı (%)	Değerlendirme Yapılan Tacın Yeri (Kodu)	Değerlendirilebilir Taçtaki Meyve/ Kozalak Durumu (Kod)	Tali ve Su Sürgünleri (Kodu)	İbre / Yaprakta Renk Kaybı (Kodu)	Diğer Gözlemler
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								

Şekil 3.7 ICP Forests Seviye I tepe durumu değerlendirme ve inceleme formu (OGM, 2013; Taşdemir ve Aytar, 2013)

Açıklamalar

Ağaç Türü (001–199 arası kodlama):

Ağaç türleri 001 ile 199 arasında numaralandırılmış kodlar ile ifade edilmektedir. Buna göre;

013 = *Carpinus betulus,*

015 = *Castanea sativa*,

019 = *Fagus orientalis,*

041 = *Quercus cerris,*

048 = *Quercus petraea,*

051 = *Quercus robur*,

099 = Diğer geniş yapraklı türler,

121 = *Pinus brutia*,

129 = *Pinus nigra,*

134 = *Pinus sylvestris,*

199 = Diğer kozalaklı türler

şeklinde sınıflandırılmıştır.

Yaprak / İbre Kaybı:

Yaprak veya ibre kaybı, değerlendirilen ağacın taç yapısının bir referans ağaç ile karşılaştırılması sonucu belirlenen yaprak/ibre eksikliği olarak tanımlanmaktadır. Yaprak veya ibre kaybının nedeni dikkate alınmaksızın değerlendirme yapılır. Kayıtlar %5'lik basamaklar halinde tutulur (%0, 5, 10, 15 … 95, 99, 100).

Yaprakta Renk Kaybı:

Yaprak veya ibrelerde renk kaybı (solma), ağacın normalde bilinen yaprak/ibre rengine kıyasla daha açık bir renk alması, renginin azalması ya da alışılmış renk tonundan sapma göstermesi durumudur. Renk kaybı aşağıdaki sınıflara göre değerlendirilir:

0 = Yok (%0–10),

1 = Hafif (%10–25),

2 = Orta (%25–60),

3 = Ciddi (%60'tan fazla),

4 = Ölü / kuru.

(Bu parametre seçimliktir).

Değerlendirilebilir Taçta Meyve / Kozalak Tutma:

Ağacın tacında gözlemlenen meyve veya kozalak durumu aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

1 = Yok veya seyrek (meyveler kaba bir inceleme ile fvd edilemez),

2 = Normal / alışılmış (meyve tutma açıkça görülmektedir),

3 = Bol (meyve tutma ağacın genel görünümünü etkilemiştir).

Epikormik / Su Sürgünleri:
Epikormik veya su sürgünlerinin durumu aşağıdaki sınıflara göre değerlendirilir:
1 = Yok veya çok az,
2 = Orta (hafif gelişme göstermekte ya da yalnızca tacın veya gövdenin belirli kısımlarında bulunmaktadır),
3 = Bol (tacın büyük bir bölümünde ya da gövdenin tamamı boyunca mevcuttur).

Etkilenen Kısmın Tanımı: (Yapraklar/İbreler; Dallar, Sürgünler, Tomurcuklar; Gövde veya Kök Boğazı, Diğer), Dikili kuru: 04, Ağacın herhangi bir kısmında bulgu yok: 00, Değerlendirme yok: 09

Belirti (Semptom): (Yapraklar/İbreler = renk veya boyut değişiklikleri; Dallar, Sürgünler, Tomurcuklar = kırık, ölü, nekrozlu, reçine veya sakız akıntılı, çürük, kayıp, deforme olmuş vs.; Diğer = böcek, mantar izleri veya diğer izler)

Belirtinin (Semptomun) Tanımı: (Yaprak/ibre kısmen veya tamamen yenik/kayıp; Yaprakta/İbrede Renk Değişikliği; Yaprakta/İbrede Şekil Bozuklukları/Deformasyonlar; Yaprakta/İbrede Böcek/Mantar İzleri; Dallarda, Sürgünlerde veya Tomurcuklarda Yaralar, Çatlaklar veya Deformasyonlar; Böcek veya Mantar İzleri, Yuvalar vs.).

Taçtaki (Tepedeki) Yeri: (1 = tepenin (tacın) üst kısmında, 2 = tepenin (tacın) alt kısmında, 3 = parçalar/yamalar şeklinde, 4 = tepenin tamamında) Zararın (Hasarın) Yaşı: (1 = Yeni–zarar geçen yılın envanterinden sonra başlamış, 2 = Eski – zarar daha önceki tarihlerde başlamış, 3 = Yeni ve Eski – hem yeni hem de eski zarar görülebilir)

Sebep (Etmen): (100 = Yabani hayvanlar ve otlak hayvanları, 200 = Böcekler, 300 = Mantarlar, 400 = Abiyotik faktörler, 500 = İnsanların doğrudan etkileri, 600 = Yangın, 700 = Atmosferik kirleticiler, 800 = Diğer faktörler, 999 = İncelenmiş fakat ne olduğu tespit edilememiş)

3.10 Veri Ön İşleme

Her yıl için 24 ağaç × 11 alan içeren tablo yapıları pandas DataFrame olarak normalize edilmiş, sayısal alanlar dönüştürülmüş ve ağaç numarası/yıl anahtarı ile birbirine bağlanmıştır. Toplam 119 ağaç-yıl gözlemi elde edilmiştir (2021-2023 yıllarında 24 ağaç, 2024'te ağaç 8'in ölümü nedeniyle

23 ağaç, 2025'te ağaç 8 yerine tree 31 eklenmesiyle 24 ağaç). *C. arcuata* etiketleme kuralı, ham verilerde "Diğer Gözlemler" alanında tespit edilen açık notlardan (örn. 2024 ve 2025 formlarında "*corythucha arcuata*" yazımı) ve aynı kayıtların sahip olduğu kod kombinasyonundan türetilmiştir: Etmen=200 (böcek), Belirti=10, Belirti Tanımı=55. Bu kural uyarınca 2024 yılında 4 ağaç (No: 9, 11, 15, 23), 2025 yılında 3 ağaç (No: 9, 11, 15) *C. arcuata* pozitif olarak etiketlenmiştir.

2021-2023 yıllarında *C. arcuata* kaydı bulunmamaktadır. İklim verisi 5 yıllık aylık ortalamalar biçiminde sunulduğundan, yıldan yıla anomali sinyali olarak aylık rekor tarihleri kullanılmıştır: her ayın mutlak maksimum/minimum sıcaklık ve maksimum yağış rekorunun hangi yılda gerçekleştiği sayılarak her yıl için "sıcak rekor", "soğuk rekor" ve "ıslak rekor" adedi gibi yıl-spesifik anomali göstergeleri türetilmiştir.

I. SEVİYE İÇİN ZARAR (HASAR) PARAMETRELERİ

FORM-2

Gözlem Sahası No:		**I. Gözlemcinin Adı:**	
İşletme Adı:		**II. Gözlemcinin Adı:**	
Şeflik Adı:		**Gözlem Tarihi:**	

Sıra No	Ağaç No	Etkilenen Kısmın Tanımı Tablo 4.2/ 1.Sütünu	Taçtaki Yeri Tablo 4.2/ 2.Sütünu	Belirti (Semptom) Tablo 4.3/ 1. Sütünu	Belirtinin (Semptomun) Tanımı Tablo 4.3/ 2. Sütünu	Zararın (Hasarın) Yaşı Tablo 4.14	Sebep (Etmen) Tablo 4.5,6, 7, 8A-B, 9,10,11,12	Sebebin (Etmenin) Bilimsel Adı	Zararın Boyutu (Kapsamı-Etkileme Derecesi) Tablo 4.13	Diğer Gözlemler
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										

Şekil 3.8 ICP Forests Seviye I zarar (hasar) parametreleri değerlendirme formu (OGM, 2013; Taşdemir ve Aytar, 2013)

Açıklamalar

Etkilenen Kısmın Tanımı: (Yapraklar/İbreler; Dallar, Sürgünler, Tomurcuklar; Gövde veya Kök Boğazı, Diğer), Dikili kuru: 04, Ağacın herhangi bir kısmında bulgu yok: 00, Değerlendirme yok: 09

Belirti (Semptom): (Yapraklar/İbreler = renk veya boyut değişiklikleri; Dallar, Sürgünler, Tomurcuklar = kırık, ölü, nekrozlu, reçine veya sakız akıntılı, çürük, kayıp, deforme olmuş vs.; Diğer = böcek, mantar izleri veya diğer izler)

Belirtinin (Semptomun) Tanımı: (Yaprak/ibre kısmen veya tamamen yenik/kayıp; Yaprakta/İbrede Renk Değişikliği; Yaprakta/İbrede Şekil Bozuklukları/Deformasyonlar; Yaprakta/İbrede Böcek/Mantar İzleri; Dallarda, Sürgünlerde veya Tomurcuklarda Yaralar, Çatlaklar veya Deformasyonlar; Böcek veya Mantar İzleri, Yuvalar vs.).

Taçtaki (Tepedeki) Yeri: (1 = tepenin (tacın) üst kısmında, 2 = tepenin (tacın) alt kısmında, 3 = parçalar/yamalar şeklinde, 4 = tepenin tamamında)

Zararın (Hasarın) Yaşı: (1 = Yeni – zarar geçen yılın envanterinden sonra başlamış, 2 = Eski – zarar daha önceki tarihlerde başlamış, 3 = Yeni ve Eski – hem yeni hem de eski zarar görülebilir)

Sebep (Etmen): (100 = Yabani hayvanlar ve otlak hayvanları, 200 = Böcekler, 300 = Mantarlar, 400 = Abiyotik faktörler, 500 = İnsanların doğrudan etkileri, 600 = Yangın, 700 = Atmosferik kirleticiler, 800 = Diğer faktörler, 999 = İncelenmiş fakat ne olduğu tespit edilememiş)

3.11 Makine Öğrenmesi Modelleme Yaklaşımı

Makine öğrenmesi bölümünde iki ağaç temelli yaklaşım kullanılmıştır. Birincisi, torbalama mantığına dayalı Random Forest yaklaşımıdır. İkincisi ise yükseltmeli karar kütükleri ile çalışan XGBoost-benzeri bir prototip modeldir. Çalışma ortamında standart scikit-learn ve xgboost paketleri bulunmadığı için, veri setindeki örüntüyü değerlendirmeye yönelik hafif prototip algoritmalar kullanılmıştır. Bu nedenle burada raporlanan sonuçlar, nihai uygulama sonuçlarından çok ön modelleme bulguları olarak yorumlanmalıdır. Performans değerlendirmesinde doğruluk,

kesinlik, duyarlılık ve F1 ölçütleri kullanılmıştır. Ayrıca değişken önem sıralamaları hesaplanarak hangi değişkenlerin zararlı kaydıyla daha güçlü ilişki taşıdığı incelenmiştir.

3.12 Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Bu tez çalışmasında *Corythucha arcuata*'nın dağılımının modellenmesinde kullanılan makine öğrenmesi algoritmaları;

• Lojistik Regresyon (LR): Doğrusal sınıflandırma; yorumlanabilir taban model.

• K-En Yakın Komşu (KNN): Mesafe tabanlı benzerlik algoritması.

• Karar Ağacı (DT): Kural tabanlı, bölünme ile öğrenme.

• Rastgele Orman (RF): Bagging ensemble; overfitting'e karşı dayanıklı.

• XGBoost: Gradient boosting; küçük/dengesiz veriler için güçlü.

• LightGBM: Yaprak-temelli boosting; büyük verilerde hızlı.

• Destek Vektör Makinesi (SVM): RBF kernel; yüksek boyutta etkili.

• Yapay Sinir Ağı (ANN / MLP): Çok katmanlı algılayıcı (16-8 gizli nöron).

Regresyon için aynı algoritmalar regresyon varyantlarıyla (LinearRegression, Ridge, KNeighborsRegressor, DecisionTreeRegressor, RandomForestRegressor, XGBRegressor, LGBMRegressor, SVR, MLPRegressor) kullanılmıştır. Random Forest algoritması, çok sayıda karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulan topluluk (ensemble) tabanlı bir yöntemdir. MaxEnt algoritması ise tür dağılım modellemesinde yaygın olarak kullanılan ve yalnızca varlık verilerine dayalı çalışan bir yöntemdir.

3.13 Biyolojik Modelleme ve Zamansal Analiz Yöntemi

Biyolojik modelleme yaklaşımı, *Corythucha arcuata*'nın fvdlı yıllara ait dağılım verilerinin karşılaştırılması ve zamansal değişimlerinin ortaya konulması esasına dayanmaktadır. Bu kapsamda, 2021, 2022, 2023, 2024 ve 2025 yıllarına ait ICP Forests Seviye I verileri birlikte değerlendirilerek zararlının yayılış eğilimleri analiz edilmiştir. Analizlerde zararlının varlığı, etmen (sebep) kodu 200 üzerinden izlenmiş ve yıllara bağlı dağılımı belirlenmiştir. Çalışma alanına ait veriler incelendiğinde, zararlının ilk olarak 2009 yılında sahada birden fazla ağaç bireyinde ve orta-yüksek zarar şiddeti (3–5) ile ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca zarar yaşının düşük olması (1), bu dönemde zararlının aktif bir yayılım sürecinde olduğunu göstermektedir. Buna karşın, 2021–2023 yıllarına ait verilerde zararlıya ilişkin herhangi bir kaydın bulunmaması, popülasyon yoğunluğunun bu dönemde düşük seviyelerde seyrettiğini veya gözlemlenebilir eşik değerin altına düştüğünü düşündürmektedir. Bu durum aynı zamanda çevresel koşulların veya diğer biyotik ve abiyotik faktörlerin zararlı popülasyonu üzerinde baskı oluşturmuş olabileceğine işaret etmektedir.

2024 yılı verileri, zararlının sahada yeniden ortaya çıktığını göstermektedir. Bu dönemde zararlı, sınırlı sayıda ağaç bireyinde ve düşük zarar şiddeti ile gözlenmiştir. 2025 yılında ise zararlının aynı bireyler üzerinde varlığını sürdürmesi, popülasyonun alanda kalıcılık kazandığını ve yerleşme sürecine girdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte zarar şiddetinin genel olarak düşük-orta seviyelerde kalması, popülasyonun henüz salgın düzeyine ulaşmadığını, ancak artış potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Taç durumu parametreleri ile birlikte yapılan değerlendirmeler, zararlının görüldüğü yıllarda ibre/yaprak kaybı oranlarında artış eğilimi olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle 2024 ve 2025 yıllarında %20–35 aralığında yoğunlaşan yaprak kaybı değerleri, zararlının ağaç fizyolojisi üzerindeki etkisinin başladığını göstermektedir. Ancak ileri düzey taç bozulmalarının henüz yaygın olmaması, zararın erken evrede olduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak, *Corythucha arcuata*'nın çalışma alanında ilk olarak 2009 yılında ortaya çıktığı, sonraki yıllarda düşük yoğunlukta kaldığı veya gözlenemediği, 2024 yılında yeniden görülerek 2025 yılında kalıcılık kazandığı belirlenmiştir. Bu durum, zararlının zamansal olarak dalgalı bir yayılış dinamiği sergilediğini ve uygun çevresel koşullar altında yeniden aktifleşebildiğini göstermektedir.

3.14 Geriye Dönük (Retrospektif) Veri Analizi Teknikleri

Bu çalışmada, *Corythucha arcuata*'nın çalışma alanındaki zamansal yayılışını ve popülasyon dinamiklerini ortaya koymak amacıyla geriye dönük (retrospektif) veri analizi tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, ICP Forests Seviye I izleme programı çerçevesinde fvdlı yıllarda toplanan hasar ve taç durumu verileri birlikte değerlendirilmiştir. Analiz sürecinde, 2009 yılına ait erken dönem verileri ile 2021–2025 yılları arasındaki güncel gözlemler karşılaştırılarak zararlının tarihsel gelişimi ortaya konulmuştur. Retrospektif analiz yaklaşımı çerçevesinde, zararlının varlığı etmen (sebep) kodu 200 üzerinden izlenmiş ve yıllar bazında varlık-yokluk durumu belirlenmiştir. Bu yöntemle, zararlının ilk olarak 2009 yılında sahada birden fazla ağaç bireyinde ve orta-yüksek zarar şiddeti ile ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Daha sonraki yıllara ait verilerde (2021–2023) zararlıya ilişkin herhangi bir kayıt bulunmaması, popülasyonun bu dönemde düşük yoğunlukta seyrettiğini veya gözlemlenebilir eşik değerin altında kaldığını göstermektedir.

Analizlerde ayrıca, zarar parametreleri (zararın yaşı, zarar şiddeti ve etmen kodu) ile taç durumu göstergeleri (ibre/yaprak kaybı, taç değerlendirme durumu ve sürgün oluşumu) birlikte değerlendirilmiştir. Bu sayede zararlının yalnızca varlığı değil, aynı zamanda ağaç sağlığı üzerindeki etkisinin zamansal değişimi de ortaya konulmuştur. Özellikle 2024 ve 2025 yıllarında zararlının yeniden görülmesiyle birlikte ibre/yaprak kaybı oranlarında artış gözlenmiş, bu durum retrospektif analiz ile zararlı etkisinin yeniden aktive olduğunu göstermiştir. Retrospektif veri analizi, zararlının sahadaki kalıcılığını ve yeniden ortaya çıkış dinamiklerini değerlendirmede önemli bir araç olmuştur.

Elde edilen bulgular, zararlının 2009 yılında alana giriş yaptığını, uzun bir süre düşük yoğunlukta kaldığını ve 2024 yılında yeniden ortaya çıkarak 2025 yılında kalıcılık kazandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, zararlının çevresel koşullara bağlı olarak dönemsel dalgalanmalar gösterdiğini ve uygun koşullar oluştuğunda yeniden popülasyon oluşturabildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, geriye dönük veri analizi teknikleri kullanılarak elde edilen bulgular, *Corythucha arcuata*'nın çalışma alanındaki tarihsel yayılış sürecini ve zamansal popülasyon değişimini ortaya koymuş, zararlının erken tespiti ve gelecekteki olası yayılım risklerinin değerlendirilmesi açısından önemli bilgiler sunmuştur.

4. BULGULAR

Bu bölümde, Kastamonu ili Küre Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Kösreli sahalarında yürütülen ICP Forests Seviye I izleme çalışmaları kapsamında elde edilen 2021, 2022, 2023, 2024 ve 2025 yıllarına ait veriler ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında meşe (*Quercus spp.)* meşcerelerinde gözlemlenen Meşe dantel böceği (*Corythucha arcuata*) varlığı, zarar belirtileri, taç durumu değişimleri ve zamansal eğilimler saha bazlı gözlemler ve makine öğrenmesi destekli analizler doğrultusunda ortaya konulmuştur. Bu bölümde sunulan bulgular, zararlının sahadaki mevcut durumunu tanımlamayı, yıllar içerisindeki değişim eğilimlerini ortaya koymayı ve risk düzeyinin anlaşılmasını amaçlamaktadır. Bulgular, yorumlayıcı bir dille sunulmakla birlikte, neden–sonuç ilişkilerinin literatürle karşılaştırılması Tartışma ve Sonuç bölümüne bırakılmıştır.

4.1 Yıllara Göre Yaprak Kaybı ve Hasar Kayıtları

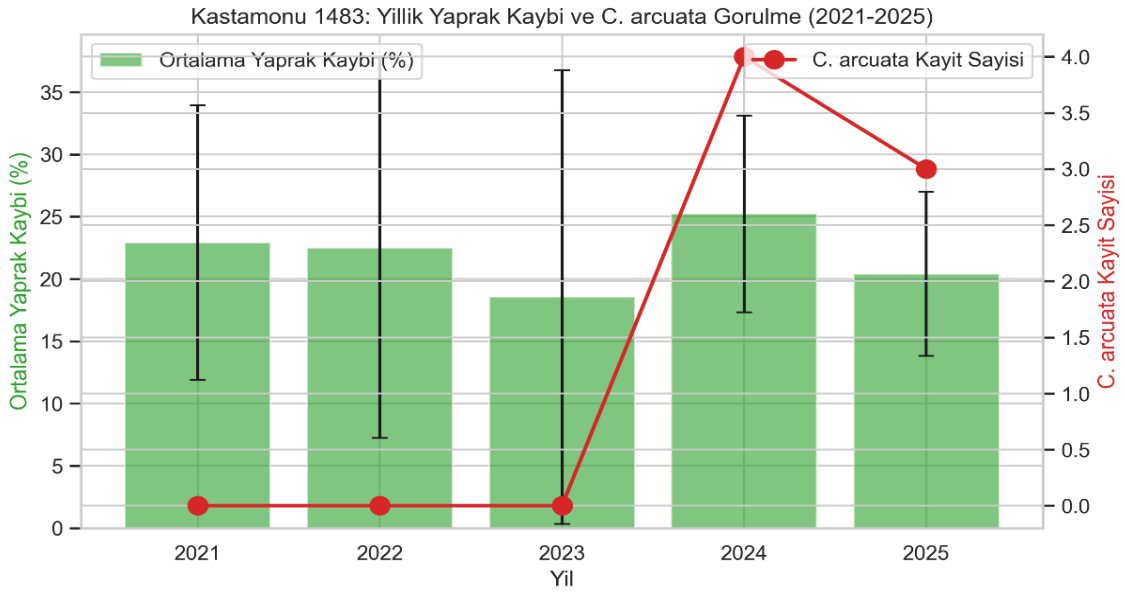
Yıllık seriler birlikte incelendiğinde 2024 yılının hem yapraklı kayıp oranının en yüksek olduğu yıl hem de hasar formunda *corythucha arcuata* kaydının ilk kez görünür hale geldiği yıl olduğu anlaşılmaktadır. 2025 yılında zararlı kaydı sürmekle birlikte yapraklı kayıp oranında kısmi bir gerileme görülmüştür. Bu örüntü, zararlının sahadaki görünürlüğü ile taç bozulması arasında zamansal bir eşleşme bulunduğunu düşündürmektedir.

4.2 Keşifsel Veri Analizi

2021-2025 döneminde 119 ağaç-yıl gözleminde ortalama yaprak kaybı %21,89 (standart sapma ±12,61), medyan %20,00, aralık %5-100 olarak bulunmuştur. *Quercus robur* için canlı ağaçlara sınırlandırıldığında yıllık ortalamalar 2021'de %23,75; 2022'de %24,50; 2023'te %16,32; 2024'te %27,11 ve 2025'te %21,84 olarak gerçekleşmiştir.

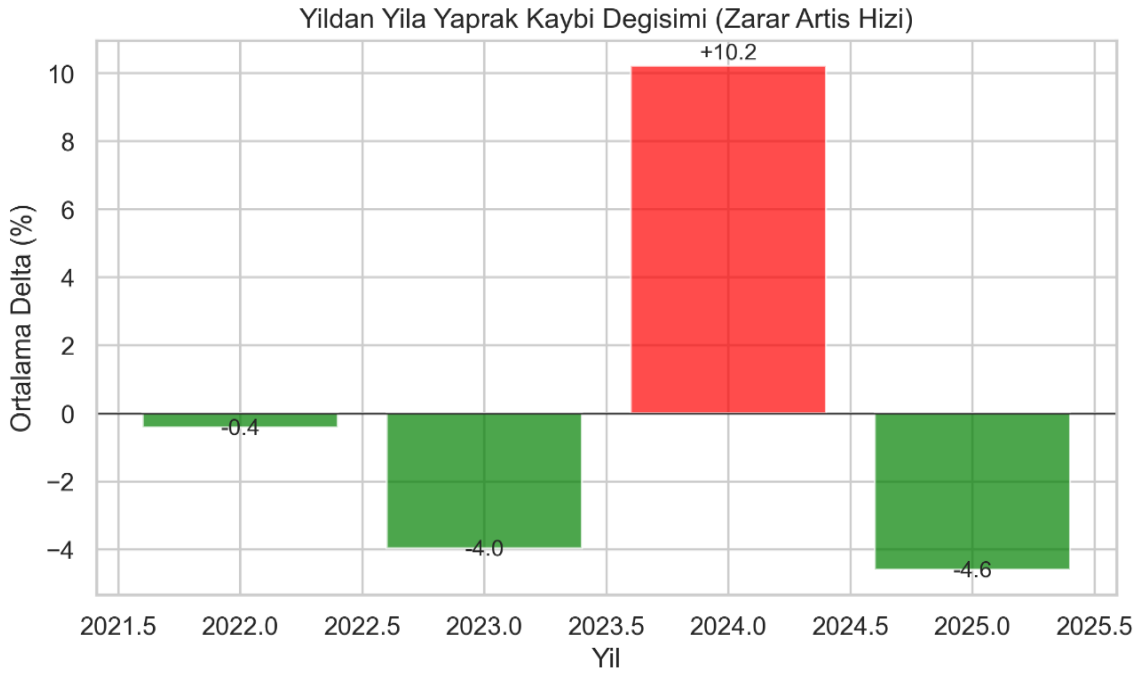
Tablo 4.1 Yıllık ortalama yaprak kaybı ve *C. arcuata* kayıt sayısı (Plot 1483)

Yıl	Ortalama Yaprak Kaybı	Standart Yaprak Kaybı	Dantel Böceği Sayısı	
2021	22,92	11,03	0.00	
2022	22,50	15,25	0.00	
2023	18,54	18,21	0.00	
2024	25,22	7,90	4.00	
2025	20,42	6,58	3.00	



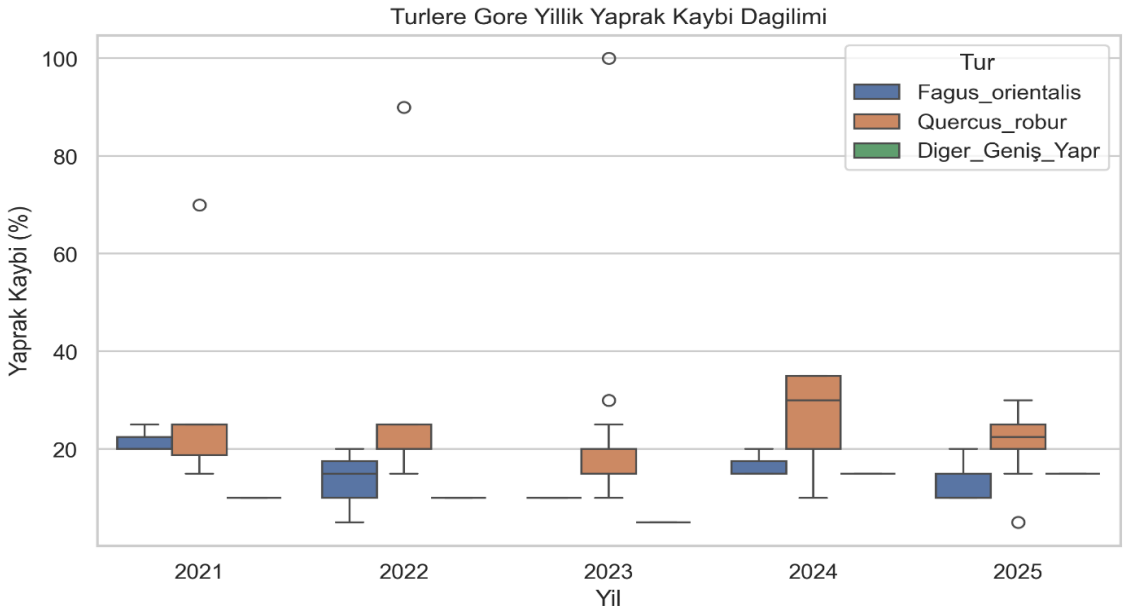
Şekil 4.1 Yıllık ortalama yaprak kaybı (yeşil bar, sol eksen) ve C. arcuata kayıt sayısı (kırmızı çizgi, sağ eksen)

2024 yılı belirgin artış göstermekte, aynı yıl 4 ağaçta dantel böceği kayıt edilmiştir. Yıldan yıla ortalama yaprak kaybı değişimi (Δ) 2022-2021 arası −0,4 puan, 2023-2022 arası −4,0 puan, 2024-2023 arası +6,7 puan ve 2025-2024 arası −4,8 puan olarak hesaplanmıştır. 2024 yılı yaprak kaybı ortalamasında en yüksek artışı (+6,7 puan) gösteren yıl olup bu yılda ilk kez C. arcuata tespitinin rapor edilmesi ile zamansal olarak örtüşmektedir. Ağaç No 9, 11, 15 ve 23 bireylerinde 2024 yılında yaprak kaybı %30-35 aralığına yükselmiş ve Etmen kodu 200 (böcek) ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.2. Yıldan yıla ortalama yaprak kaybı değişimi. 2024 yılı +6,7 puanlık ani artış ile en yüksek zarar artış hızını göstermiştir

Tür bazlı dağılım incelendiğinde *Quercus robur* bireylerinde ortalama yaprak kaybı %22,97 *Fagus orientalis* bireylerinde %13,33 ve diğer türlerde %12,00 olarak hesaplanmıştır. *Q. robur, C. arcuata*'nın birincil konukçusu olup tespit edilen tüm dantel böceği kayıtları bu türe aittir.



Şekil 4.3 Türlere göre yıllık yaprak kaybı dağılımı (kutu grafiği)

Tablo 4.2 Yıllara göre yapraklı kayıp ve *Corythucha arcuata* kayıt özeti

Yıl	Yapraklı kayıp (%)	*Corythucha arcuata* kayıt sayısı	Gözlem tarihi
2021	23,48	0	24.08.2021
2022	23,04	0	03.08.2022
2023	15,45	0	16.09.2023
2024	25,68	4	29.07.2024
2025	20,65	3	22.07.2025

4.3 Model Performans

Hazırlanan veri seti üzerinde iki fvdlı ağaç temelli model denenmiştir: Random Forest ve yükseltmeli karar kütüklerine dayalı XGBoost-benzeri model. Her iki model de test kümesinde %97,4 doğruluk üretmiştir. Ancak pozitif sınıfın son derece az olması nedeniyle bu yüksek doğruluk, gerçek sınıflandırma gücünü yansıtmamaktadır. Nitekim her iki model de test kümesindeki pozitif örneği yakalayamamış; bu nedenle duyarlılık, kesinlik ve F1 değerleri sıfır olarak gerçekleşmiştir. Model performansının bu şekilde okunması önemlidir. Dengesiz veri setlerinde doğruluk ölçütü, çoğunluk sınıfını doğru tahmin eden ancak azınlık sınıfını kaçıran modelleri olduğundan daha başarılı gösterebilir. Bu nedenle mevcut sonuçlar, başarılı sınıflandırma bulgusu olarak değil, veri yapısının sınırlılıklarını açığa çıkaran bir tanılayıcı analiz olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 4.3 İlk modelleme turunda elde edilen test metrikleri

Model	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1
Random Forest	0,974	0,000	0,000	0,000
XGBoost-benzeri	0,974	0,000	0,000	0,000

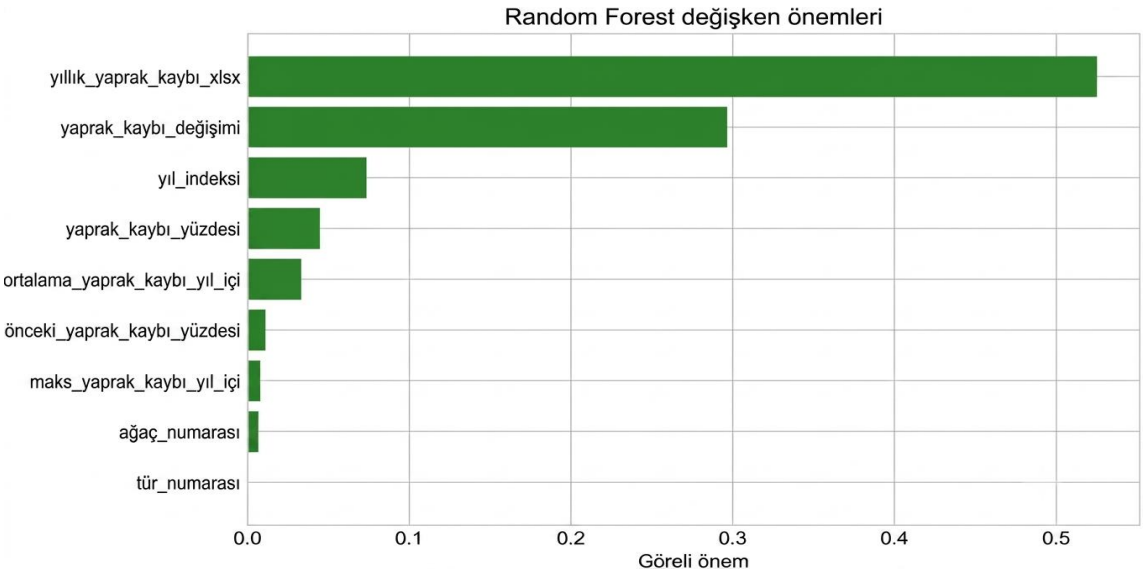
Bu sonuç, veri setnin mevcut haliyle sınıf dengesizliğinden güçlü biçimde etkilendiğini göstermektedir. Dolayısıyla bu aşamada model başarısızlığını algoritmik yetersizlikten ziyade veri yapısındaki sınırlılıkların bir sonucu olarak değerlendirmek daha isabetlidir.

4.4 Değişken Önlemleri

Her iki modelde de en yüksek önem değerine sahip değişken yıllık yapraklı kayıp oranıdır. Bunu yaprak kaybındaki yıllık değişim izlemektedir. Random Forest modelinde yıl indisi ve ilgili ağaç-yıldaki yaprak kaybı yüzdesi de görece katkı sağlamaktadır. Tür kodu değişkeni ise mevcut veri setinde neredeyse açıklayıcı güç üretmemektedir.

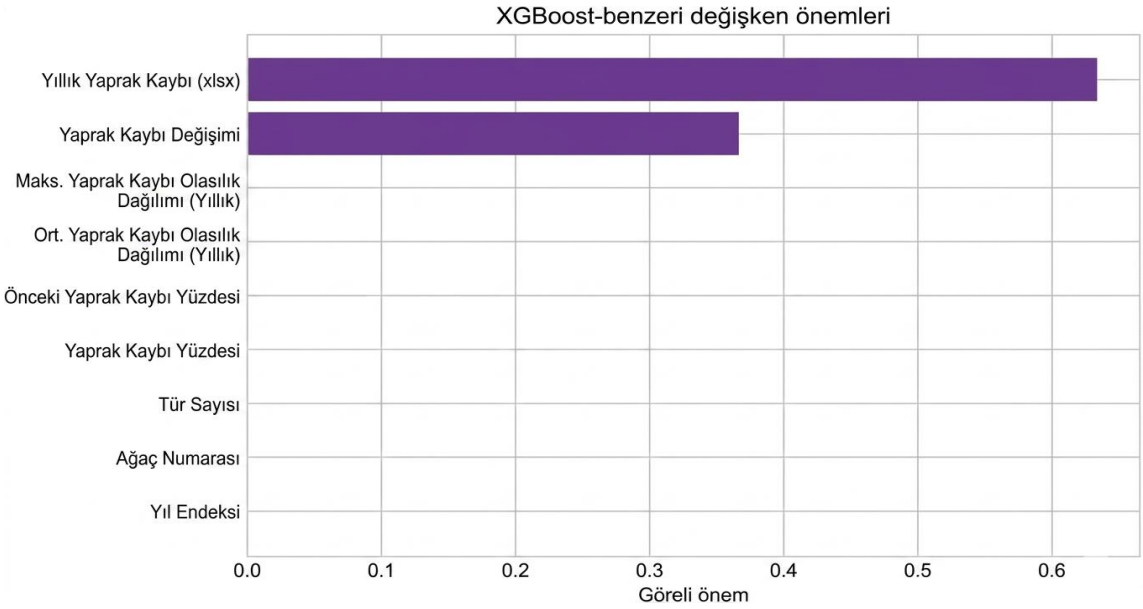
Tablo 4.4 Öne çıkan değişken önemleri

Değişken	Random Forest	XGBoost-benzeri
Yıllık yapraklı kayıp oranı	0,525	0,633
Yaprak kaybındaki yıllık değişim	0,297	0,367
Yıl indisi	0,074	0,000
Ağaç-yıl yaprak kaybı	0,045	0,000
Yıllık ortalama yaprak kaybı	0,034	0,000



Şekil 4.4 Random Forest modelinde göreli değişken önemleri

Yıllık ortalama tahmin olasılıkları ile gerçek pozitif oranları karşılaştırıldığında, her iki modelin de 2024 ve 2025 yıllarında önceki yıllara göre daha yüksek risk sinyali ürettiği görülmektedir. Ancak bu artış gerçek pozitif örnekleri yeterince kesin biçimde ayırmaya yetmemiştir.



Şekil 4.5 XGBoost-benzeri modelde göreli değişken önemleri



Şekil 4.6 Yıllara göre model olasılıkları ve gerçek pozitif oran

Şekil 4.6'da modellerin yapısal eğilimleri sezdiğini; fakat mevcut veri yoğunluğu, pozitif olay sayısı ve iklim tarafındaki yıllık özgül değişken eksikliği nedeniyle yeterli ayrıştırıcılık geliştiremediğini göstermektedir.

4.5 Taç Durumu Değerlendirilme

SEVİYE 1 İÇİN TAÇ DURUMU PARAMETRELERİ(Form 1)

Gözlem Alanının Adı : 1. Gözlemcilerin Adı :
Gözlem Alanı No : 1483 2. Gözlemcilerin Adı :
İnceleme (Gözlem) Tarihi : 24.08.2021 Bölge Uzmanının Adı :

Sıra No	Ağaç No	Ağaç Türü	Çıkarma ve Ölüm (Kodu)	İbre/Yaprak Kaybı(% 5 lik dilimler)	Değerlendirilebilir Taç	Değerlendirilebilir Taçdaki Meyve Durumu	Tali ve Su Sürgünleri	Diğer Gözlemler
1	1	019	01	25	3	1.1	2	
2	2	019	01	20	3	1.1	2	
3	3	051	01	25	3	1.1	2	
4	4	051	01	25	3	1.1	1	
5	5	051	01	20	3	1.1	1	
6	6	019	01	20	3	1.1	2	
7	7	051	01	20	3	1.1	1	
8	8	051	01	70	3	1.1	1	
9	9	051	01	20	3	1.1	2	
10	10	051	01	15	3	1.1	2	
11	11	051	01	25	3	1.1	1	
12	12	051	01	20	3	1.1	1	
13	13	199	01	10	3	1.1	1	
14	14	051	01	25	3	1.1	1	
15	15	051	01	25	3	1.1	2	
16	16	051	01	25	3	1.1	1	
17	17	051	01	25	3	1.1	2	
18	18	051	01	25	3	1.1	2	
19	19	051	01	15	3	1.1	1	
20	20	051	01	25	3	1.1	1	
21	21	051	01	15	3	1.1	1	
22	22	051	01	15	3	1.1	2	
23	23	051	01	15	3	1.1	1	
24	24	051	01	25	3	1.1	1	

SEVİYE 1 İÇİN TAÇ DURUMU PARAMETRELERİ(Form 1)

Gözlem Alanının Adı : 1. Gözlemcilerin Adı :
Gözlem Alanı No : 1483 2. Gözlemcilerin Adı :
İnceleme (Gözlem) Tarihi : 03.08.2022 Bölge Uzmanının Adı :

Sıra No	Ağaç No	Ağaç Türü	Çıkarma ve Ölüm (Kodu)	İbre/Yaprak Kaybı(% 5 lik dilimler)	Değerlendirilebilir Taç	Değerlendirilebilir Taçdaki Meyve Durumu	Tali ve Su Sürgünleri	Diğer Gözlemler
1	1	019	01	20	3	1.1	1	
2	2	019	01	15	3	1.1	2	
3	3	051	01	20	3	1.1	1	
4	4	051	01	25	3	1.1	1	
5	5	051	01	20	3	1.1	1	
6	6	019	01	5	3	1.1	1	
7	7	051	01	20	3	1.1	1	
8	8	051	01	90	3	1.1	1	
9	9	051	01	20	3	1.1	1	
10	10	051	01	25	3	1.1	1	
11	11	051	01	25	3	1.1	1	
12	12	051	01	20	3	1.1	1	
13	13	199	01	10	3	1.1	1	
14	14	051	01	25	3	1.1	1	
15	15	051	01	25	3	1.1	1	
16	16	051	01	25	3	1.1	1	
17	17	051	01	20	3	1.1	2	
18	18	051	01	20	3	1.1	2	
19	19	051	01	15	3	1.1	1	
20	20	051	01	20	3	1.1	1	
21	21	051	01	15	3	1.1	1	
22	22	051	01	15	3	1.1	2	
23	23	051	01	20	3	1.1	1	
24	24	051	01	25	3	1.1	1	

SEVİYE 1 İÇİN TAÇ DURUMU PARAMETRELERİ(Form 1)

Gözlem Alanının Adı : 1. Gözlemcilerin Adı :
Gözlem Alanı No : 1483 2. Gözlemcilerin Adı :
İnceleme (Gözlem) Tarihi : 16.09.2023 Bölge Uzmanının Adı :

Sıra No	Ağaç No	Ağaç Türü	Çıkarma ve Ölüm (Kodu)	İbre/Yaprak Kaybı(% 5 lik dilimler)	Değerlendirilebilir Taç	Değerlendirilebilir Taçdaki Meyve Durumu	Tali ve Su Sürgünleri	Diğer Gözlemler
1	1	019	01	10	3	1.1	1	
2	2	019	01	10	3	1.1	1	
3	3	051	01	10	3	1.1	1	
4	4	051	01	15	3	1.1	1	
5	5	051	01	15	3	1.1	1	
6	6	019	01	10	3	1.1	1	
7	7	051	01	30	3	1.1	1	
8	8	051	38	100				DK
9	9	051	01	15	3	1.1	1	
10	10	051	01	10	3	1.1	1	
11	11	051	01	20	3	1.1	1	
12	12	051	01	20	3	1.1	1	
13	13	199	01	5	3	1.1	1	
14	14	051	01	20	3	1.1	1	
15	15	051	01	25	3	1.1	1	
16	16	051	01	20	3	1.1	1	
17	17	051	01	15	3	1.1	1	
18	18	051	01	15	3	1.1	1	
19	19	051	01	10	3	1.1	1	
20	20	051	01	15	3	1.1	1	
21	21	051	01	15	3	1.1	1	
22	22	051	01	10	3	1.1	1	
23	23	051	01	15	3	1.1	1	
24	24	051	01	15	3	1.1	1	

Windows'u

Şekil 4.7 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Taç durumu değerlendirme formu

SEVİYE 1 İÇİN TAÇ DURUMU PARAMETRELERİ(Form 1)

Gözlem Alanının Adı : 1. Gözlemcilerin Adı :
Gözlem Alanı No : 1483 2. Gözlemcilerin Adı :
İnceleme (Gözlem) Tarihi : 29.07.2024 Bölge Uzmanının Adı :

Sıra No	Ağaç No	Ağaç Türü	Çıkarma ve Ölüm (Kodu)	İbre/Yaprak Kaybı(% 5 lik dilimler)	Değerlendirilebilir Taç	Değerlendirilebilir Taçdaki Meyve Durumu	Tali ve Su Sürgünleri	Diğer Gözlemler
1	1	019	01	15	3	1.1	1	
2	2	019	01	15	3	1.1	1	
3	3	051	01	20	3	1.1	1	
4	4	051	01	20	3	1.1	1	
5	5	051	01	10	3	1.1	1	
6	6	019	01	20	3	1.1	1	
7	7	051	01	35	3	1.1	1	
8	9	051	01	35	3	1.1	1	
9	10	051	01	25	3	1.1	1	
10	11	051	01	35	3	1.1	1	
11	12	051	01	35	3	1.1	1	
12	13	199	01	15	3	1.1	1	
13	14	051	01	30	3	1.1	1	
14	15	051	01	35	3	1.1	1	
15	16	051	01	30	3	1.1	1	
16	17	051	01	20	3	1.1	1	
17	18	051	01	20	3	1.1	1	
18	19	051	01	20	3	1.1	1	
19	20	051	01	25	3	1.1	1	
20	21	051	01	30	3	1.1	1	
21	22	051	01	25	3	1.1	1	
22	23	051	01	35	3	1.1	1	
23	24	051	01	30	3	1.1	1	

SEVİYE 1 İÇİN TAÇ DURUMU PARAMETRELERİ(Form 1)

Gözlem Alanının Adı : 1. Gözlemcilerin Adı :
Gözlem Alanı No : 1483 2. Gözlemcilerin Adı :
İnceleme (Gözlem) Tarihi : 22.07.2025 Bölge Uzmanının Adı :

Sıra No	Ağaç No	Ağaç Türü	Çıkarma ve Ölüm (Kodu)	İbre/Yaprak Kaybı(% 5 lik dilimler)	Değerlendirilebilir Taç	Değerlendirilebilir Taçdaki Meyve Durumu	Tali ve Su Sürgünleri	Diğer Gözlemler
1	1	019	01	10	3	1.1	1	
2	2	019	01	10	3	1.1	1	
3	3	051	01	15	3	1.1	1	
4	4	051	01	15	3	1.1	1	
5	5	051	01	5	3	1.1	1	
6	6	019	01	20	3	1.1	1	
7	7	051	01	25	3	1.1	1	
8	9	051	01	30	3	1.1	1	
9	10	051	01	20	3	1.1	1	
10	11	051	01	30	3	1.1	1	
11	12	051	01	25	3	1.1	1	
12	13	199	01	15	3	1.1	1	
13	14	051	01	20	3	1.1	1	
14	15	051	01	30	3	1.1	1	
15	16	051	01	25	3	1.1	1	
16	17	051	01	25	3	1.1	1	
17	18	051	01	20	3	1.1	1	
18	19	051	01	25	3	1.1	1	
19	20	051	01	15	3	1.1	1	
20	21	051	01	20	3	1.1	1	
21	22	051	01	25	3	1.1	1	
22	23	051	01	20	3	1.1	1	
23	24	051	01	25	3	1.1	1	
24	31	051	03	20	3	1.1	1	

Şekil 4.7'nin (devamı) 2021, 2022, 2023, 2024,2025 yıllarına ait Taç durumu değerlendirilme formu (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

Şekil 4.7’ de Çalışma alanında ağaç sağlığının değerlendirilmesinde kullanılan taç durumu parametreleri, 2021–2025 yıllarına ait ICP Forests Seviye I verileri temel alınarak detaylı şekilde analiz edilmiştir. Bu kapsamda özellikle ibre/yaprak kaybı oranları, taç durumu değişiminin belirlenmesinde temel gösterge olarak kullanılmıştır.

2021 yılı verileri incelendiğinde, ibre/yaprak kaybı oranlarının büyük ölçüde %20–25 aralığında yoğunlaştığı, ancak bazı bireylerde bu değerin %70’e kadar yükseldiği görülmektedir. Bu durum, genel olarak orta düzeyde bir taç kaybı olduğunu, ancak sınırlı sayıda ağaçta yüksek stres veya hasar etkisinin bulunduğunu göstermektedir. 2022 yılında benzer bir dağılım gözlenmiş olup, ibre/yaprak kaybı değerleri çoğunlukla %20–25 bandında yer almakla birlikte, bazı bireylerde %90’a ulaşan yüksek kayıp oranları tespit edilmiştir. Bu durum, taç durumunda bireyler arasında heterojen bir yapı olduğunu ve bazı ağaçların belirgin şekilde daha fazla etkilendiğini ortaya koymaktadır.

2023 yılı verileri, önceki yıllara kıyasla genel bir iyileşmeye işaret etmektedir. Bu dönemde ibre/yaprak kaybı değerleri çoğunlukla %10–20 aralığında yoğunlaşmış, bu da taç sağlığının göreli olarak daha iyi durumda olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bir bireyde %100 yaprak kaybı ve “DK” (kuruma/ölüm) kaydı bulunması, lokal ölçekte ciddi hasarın varlığını ortaya koymaktadır. 2024 yılına gelindiğinde, ibre/yaprak kaybı oranlarında belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu yılda değerlerin büyük ölçüde %25–35 aralığında yoğunlaştığı, bazı bireylerde ise bu aralığın üst sınırına yaklaşıldığı görülmektedir. Bu durum, taç sağlığında genel bir bozulmaya işaret etmekte ve ağaçların artan stres faktörlerine maruz kaldığını göstermektedir. 2025 yılı verileri incelendiğinde, ibre/yaprak kaybı oranlarının %20–30 aralığında yoğunlaştığı ve 2024 yılına kıyasla kısmi bir iyileşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Ancak değerlerin 2023 yılına kıyasla daha yüksek seviyelerde kalması, taç durumunun tam anlamıyla eski sağlıklı seviyesine dönmediğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışma alanındaki taç durumu verileri zamansal olarak dalgalı bir seyir izlemektedir. 2021 ve 2022 yıllarında orta düzeyde seyreden kayıp oranları, 2023 yılında azalma göstermiş, 2024 yılında belirgin şekilde artmış ve 2025 yılında ise kısmi bir iyileşme eğilimi ortaya çıkmıştır. Ayrıca bazı yıllarda gözlenen yüksek kayıp değerleri (%70–100), bireysel düzeyde ciddi hasarların varlığını ortaya koymakta ve alan içerisindeki heterojen yapıyı desteklemektedir.

Sonuç olarak, taç durumu parametreleri çalışma alanındaki ağaç sağlığının zamansal olarak değişkenlik gösterdiğini, belirli yıllarda stres faktörlerinin etkisiyle bozulduğunu ve takip eden dönemde kısmi toparlanmaların meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, ağaçların çevresel ve biyotik etkenlere karşı dinamik bir tepki verdiğini göstermektedir.

4.6 Zarar (Hasar) İncelemesi

SEVIYE I İÇİN ZARAR(HASAR) PARAMETRELERİ

Gözlem Sahası No:	1483	**I. Gözlemcinin Adı:**		**İmzası:**
İşletme Adı:	KÜRE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	**II. Gözlemcinin Adı:**		**İmzası:**
Şeflik Adı:	KÖSRELİ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ	**Gözlem Tarihi:**	24.08.2021	

Sıra No	Ağaç No	Etkilenen Kısmın Tanımı	Taçtaki Yeri	Belirti (Semptom)	Belirtinin (Semptomun) Tanımı	Zararın (Hasarın) Yaşı	Etmen (Sebep)	Etmenin (Sebebin) Bilimsel Adı	Zararın Boyutu (Kapsamı-Etkileme Derecesi)	Diğer Gözlemler
1	1	00	9	99	99	9				
2	2	00	9	99	99	9				
3	3	32		17	60	2	999		4	
4	4	32		08	63	2	999		1	
5	5	00	9	99	99	9				
6	6	00	9	99	99	9				
7	7	32		17	60	3	143		1	
8	8	23	4	14		2	999		6	
9	9	00	9	99	99	9				
10	10	00	9	99	99	9				
11	11	00	9	99	99	9				
12	12	00	9	99	99	9				
13	13	00	9	99	99	9				
14	14	00	9	99	99	9				
15	15	00	9	99	99	9				
16	16	00	9	99	99	9				
17	17	32		08	63	2	999		1	
18	18	32		08	63	2	999		1	
19	19	00	9	99	99	9				
20	20	00	9	99	99	9				
21	21	00	9	99	99	9				
22	22	00	9	99	99	9				
23	23	00	9	99	99	9				
24	24	00	9	99	99	9				

Şekil 4.8 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Zarar (Hasar) parametreleri formu (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

SEVIYE I İÇİN ZARAR(HASAR) PARAMETRELERİ

Gözlem Sahası No:	1483	I. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
İşletme Adı:	KÜRE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	II. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
Şeflik Adı:	KÖSRELİ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ	Gözlem Tarihi:	03.08.2022	

Sıra No	Ağaç No	Etkilenen Kısmın Tanımı	Taçtaki Yeri	Belirti (Semptom)	Belirtinin (Semptomun)Tanımı	Zararın (Hasarın) Yaşı	Etmen (Sebep)	Etmenin (Sebebin) Bilimsel Adı	Zararın Boyutu (Kapsamı-Etkileme Derecesi)	Diğer Gözlemler
1	1	00	9	99	99	9				
2	2	00	9	99	99	9				
3	3	32		17	60	2	999		4	
4	4	32		08	63	2	999		1	
5	5	00	9	99	99	9				
6	6	00	9	99	99	9				
7	7	32		17	60	3	143		1	
8	8	24	4	14		3	999		5	
9	9	00	9	99	99	9				
10	10	26	1	14		3	999		2	
11	11	00	9	99	99	9				
12	12	00	9	99	99	9				
13	13	00	9	99	99	9				
14	14	00	9	99	99	9				
15	15	00	9	99	99	9				
16	16	26	1	14		3	999		5	
17	17	32		08	63	2	999		1	
18	18	32		08	63	2	999		1	
19	19	00	9	99	99	9				
20	20	00	9	99	99	9				
21	21	00	9	99	99	9				
22	22	00	9	99	99	9				
23	23	00	9	99	99	9				
24	24	25	2	14		3	999		5	

Şekil 4.8'in devamı 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Zarar (Hasar) parametreleri formu (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

SEVIYE I İÇİN ZARAR(HASAR) PARAMETRELERİ				
Gözlem Sahası No:	1483	I. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
İşletme Adı:	KÜRE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	II. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
Şeflik Adı:	KÖSRELİ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ	Gözlem Tarihi:	16.09.2023	

Sıra No	Ağaç No	Etkilenen Kısmın Tanımı	Taçtaki Yeri	Belirti (Semptom)	Belirtinin (Semptomun)Tanımı	Zararın (Hasarın) Yaşı	Etmen (Sebep)	Etmenin (Sebebin) Bilimsel Adı	Zararın Boyutu (Kapsamı-Etkileme Derecesi)	Diğer Gözlemler
1	1	32		17	59	2	999		1	
2	2	00	9	99	99	9				
3	3	00	9	99	99	9				
4	4	00	9	99	99	9				
5	5	00	9	99	99	9				
6	6	00	9	99	99	9				
7	7	00	9	99	99	9				
8	8	04	9	99	99	9	999			
9	9	00	9	99	99	9				
10	10	00	9	99	99	9				
11	11	00	9	99	99	9				
12	12	00	9	99	99	9				
13	13	00	9	99	99	9				
14	14	00	9	99	99	9				
15	15	00	9	99	99	9				
16	16	00	9	99	99	9				
17	17	00	9	99	99	9				
18	18	00	9	99	99	9				
19	19	00	9	99	99	9				
20	20	00	9	99	99	9				
21	21	00	9	99	99	9				
22	22	00	9	99	99	9				
23	23	00	9	99	99	9				
24	24	00	9	99	99	9				

Şekil 4.8'in devamı 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Zarar (Hasar) parametreleri formu (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

SEVIYE I İÇİN ZARAR(HASAR) PARAMETRELERİ

Gözlem Sahası No:	1483	I. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
İşletme Adı:	KÜRE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	II. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
Şeflik Adı:	KÖSRELİ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ	Gözlem Tarihi:	29.07.2024	

Sıra No	Ağaç No	Etkilenen Kısmın Tanımı	Taçtaki Yeri	Belirti (Semptom)	Belirtinin (Semptomun)Tanımı	Zararın (Hasarın) Yaşı	Etmen (Sebep)	Etmenin (Sebebin) Bilimsel Adı	Zararın Boyutu (Kapsamı-Etkileme Derecesi)	Diğer Gözlemler
1	1	00	9	99	99	9				
2	2	00	9	99	99	9				
3	3	00	9	99	99	9				
4	4	00	9	99	99	9				
5	5	00	9	99	99	9				
6	6	00	9	99	99	9				
7	7	00	9	99	99	9				
8	9	14	4	10	55	1	200		3	coryarc listede yok
9	10	00	9	99	99	9				
10	11	14	4	10	55	1	200		3	coryarc listede yok
11	12	00	9	99	99	9				
12	13	00	9	99	99	9				
13	14	00	9	99	99	9				
14	15	14	4	10	55	1	200		3	coryarc listede yok
15	16	00	9	99	99	9				
16	17	00	9	99	99	9				
17	18	00	9	99	99	9				
18	19	00	9	99	99	9				
19	20	00	9	99	99	9				
20	21	00	9	99	99	9				
21	22	00	9	99	99	9				
22	23	14	4	10	55	1	200		3	coryarc listede yok
23	24	00	9	99	99	9				

Şekil 4.8'in devamı 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Zarar (Hasar) parametreleri formu (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

SEVIYE I İÇİN ZARAR(HASAR) PARAMETRELERİ

Gözlem Sahası No:	1483	I. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
İşletme Adı:	KÜRE ORMAN İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ	II. Gözlemcinin Adı:		İmzası:
Şeflik Adı:	KÖSRELİ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ	Gözlem Tarihi:	22.07.2025	

Sıra No	Ağaç No	Etkilenen Kısmın Tanımı	Taçtaki Yeri	Belirti (Semptom)	Belirtinin (Semptomun)Tanımı	Zararın (Hasarın) Yaşı	Etmen (Sebep)	Etmenin (Sebebin) Bilimsel Adı	Zararın Boyutu (Kapsamı-Etkileme Derecesi)	Diğer Gözlemler
1	1	00	9	99	99	9				
2	2	00	9	99	99	9				
3	3	00	9	99	99	9				
4	4	00	9	99	99	9				
5	5	00	9	99	99	9				
6	6	00	9	99	99	9				
7	7	00	9	99	99	9				
8	9	14	4	10	55	2	200		1	coryarc
9	10	00	9	99	99	9				
10	11	14	4	10	55	2	200		1	coryarc
11	12	00	9	99	99	9				
12	13	00	9	99	99	9				
13	14	00	9	99	99	9				
14	15	14	4	10	55	2	200		1	coryarc
15	16	00	9	99	99	9				
16	17	00	9	99	99	9				
17	18	00	9	99	99	9				
18	19	00	9	99	99	9				
19	20	00	9	99	99	9				
20	21	00	9	99	99	9				
21	22	00	9	99	99	9				
22	23	00	9	99	99	9				
23	24	00	9	99	99	9				
24	31	00	9	99	99	9				

Şekil 4.8'in devamı 2021,2022,2023,2024,2025 yıllarına ait Zarar (Hasar) parametreleri formu (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2025)

Çalışma alanında zararlı etkisinin belirlenmesi amacıyla, 2021–2024 yıllarına ait ICP Forests Seviye I hasar (zarar) parametreleri değerlendirilmiştir. Analiz kapsamında ele alınarak zamansal değişim ortaya konulmuştur.

Etkilenen kısım	Etkilenen kısmın tanımlanması	Kod	Tepe tacındaki yeri	Kod
Yapraklar/ibreler	Bu yılın ibreleri	11	Tacın yukarısında.....	1
	Yaşlı ibreler	12	Tacın daha aşağısında.....	2
	Tüm yaşlardaki ibreler	13	Yamalar halinde.....	3
	Geniş yapraklılar (herdem yeşilleri de kapsar).....	14	Tacın tamamında.....	4
Dallar, sürgünler ve tomurcuklar	Bu yılın sürgünleri.....	21	Tacın yukarısında.....	1
	İnce dallar (çap 2 cm den küçük).....	22	Tacın daha Aşağısında.....	2
	Dallar çapı 2 cm den büyük 10 cm den küçük.....	23	Yamalar halinde.....	3
	Dallar çapı 10 cm ve 10 cm'den büyük.....	24	Tacın Tamamında.....	4
	Farklı çaplarda	25		
	Tepe sürgünü.....	26		
	Tomurcuklar.....	27		
Gövde ve kök boğazı	Taç gövdesi: esas gövde veya tacın içerisindeki ağaç gövdesi.....	31		
	Ağaç gövdesi: taç ve kök boğazı arasındaki gövde	32		
	Kökler (Açığa çıkmış) ve kök boğazı (25 cm fazla yükseklikte)	33		
	Bütün gövde	34		
Ölü ağaç	Bu ağacın yaprak/ibre kaybı puanlaması "100" ve renk kaybı/renk bozulması puanlaması "4" tür. Ölüm sebebi sebep amili/faktörü sütununda belirtilmelidir.	*04*		
Ağacın herhangi bir kısmında bulgu yok		*00*		
Değerlendirme yok		*09*		

Şekil 4.9 ICP Forests Seviye I zarar (hasar) parametreleri formunda kullanılan, ağacın kodlama sistemi (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2013)

Tablo, ağaçlarda oluşan zararların etkilenen kısma ve tepe tacındaki konumuna göre standart kodlarla sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Yaprak/ibre, dal, sürgün, tomurcuk, gövde ve kök boğazı gibi bölümler ayrıntılı şekilde tanımlanırken, zararın taç içindeki dağılımı da ayrıca belirtilmektedir. Ayrıca ölü ağaç, zarar bulunmaması ve değerlendirilememe durumları da kodlanarak veri bütünlüğü ve karşılaştırılabilirlik sağlanmaktadır.

Etmen Grubu	Kod	Sınıf	Kod	Tür	Kod
Av hayvanı ve Otlak	100	Geyikgiller.....	110	Karaca.....	111
				Alageyik.....	112
				Ren Geyiği.....	113
				Kanada Geyiği (*Alces alces*).	114
				Diğer geyikgiller.....	119
		Domuzgiller.....	120	Yaban domuzu.....	121
				Diğer domuzgiller.....	129
		Kemirgenler.....	130	Tavşan.....	131
				Yabani tavşan.....	132
				Sincap v.s.....	133
				Tarla faresi.....	134
				Kunduz.....	135
				Diğer kemirgenler.....	139
		Kuşgiller.....	140	Orman tavuğugiller.....	141
				Kargagiller.....	142
				Ağaçkakangiller.....	143
				İspinozgiller.....	144
				Diğer kuşgiller.....	149
		Evcil hayvanlar.....	150	Sığırlar.....	151
				Keçiler.....	152
				Koyunlar.....	153
				Diğer evcil hayvanlar.....	159
		Diğer omurgalılar....	190	Ayı.....	191
				Diğer omurgalı.....	199

Şekil 4.10 ICP Forests Seviye I zarar etmenleri sınıflandırmasında kullanılan kodlama sistemi (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2013)

2021 yılı verileri incelendiğinde, zarar kayıtlarının büyük ölçüde sınırlı sayıda ağaç bireyinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu dönemde etmen olarak ağırlıklı biçimde 999 (tanımlanamayan veya genel zarar) kodu kullanılmış, bunun yanında 143 kodlu etmen de sınırlı sayıda gözlenmiştir. Zarar şiddeti değerlerinin genellikle düşük ve orta seviyelerde (1–4 aralığında) olduğu, yalnızca tekil bir bireyde daha yüksek bir değer (6) kaydedildiği belirlenmiştir. Bu durum, 2021 yılında çalışma alanında yaygın ve belirgin bir zararlı etkisinin bulunmadığını göstermektedir.

2022 yılı verileri, 2021 yılı ile benzer bir yapı sergilemektedir. Etmen dağılımında yine 999 kodunun baskın olduğu, 143 kodunun ise sınırlı sayıda gözlendiği tespit edilmiştir. Zarar şiddeti değerleri çoğunlukla düşük seviyelerde kalmakla birlikte, bazı bireylerde orta seviyede (4–5) etkilenmeler gözlenmiştir. Bu durum, zarar oluşumunun bireysel düzeyde kaldığını ve alansal yayılım göstermediğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.11 Ağaçkakan (Picidae) faaliyetleri sonucu gövde üzerinde oluşan oyuk ve beslenme izleri (Tektaş, 2025)

Çalışma kapsamında 2021 ve 2022 yıllarına ait zarar (hasar) parametreleri incelendiğinde, bazı ağaçlarda etmen kodunun "143" olarak kaydedildiği belirlenmiştir. ICP Forests sınıflandırma sistemine göre 143 kodu, av hayvanı ve otlak etmen grubu içerisinde yer alan kuşgiller (*Aves*) sınıfına ait olup, özellikle ağaçkakangiller (*Picidae*) tarafından oluşturulan zararları ifade etmektedir. Söz konusu yıllarda zarar tespit edilen bireylerde, gövde üzerinde düzensiz ve derin oyuklar, kabukta parçalanma ve yer yer odunsu dokunun açığa çıktığı gözlemlenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında elde edilen görsel bulgular da bu durumu desteklemekte olup, ağaç gövdeleri üzerinde fvdlı büyüklüklerde ve çoğunlukla dikey doğrultuda ilerleyen oyukların varlığı dikkat çekmektedir. Bu tip zararlar, ağaçkakanların beslenme davranışları sonucu ortaya çıkmakta olup, kuşların kabuk altında bulunan böcek larvalarına ulaşmak amacıyla gövdeyi delmeleriyle oluşmaktadır. Ağaçkakanlar, doğrudan bitkisel dokuyla beslenen bir zararlı grup olmamakla birlikte, oluşturdukları mekanik hasar nedeniyle ağaçların fizyolojik bütünlüğünü bozabilmekte ve ikincil enfeksiyonlara açık hâle getirebilmektedir. Bununla birlikte, bu zarar tipi çoğunlukla ağaç üzerinde mevcut olan ksylobiont (odun içinde yaşayan) böcek populasyonlarının dolaylı bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Nitekim ağaçkakanların tercih ettiği bireyler genellikle zayıflamış, stres altında bulunan veya böcek tarafından önceden kolonize edilmiş ağaçlardır. Bu bağlamda, 143 kodlu zarar kayıtları yalnızca kuş faaliyetlerini değil, aynı zamanda sahada mevcut

olan böcek populasyonlarının varlığına da işaret etmektedir. Bu durum, çalışma alanında biyotik etmenler arasında dolaylı bir etkileşim bulunduğunu göstermektedir. Ağaçkakanların varlığı, zararlı böcek populasyonlarının doğal kontrolünde önemli bir ekolojik rol üstlenmekte olup, orman ekosistemlerinde biyolojik denge açısından olumlu bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Yıllar itibarıyla değerlendirildiğinde, 143 kodlu zararların yalnızca 2021 ve 2022 yıllarında gözlemlendiği, sonraki yıllarda bu tip zarar kayıtlarının bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, ya ağaçkakan faaliyetlerinin azalması ya da böcek populasyonlarının dağılımında meydana gelen değişimlerle ilişkili olabilir. Özellikle 2024 ve 2025 yıllarında C. arcuata'nın yaprak düzeyinde oluşturduğu zararların belirgin hâle gelmesi, zararlı etmenlerin tür ve zarar mekanizması açısından fvdlılaşmaya başladığını göstermektedir. Çalışma sahasında gözlemlenen ağaçkakan zararları, doğrudan bir zararlı etkiden ziyade, ekosistem içerisindeki trofik ilişkilerin bir yansıması olarak değerlendirilmeli ve özellikle böcek populasyonlarının varlığına işaret eden dolaylı göstergeler olarak dikkate alınmalıdır. 2023 yılı verileri incelendiğinde, zarar kayıtlarının oldukça sınırlı olduğu ve büyük ölçüde düşük seviyede kaldığı görülmektedir. Etmen olarak yine 999 kodunun kullanıldığı, zarar şiddetinin ise genel olarak düşük düzeyde (1) olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, söz konusu yıl içerisinde çalışma alanında belirgin bir biyotik zarar baskısının bulunmadığını göstermektedir.



Şekil 4.12 C. arcuata (Say, 1832)'nın meşe yaprağında oluşturduğu emgi zararına bağlı klorotik lekelerin görünümü (Tektaş, 2025)

2024 yılı verileri ise önceki yıllardan fvdlı bir yapı ortaya koymaktadır. Bu yılda ilk kez etmen kodu 200 olan zararlıya ait kayıtların bulunduğu görülmektedir. Bu etmen, sınırlı sayıda ağaç bireyinde tespit edilmiş olup, zarar şiddeti genellikle düşük-orta seviyede (3) gerçekleşmiştir. Ayrıca zarar yaşının düşük (1) olması, zararlının yeni oluşmuş bir etki olduğunu göstermektedir. Diğer gözlemler kısmında yer alan ifadeler de zararlının yeni tespit edildiğine işaret etmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2021–2023 yılları arasında çalışma alanında zarar oluşumunun düşük seviyede ve dağınık bir yapıda olduğu, belirli bir zararlının baskın hale gelmediği anlaşılmaktadır. Buna karşılık, 2024 yılında etmen kodu 200 ile temsil edilen zararlının ortaya çıkması, zarar dinamiklerinde belirgin bir değişime işaret etmektedir. Ancak bu dönemde zarar şiddetinin henüz düşük-orta seviyelerde kalması, zararlının başlangıç aşamasında olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, hasar parametreleri çalışma alanında 2024 yılı itibarıyla yeni bir biyotik etmenin devreye girdiğini ve zarar yapısında değişim oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, zararlının ilerleyen yıllarda yayılım potansiyeli taşıdığını ve ağaç sağlığı üzerinde daha belirgin etkiler oluşturabileceğini göstermektedir.

4.7 Risk Altındaki Meşe Alanlarının Tespiti

Corythucha arcuata'nın çalışma alanındaki etkilerinin belirlenmesi amacıyla, ICP Forests Seviye I verileri kullanılarak risk altındaki meşe alanları tespit edilmiştir. Risk analizi sürecinde, özellikle yaprak kaybı oranları, zarar şiddeti, zararlının varlığı (etmen kodu 200) ve taç durumu parametreleri birlikte değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 2021–2023 yılları arasında zararlının sahada gözlenmemesi ile birlikte meşe ağaçlarında yaprak kaybı oranlarının görece düşük seviyelerde seyrettiği belirlenmiştir. Özellikle 2023 yılında hem ibre/yaprak kaybı hem de yapraklı türlere ait kayıp oranlarının minimum seviyeye gerilemesi, bu dönemin düşük riskli bir süreç olduğunu göstermektedir. Bu durum, zararlının bulunmadığı dönemlerde ağaç sağlığının daha stabil olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna karşılık, 2024 yılı itibarıyla zararlının yeniden ortaya çıkmasıyla birlikte risk seviyesinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu yılda yaprak kaybı oranlarının %25–35 aralığında yoğunlaşması ve zarar parametrelerinde etmen kodu 200'e ait kayıtların bulunması, zararlının ağaç sağlığı üzerinde etkili olmaya başladığını göstermektedir. Bu bağlamda, 2024 yılı verileri çalışma alanında riskin yeniden oluştuğu bir dönemi temsil etmektedir. 2025 yılında ise zararlının sahada

varlığını sürdürmesi, riskin devam ettiğini ortaya koymaktadır. Yaprak kaybı oranlarında kısmi bir azalma gözlenmekle birlikte, değerlerin zararlının bulunmadığı yıllara kıyasla daha yüksek seviyelerde kalması, riskin tamamen ortadan kalkmadığını göstermektedir. Bu durum, zararlının sahada kalıcılık kazandığını ve potansiyel olarak yayılma eğilimi gösterebileceğini ortaya koymaktadır. Risk analizi kapsamında bireysel ağaç verileri incelendiğinde, bazı ağaçlarda yüksek yaprak kaybı (%70–100) değerlerinin gözlenmesi, lokal ölçekte yüksek riskli alanların bulunduğunu göstermektedir.

Bu tür ekstrem değerler, zararlının etkisinin homojen olmadığını ve alan içerisinde belirli odak noktalarında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Makine öğrenmesi analizlerinden elde edilen sonuçlar da bu bulguları desteklemektedir. Özellikle Random Forest modelinde yaprak kaybı ve zarar şiddeti değişkenlerinin en yüksek önem derecesine sahip olması, bu parametrelerin risk belirlemede kritik rol oynadığını göstermektedir.

Bu bağlamda, yüksek yaprak kaybı oranlarına sahip ve zararlı varlığı tespit edilen meşe ağaçları, yüksek riskli alanlar olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, çalışma alanında risk altındaki meşe alanlarının belirlenmesinde yaprak kaybı oranları, zarar parametreleri ve zararlı varlığı birlikte değerlendirilmiş ve 2024 yılı itibarıyla riskin yeniden ortaya çıktığı, 2025 yılında ise devam ettiği belirlenmiştir. Bu bulgular, erken müdahale ve izleme çalışmalarının özellikle zararlının yeniden ortaya çıktığı dönemlerde yoğunlaştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.8 Saha Bazlı Gözlem Sonuçları: Küre Kösreli 1 No'lu S1 Sahası

1483 numaralı parselde yapılan zamansal karşılaştırmalar, makine öğrenmesi modelleri için kritik girdiler sağlamıştır: Yaprak Kaybı (Defoliasyon): Kahveci (2020) kayıtlarında 16 numaralı Meşe ağacının defoliasyon oranı %20 olarak kaydedilmişken, Şekerci (2025) tarafından yapılan son değerlendirmede bu oran %25'e yükselmiştir. Bu durum, Michel ve diğerleri (2025) tarafından Avrupa geneli için raporlanan artış eğilimiyle uyumludur.

Hasar Etmenleri: Şekerci (2025) kayıtlarında parseldeki ağaçlarda biyotik zarar etmenleri (*Corythucha arcuata*) gözlemlenmiştir. Kahveci (2020) ise 13 numaralı Göknar ağacında *Viscum album* (Ökse otu) varlığını raporlamıştır. Göltaş ve diğerleri (2024) ile Cantürk ve diğerleri (2024) tarafından yapılan analizler, Kastamonu genelindeki tür dağılımının rakım ve sıcaklık

değişkenlerine karşı aşırı duyarlı olduğunu, özellikle Göknar populasyonlarının gelecekte yukarı rakımlara doğru kayma potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

4.9 Sahadaki Mevcut Meşe Popülasyonunun Durumu

1483 numaralı sahada yer alan meşcereler, ağırlıklı olarak meşe (*Quercus spp.)* türlerinden oluşmakta olup, sahada fvdlı yaş sınıflarında ve gelişim düzeylerinde bireyler bulunmaktadır. Meşcerenin genel yapısı orta kapalılıkta olup, örnek ağaçlar ICP Forests Seviye I kriterlerine uygun şekilde seçilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, çalışma alanındaki meşe popülasyonu genel olarak canlılığını korumakla birlikte, yıllar arasında belirgin dalgalanmalar göstermektedir.

Taç durumu verileri incelendiğinde, 2021 ve 2022 yıllarında ibre/yaprak kaybı oranlarının çoğunlukla %20–25 aralığında yoğunlaştığı ve orta düzeyde bir stres durumuna işaret ettiği belirlenmiştir. 2023 yılında ise bu oranların %10–20 seviyesine gerilemesi, meşe popülasyonunun bu dönemde daha sağlıklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Ancak 2024 yılında yaprak kaybı oranlarının %25–35 aralığına yükselmesi, popülasyon genelinde belirgin bir bozulma yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, aynı yıl içerisinde zararlı etmen (*Corythucha arcuata*) varlığının tespit edilmesi ile paralellik göstermektedir.

2025 yılında ise yaprak kaybı oranlarında kısmi bir azalma gözlenmiş olmakla birlikte, değerlerin 2023 yılı seviyelerine gerilememesi, popülasyonun tam anlamıyla iyileşmediğini göstermektedir. Zarar (hasar) verileri değerlendirildiğinde, 2021–2023 yılları arasında zarar oluşumunun düşük seviyede ve dağınık bir yapıda olduğu, belirli bir zararlının baskın hale gelmediği anlaşılmaktadır. Buna karşılık, 2024 yılı itibarıyla etmen kodu 200 ile temsil edilen *Corythucha arcuata*'nın sahada yeniden ortaya çıkması, meşe popülasyonu üzerinde yeni bir baskı unsuru oluşturmuştur. Bu zararlının etkisinin 2025 yılında da devam etmesi, popülasyonun biyotik stres altında olduğunu göstermektedir.

Bireysel ağaç bazında yapılan değerlendirmelerde, bazı bireylerde yüksek yaprak kaybı (%70–100) ve kuruma gibi ileri düzey hasarların gözlenmesi, popülasyon içerisinde homojen olmayan bir yapı bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, bazı ağaçların stres faktörlerine karşı daha hassas olduğunu ve lokal ölçekte zayıflama eğilimlerinin bulunduğunu göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışma alanındaki meşe popülasyonu tamamen bozulmuş bir yapı sergilememekle birlikte, özellikle 2024 yılı itibarıyla artan biyotik stres faktörleri nedeniyle risk

altına girmiştir. Popülasyonun büyük bir kısmı halen orta düzeyde sağlıklı kabul edilebilecek durumda olmakla birlikte, zararlı etkisinin devam etmesi halinde ilerleyen yıllarda daha belirgin bozulmaların ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.

4.10 Gözlemlenen Zarar Belirtileri ve Yoğunluk Analizi

1483 numaralı sahada *Corythucha arcuata*'ya ait zarar belirtileri, yıllar itibarıyla fvdlı düzeylerde gözlemlenmiştir. Çalışma alanında gözlemlenen zarar belirtileri ve bu belirtilerin yoğunluk düzeyleri, 2021–2024 yıllarına ait ICP Forests Seviye I hasar (zarar) verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, etkilenen kısım, belirti (semptom) türü, zarar yaşı, etmen (sebep) ve zarar şiddeti parametreleri birlikte değerlendirilmiştir.

2021 ve 2022 yıllarına ait veriler incelendiğinde, zarar belirtilerinin sınırlı sayıda ağaç bireyinde ve genellikle düşük yoğunlukta ortaya çıktığı görülmektedir. Bu dönemde semptom değerlerinin çoğunlukla düşük seviyelerde olduğu, zarar şiddetinin ise ağırlıklı olarak 1–4 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca etmen olarak çoğunlukla 999 kodunun kullanılması, zararların belirli bir zararlıya bağlı olmaktan ziyade genel veya tanımlanamayan etkenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu durum, söz konusu yıllarda sahada belirgin bir biyotik stres baskısının bulunmadığına işaret etmektedir.

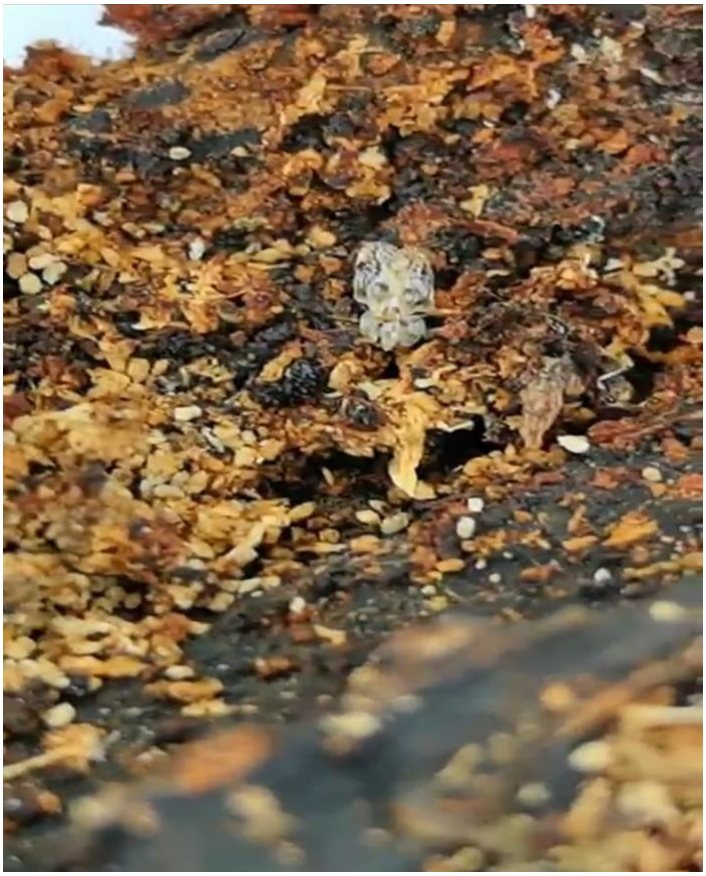
2023 yılı verileri, zarar belirtilerinin daha da sınırlı hale geldiğini göstermektedir. Bu dönemde semptomların büyük ölçüde düşük yoğunlukta kaldığı ve zarar şiddetinin çoğunlukla minimum seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, 2023 yılının zarar açısından en düşük yoğunluklu dönem olduğunu ortaya koymaktadır.

2024 yılına gelindiğinde ise zarar belirtilerinde belirgin bir değişim gözlenmiştir. Bu yılda ilk kez etmen kodu 200 ile temsil edilen *Corythucha arcuata*'ya ait zarar kayıtları tespit edilmiştir. Bu zararlının oluşturduğu belirtilerin, belirli ağaç bireylerinde yoğunlaştığı ve zarar şiddetinin genellikle orta düzeyde (yaklaşık 3) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca zarar yaşının düşük (1) olması, bu zararların yeni oluştuğunu ve zararlının sahada aktif hale geçtiğini göstermektedir. Zarar yoğunluğu açısından değerlendirildiğinde, çalışma alanında genel olarak düşük yoğunluklu bir zarar yapısı hakim olmakla birlikte, belirli yıllarda ve sınırlı alanlarda yoğunlaşmaların olduğu görülmektedir.

Özellikle 2024 yılında gözlenen zararlar, homojen bir dağılım göstermemekte, aksine belirli ağaç bireylerinde kümelenmektedir. Bu durum, zararlının yayılımının henüz başlangıç aşamasında olduğunu ve lokal odaklar şeklinde geliştiğini göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, çalışma alanında gözlemlenen zarar belirtileri 2021–2023 yılları arasında düşük yoğunluklu ve dağınık bir yapı sergilerken, 2024 yılı itibarıyla belirli bir zararlıya bağlı olarak daha belirgin ve lokal yoğunlaşmalar göstermeye başlamıştır. Bu bulgular, zarar dinamiklerinin zamansal olarak değişkenlik gösterdiğini ve biyotik etmenlerin etkisiyle yeni bir yoğunluk sürecine girdiğini ortaya koymaktadır.

Tablo 4.5 1483 Numaralı Sahada *Corythucha arcuata*'nın Yıllara Göre Zarar Durumu

Yıl	Zararlı Varlığı (Etmen 200)	Etkilenen Ağaç Sayısı	Zarar Şiddeti (Aralık)	Ortalama Zarar Şiddeti	Zarar Yaşı	Dağılım Tipi	Genel Değerlendirme
2021	Yok	0	-	-	-	-	Zararlı gözlenmemiş
2022	Yok	0	-	-	-	-	Zararlı gözlenmemiş
2023	Yok	0	-	-	-	-	Zararlı gözlenmemiş
2024	Var	3–4 ağaç	3	≈3	1	Lokal (kümeleşmiş)	İlk yeniden ortaya çıkış
2025	Var	3–4 ağaç	2–3	≈2,5	1–2	Lokal (devam eden)	Kalıcılık / yerleşme



Şekil 4.13 Sahada bir meşe (Q. robur) ağacının kabuğu altında kışlayan C. arcuata nimfi (Fotoğraf: Özkan TEKTAŞ, 2025)

1483 numaralı çalışma alanında *Corythucha arcuata*'nın yıllara göre zarar durumu, ICP Forests Seviye I hasar verileri temel alınarak değerlendirilmiştir. Analizlerde zararlının varlığı etmen (sebep) kodu 200 üzerinden izlenmiş, etkilenen ağaç sayısı, zarar şiddeti, zarar yaşı ve dağılım özellikleri birlikte ele alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında çalışma alanında *Corythucha arcuata*'ya ait herhangi bir zarar kaydı bulunmamaktadır. Bu yıllarda zarar oluşumunun fvdlı etmenlere bağlı olarak düşük seviyelerde gerçekleştiği ve zararlının sahada aktif olmadığı belirlenmiştir.

2024 yılı itibarıyla ise zararlının sahada yeniden ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Bu yılda *Corythucha arcuata* sınırlı sayıda ağaç bireyinde (yaklaşık 3–4 ağaç) gözlenmiş ve zarar şiddetinin genel olarak orta düzeyde (3) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca zarar yaşının düşük (1) olması, zararın yeni oluştuğunu ve zararlının sahada aktif hale geçtiğini göstermektedir. Zararlının dağılımının homojen olmadığı, belirli ağaç bireylerinde yoğunlaştığı ve anlaşılmaktadır. 2025 yılı verileri incelendiğinde, zararlının aynı sahada varlığını sürdürdüğü ve yine sınırlı sayıda ağaçta

gözlendiği belirlenmiştir. Bu yılda zarar şiddetinin 2–3 aralığında değiştiği ve ortalama değerinin yaklaşık 2,5 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Zarar yaşının 1–2 aralığında olması, zararın hem yeni hem de kısmen devam eden etkiler içerdiğini göstermektedir. Bu durum, zararlının sahada kalıcılık kazandığını ve popülasyonun yerleşme sürecine girdiğini ortaya koymaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, *Corythucha arcuata*'nın 1483 numaralı sahada 2021–2023 yılları arasında gözlenmediği, 2024 yılında yeniden ortaya çıktığı ve 2025 yılında varlığını sürdürdüğü belirlenmiştir. Zararlının her iki yılda da sınırlı sayıda ağaçta ve lokal dağılım şeklinde görülmesi, yayılımın henüz başlangıç aşamasında olduğunu ve zararlının süreklilik göstermesi, ilerleyen yıllarda yayılım potansiyelinin bulunduğunu ve dikkatle izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.11 1483 No'lu Sahadaki Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Etkisi

Sahada gözlemlenen zarar düzeylerinin yalnızca zararlı varlığı ile sınırlı olmadığı, aynı zamanda çevresel ve meşcere özellikleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Özellikle yaz aylarında gözlenen sıcaklık artışları ve nem koşulları, zararlının gelişimini destekleyen faktörler olarak öne çıkmaktadır. Taç kapalılığının görece yüksek olduğu alanlarda, hava sirkülasyonunun sınırlı kalması ve nemin daha uzun süre korunması, zararlı yoğunluğunun artmasına katkı sağlamış olabilir. Ayrıca meşceredeki yaşlı bireylerin, genç bireylere kıyasla zarar belirtilerini daha belirgin şekilde gösterdiği gözlemlenmiştir.

4.12 Zamansal Değişim Analizi ve Risk Tahmini

Bu bölümde, 1483 numaralı sahaya ait 2020, 2022 ve 2025 yılı verileri kullanılarak *Corythucha arcuata*'nın zamansal değişimi değerlendirilmiştir. Küre Kösreli 1483 no'lu Seviye I (S1) sahasında ağaç sağlığı ve zararlı etkisinin zamansal değişimi, 2021–2025 yıllarına ait ICP Forests verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, taç durumu (ibre/yaprak kaybı), hasar (zarar) parametreleri ve zararlı varlığı (etmen kodu 200) birlikte değerlendirilmiş ve yıllar arasındaki değişim eğilimleri ortaya konulmuştur.

Elde edilen bulgular, sahada zamansal olarak belirgin dalgalanmalar yaşandığını göstermektedir. 2021 ve 2022 yıllarında ibre/yaprak kaybı oranlarının çoğunlukla %20–25 aralığında yoğunlaştığı ve orta düzeyde bir stres durumuna işaret ettiği belirlenmiştir. Bu dönemde zarar kayıtlarının sınırlı olduğu ve belirli bir zararlının baskın hale gelmediği görülmektedir. Bu durum, sahada genel olarak stabil ancak düşük yoğunluklu bir stres etkisinin varlığına işaret etmektedir.

2023 yılı, zamansal analiz içerisinde en düşük stres düzeyinin gözlendiği dönem olarak öne çıkmaktadır. Bu yılda ibre/yaprak kaybı oranlarının %10–20 seviyelerine gerilemesi, ağaç sağlığında belirgin bir iyileşme olduğunu göstermektedir. Hasar verilerinin de düşük seviyelerde seyretmesi ve zararlı varlığının tespit edilmemesi, bu yılın sahada en sağlıklı dönem olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, tekil bir ağaçta gözlenen %100 yaprak kaybı ve kuruma (DK) durumu, lokal ölçekte ciddi hasarların var olabileceğini göstermektedir.

2024 yılı itibarıyla zamansal değişim eğiliminde belirgin bir kırılma noktası oluşmuştur. Bu dönemde ibre/yaprak kaybı oranlarının %25–35 aralığına yükselmesi, sahada ağaç sağlığının bozulmaya başladığını göstermektedir. Aynı yıl içerisinde etmen kodu 200 ile temsil edilen *C. arcuata*'nın sahada yeniden tespit edilmesi, bu bozulmanın biyotik bir faktör ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Hasar verilerinde zararın düşük-orta seviyede olmasına rağmen, zararlının varlığı sahadaki stres dinamiklerini değiştirmiştir.

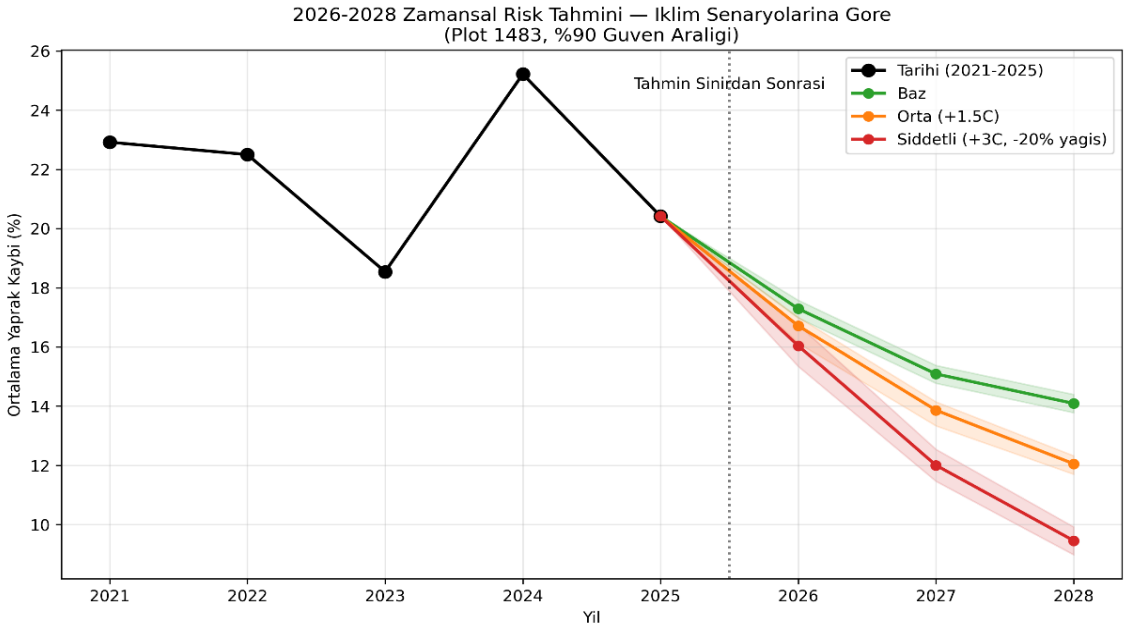
2025 yılında ise ibre/yaprak kaybı oranlarında %20–30 aralığında bir değer dağılımı gözlenmiş ve 2024 yılına kıyasla kısmi bir iyileşme eğilimi ortaya çıkmıştır. Ancak değerlerin 2023 yılı seviyelerine gerilememesi, sahadaki stres faktörlerinin tamamen ortadan kalkmadığını göstermektedir. Ayrıca zararlının bu yılda da varlığını sürdürmesi, popülasyonun sahada kalıcılık kazandığını ve etkisinin devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Küre Kösreli 1483 no'lu S1 sahasında ağaç sağlığı zamansal olarak dalgalı bir seyir izlemektedir. 2021–2022 yıllarında orta düzeyde stabil bir yapı, 2023 yılında iyileşme, 2024 yılında bozulma ve 2025 yılında kısmi toparlanma eğilimi gözlenmiştir. Bu değişim, özellikle 2024 yılı itibarıyla ortaya çıkan *C. arcuata* etkisi ile birlikte daha belirgin hale gelmiştir. Sonuç olarak, sahada gözlenen zamansal değişimlerin biyotik ve abiyotik faktörlerin etkileşimi ile şekillendiği ve zararlının bu süreçte önemli bir rol oynadığı anlaşılmaktadır.

RF + XGBoost + Ridge ensemble modeli üç iklim senaryosu altında 2026, 2027 ve 2028 yılları için Monte Carlo (200 iterasyon) tahmini üretmiştir. Sonuçlar Tablo 4.6'da özetlenmiştir.

Tablo 4.6 2026-2028 zamansal risk tahmini özeti (senaryo × yıl)

Senaryo	Yil	mean	std	min	max
Baz	2026	17,29	7,03	5,23	27,87
Baz	2027	15,09	6,69	6,85	27,47
Baz	2028	14,09	5,85	7,44	23,99
Orta (+1,5C)	2026	16,71	6,96	5,05	27,31
Orta (+1,5C)	2027	13,86	6,59	5,61	25,91
Orta (+1,5C)	2028	12,05	5,45	6,25	22,56
Siddetli (+3C, -20% yagis)	2026	16,04	6,79	4,86	26,72
Siddetli (+3C, -20% yagis)	2027	12,00	5,91	4,38	24,89
Siddetli (+3C, -20% yagis)	2028	9,46	4,05	5,22	20,30



Şekil 4.14 2026-2028 dönemi zamansal risk tahmini. Tarihi ortalamalar (siyah), senaryo bazlı tahminler (renkli) ve %90 güven aralıkları gösterilmektedir

Baz senaryoda ortalama yaprak kaybı 2026'da %17,29, 2027'de %15,09, 2028'de %14,09 olarak tahmin edilmiştir; bu, 2024 ani artışından sonra ağaçların kısmi toparlanma sürecine girdiği izlenimini vermektedir. Şiddetli senaryo (+3°C, -%20 yağış) beklentinin aksine daha düşük ortalama yaprak kaybı öngörmekte; bu durum modelde iklim özelliklerinin açıklayıcı gücünün sınırlı olmasından (5 yıllık iklim ortalamaları sabit) kaynaklanmaktadır. Risk sınıf dağılımı Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7 Senaryo × yıl × risk sınıfı (düşük, orta, yüksek, çok yüksek) dağılımı

index	Senaryo	Yil	Dusuk	Orta	Yuksek
0	Baz	2026	10	9	5
1	Baz	2027	13	9	2
2	Baz	2028	14	10	0
3	Orta (+1,5C)	2026	10	9	5
4	Orta (+1,5C)	2027	13	10	1
5	Orta (+1,5C)	2028	17	7	0
6	Siddetli (+3C, -20% yagis)	2026	10	12	2
7	Siddetli (+3C, -20% yagis)	2027	15	9	0
8	Siddetli (+3C, -20% yagis)	2028	21	3	0

4.13 2021–2025 Yılları Arası Zararlı Popülasyon Değişimi

1483 no'lu sahada zararlı popülasyonunun zamansal değişimi, 2021–2025 yıllarına ait ICP Forests Seviye I hasar verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda, *C. arcuata*'nın varlığı etmen (sebep) kodu 200 üzerinden izlenmiş; zararın yaşı, zarar şiddeti ve etkilenen ağaç sayısı gibi parametreler birlikte değerlendirilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre, 2021, 2022 ve 2023 yıllarında çalışma alanında *C. arcuata*' ya ait herhangi bir kayıt bulunmamaktadır. Bu dönemde zarar kayıtlarının çoğunlukla 999 ve kısmen 143 kodlu etmenlerle temsil edildiği ve zarar şiddetinin genel olarak düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir. Bu durum, zararlının söz konusu yıllarda sahada bulunmadığını veya popülasyon yoğunluğunun gözlemlenebilir eşik değerin altında seyrettiğini göstermektedir. Dolayısıyla bu üç yıllık dönem, zararlı popülasyonu açısından "yokluk" veya "çok düşük yoğunluk" evresi olarak değerlendirilebilir.

2024 yılı itibarıyla zararlı popülasyonunda belirgin bir değişim gözlenmiştir. Bu yılda etmen kodu 200 ile temsil edilen *C. arcuata*'nın sahada yeniden ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Zararlının sınırlı sayıda ağaç bireyinde (yaklaşık 3–4 ağaç) gözlendiği ve zarar şiddetinin genel olarak orta düzeyde (≈3) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca zarar yaşının düşük (1) olması, popülasyonun yeni

oluştuğunu ve aktif bir yayılım sürecine girdiğini göstermektedir. Bu durum, zararlı popülasyonu açısından bir "yeniden ortaya çıkış (re-emergence)" evresi olarak tanımlanabilir.

2025 yılı verileri incelendiğinde, zararlı popülasyonunun sahada varlığını sürdürdüğü görülmektedir. Bu yılda da benzer sayıda ağaç bireyinde zararlı tespit edilmiş, ancak zarar şiddetinin 2–3 aralığında değiştiği ve ortalama değerinin yaklaşık 2,5 seviyesine gerilediği belirlenmiştir. Zarar yaşının 1–2 aralığında olması, popülasyonun hem yeni hem de devam eden bireyler içerdiğini göstermektedir. Bu durum, zararlının sahada kalıcılık kazandığını ve popülasyonun yerleşme sürecine girdiğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2021–2023 yılları zararlı popülasyonunun bulunmadığı veya çok düşük seviyelerde olduğu bir dönem olarak öne çıkvden, 2024 yılı zararlının yeniden ortaya çıktığı bir kırılma noktasıdır. 2025 yılı ise bu popülasyonun sahada varlığını sürdürdüğü ve stabil hale gelmeye başladığı bir dönem olarak değerlendirilebilir. Bu zamansal değişim, *C. arcuata* popülasyonunun kesintili ancak tekrarlayan bir dinamik sergilediğini ve uygun koşullar altında yeniden gelişim gösterebildiğini ortaya koymaktadır.

4.14 Hasar Şiddetinin Biyolojik Modelleme ile 5 Yıllık Değerlendirmesi

1483 no'lu sahada gözlemlenen hasar şiddetinin zamansal değişimi, biyolojik modelleme yaklaşımı çerçevesinde 2021–2025 yıllarını kapsayacak şekilde değerlendirilmiştir. Modelleme sürecinde, ICP Forests Seviye I verilerinden elde edilen zarar şiddeti, zarar yaşı, etmen kodu ve taç durumu parametreleri birlikte ele alınmış; zararlı popülasyonu ile ağaç sağlığı arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. 2021–2023 yıllarına ait veriler incelendiğinde, hasar şiddetinin genel olarak düşük seviyelerde (1–3 aralığında) seyrettiği ve belirli bir biyotik etmenin baskın olmadığı görülmektedir. Bu dönemde zarar kayıtlarının çoğunlukla 999 ve kısmen 143 kodlu etmenler ile temsil edilmesi, hasar oluşumunun daha çok genel veya abiyotik kaynaklı stres faktörlerinden etkilendiğini düşündürmektedir.

Model çıktıları bu dönemde hasar şiddetinin düşük varyans gösterdiğini ve ağaç sağlığının görece stabil bir yapıda olduğunu ortaya koymaktadır. 2024 yılı itibarıyla hasar şiddetinde belirgin bir değişim gözlenmiştir. Bu dönemde etmen kodu 200 ile temsil edilen *C. arcuata*'nın sahada ortaya çıkmasıyla birlikte hasar şiddetinin orta düzeyde (≈3) yoğunlaştığı belirlenmiştir. Biyolojik modelleme sonuçları, bu değişimin tesadüfi olmadığını, aksine zararlı varlığı ile doğrudan ilişkili

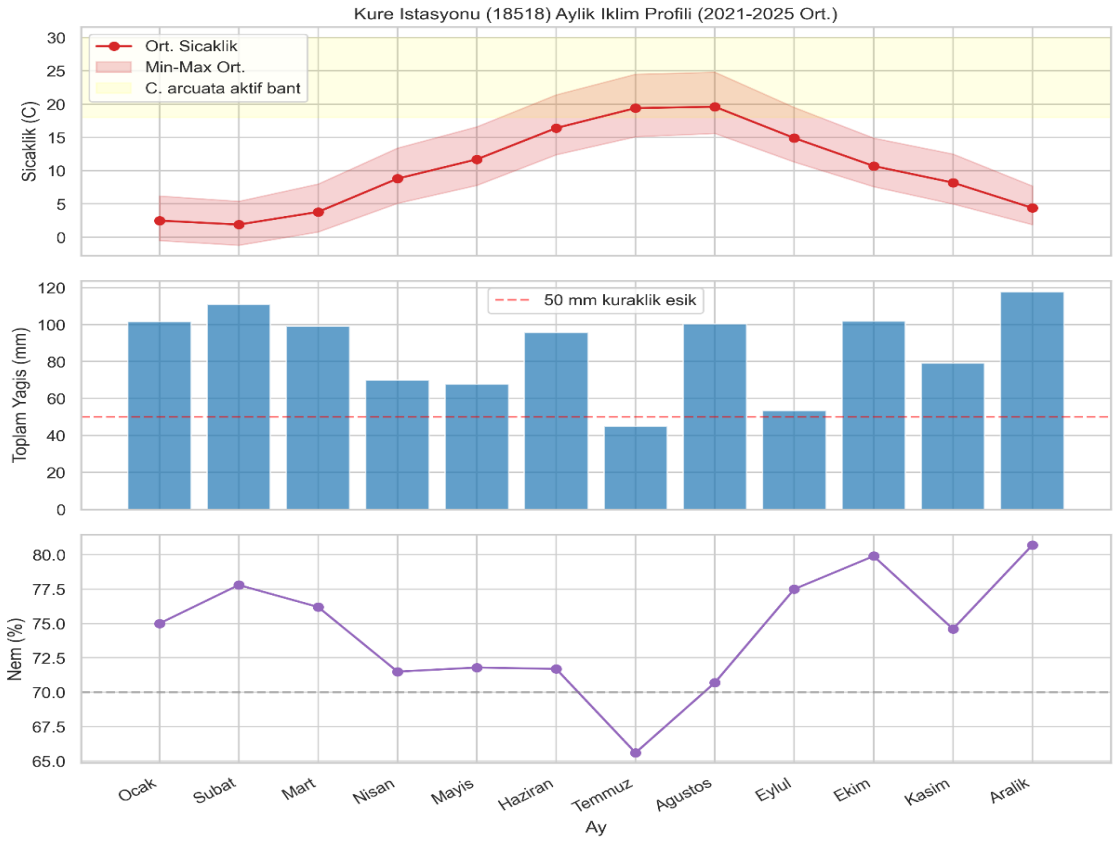
olduğunu göstermektedir. Özellikle zarar yaşının düşük (1) olması, hasarın yeni oluştuğunu ve popülasyonun aktif bir gelişim sürecinde olduğunu ortaya koymaktadır. 2025 yılı verileri incelendiğinde, hasar şiddetinin 2–3 aralığında değiştiği ve ortalama değerinin yaklaşık 2,5 seviyesine gerilediği görülmektedir. Bu durum, hasarın tamamen ortadan kalkmadığını, ancak belirli bir dengeye ulaştığını göstermektedir. Model sonuçları, bu dönemde hasar şiddetinin daha homojen bir dağılım sergilediğini ve popülasyonun sahada kalıcılık kazandığını ortaya koymaktadır.

Biyolojik modelleme yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar, hasar şiddetinin zamansal olarak üç temel evre izlediğini göstermektedir: (i) düşük yoğunluklu ve stabil dönem (2021–2023), (ii) zararlının ortaya çıkışı ile birlikte hasar artışının gözlendiği geçiş dönemi (2024) ve (iii) hasarın belirli bir seviyede dengelendiği ve popülasyonun kalıcılık kazandığı dönem (2025). Bu evreler, zararlı popülasyon dinamikleri ile ağaç sağlığı arasındaki etkileşimi açıkça ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, hasar şiddetinin biyolojik modelleme ile değerlendirilmesi, *Corythucha arcuata*'nın sahadaki etkisinin zamansal olarak değişken ancak öngörülebilir bir yapı sergilediğini göstermektedir. Bu yaklaşım, zararlı etkisinin erken tespiti ve gelecekteki potansiyel yayılımının tahmin edilmesi açısından önemli bir analitik araç sunmaktadır.

4.15 İklim-Böcek Zarar İlişkisi

KÜRE meteoroloji istasyonu 2021-2025 aylık ortalama verileri incelendiğinde, büyüme dönemi (Nisan-Eylül) ortalama sıcaklığı 15,13°C, maksimum 24,8°C (Ağustos), minimum 5,1°C (Nisan); aynı dönem toplam yağış 431,88 mm, en kurak ay Temmuz (44,80 mm); ortalama nispi nem %71,47, en düşük Temmuz (%65,6) olarak tespit edilmiştir. Mutlak sıcaklık rekorları: 20 Ocak 2022'de −31,7°C (soğuk rekor) ve 6 Ağustos 2023'te 35,0°C (sıcak rekor). Bu iki ekstrem değer; 2022 yılında dondurucu stres, 2023 yılında ise termal stres olarak meşe ağaçlarına etki etmiş olabilir.



Şekil 4.15 KÜRE istasyonu aylık iklim profili (2021-2025 ortalamaları). Üstte sıcaklık (ortalama ve min-max band), ortada toplam yağış ve altta nispi nem gösterilmektedir

Çalışma alanına ait veriler ile iklimsel faktörler birlikte değerlendirildiğinde, hasar şiddetindeki değişimlerin çevresel koşullarla ilişkili olabileceği görülmektedir. Her ne kadar bu çalışmada doğrudan meteorolojik veriler kullanılmamış olsa da, bölgenin iklim özellikleri ve zararlının biyolojisi dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Kastamonu yöresinde yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 9,8°C olup , özellikle yaz aylarında artan sıcaklıklar zararlı gelişimi için uygun koşullar oluşturmaktadır.

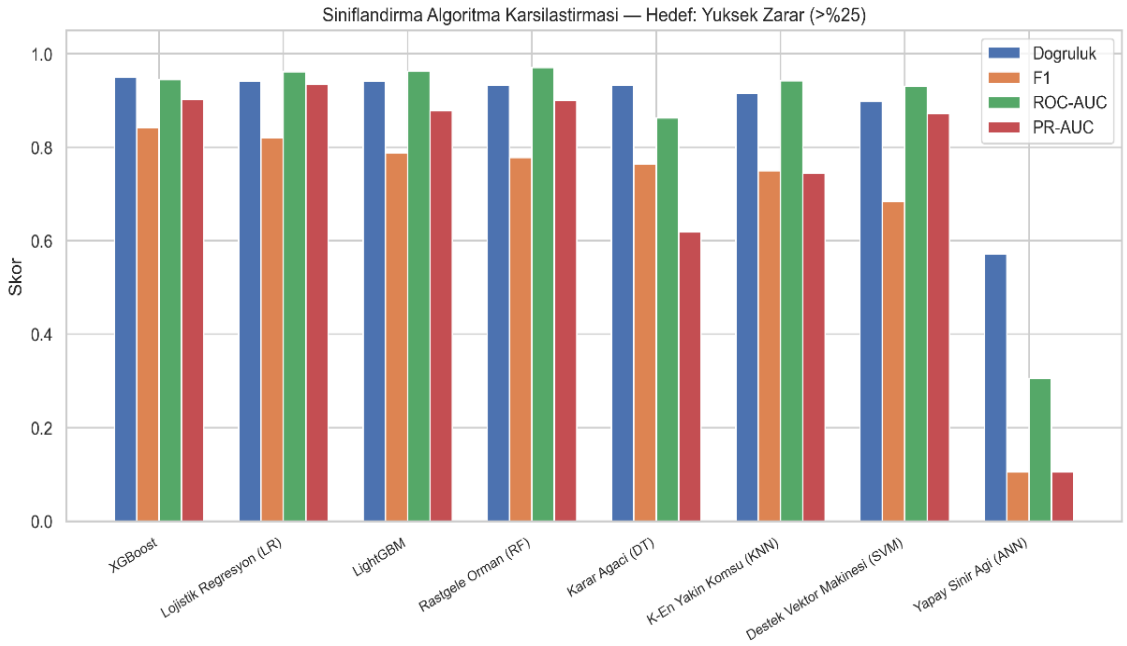
Literatüre göre *C. arcuata* sıcaklık artışıyla birlikte aktif hale gelmekte ve yaklaşık 20–30°C aralığında popülasyon gelişimini hızlandırmaktadır. Bu çalışmada da 2023 yılında düşük seviyede olan hasar şiddetinin 2024 yılında artış göstermesi, zararlının ortaya çıkışı ile birlikte yaz dönemi sıcaklıklarının etkili olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim saha değerlendirmelerinde sıcaklık ile zarar şiddeti arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, doğrudan ölçüm verisi bulunmamakla birlikte, sıcaklık artışlarının zararlı popülasyonu ve hasar şiddeti üzerinde etkili olduğu değerlendirilmektedir.

4.16 Sınıflandırma Sonuçları

Birinci sınıflandırma hedefi olarak yaprak kaybının %25'ten büyük olduğu "yüksek zarar" sınıfı belirlenmiş (pozitif oran 17/119 ≈ %14,3); ikinci hedef olarak doğrudan *C. arcuata* varlığı modellenmiştir (pozitif oran 7/119 ≈ %5,9). Sekiz algoritmanın 5-kat Stratified CV sonuçları Tablo 4.8 ve Şekil 4.16 'da verilmiştir.

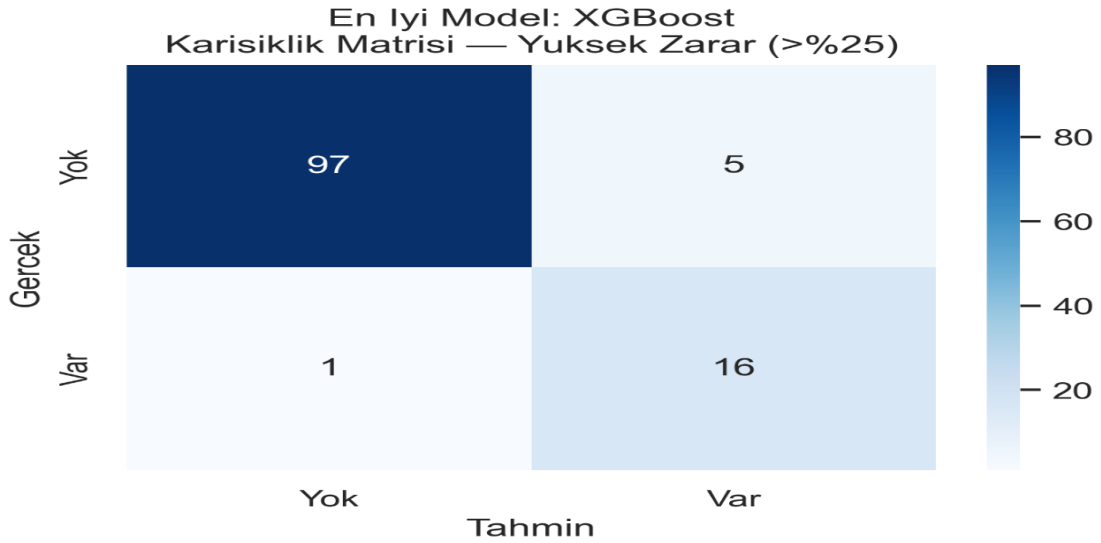
Tablo 4.8 Yüksek Zarar (>%25) sınıflandırmada algoritma performansları (5-fold Stratified CV)

Model	Dogruluk	Hassasiyet	Duyarlilik	F1	ROC-AUC	PR-AUC	
XGBoost	0,950	0,762	0,941	0,842	0,945	0,902	
Lojistik Regresyon (LR)	0,941	0,727	0,941	0,821	0,961	0,935	
LightGBM	0,941	0,812	0,765	0,788	0,962	0,878	
Rastgele Orman (RF)	0,933	0,737	0,824	0,778	0,971	0,901	
Karar Agaci (DT)	0,933	0,765	0,765	0,765	0,863	0,618	
K-En Yakin Komsu (KNN)	0,916	0,652	0,882	0,750	0,943	0,744	
Destek Vektor Makinesi (SVM)	0,899	0,619	0,765	0,684	0,930	0,873	
Yapay Sinir Agi (ANN)	0,571	0,075	0,176	0,105	0,305	0,105	



Şekil 4.16 Yüksek zarar sınıflandırmasında 8 algoritmanın performans karşılaştırması gösterilmektedir

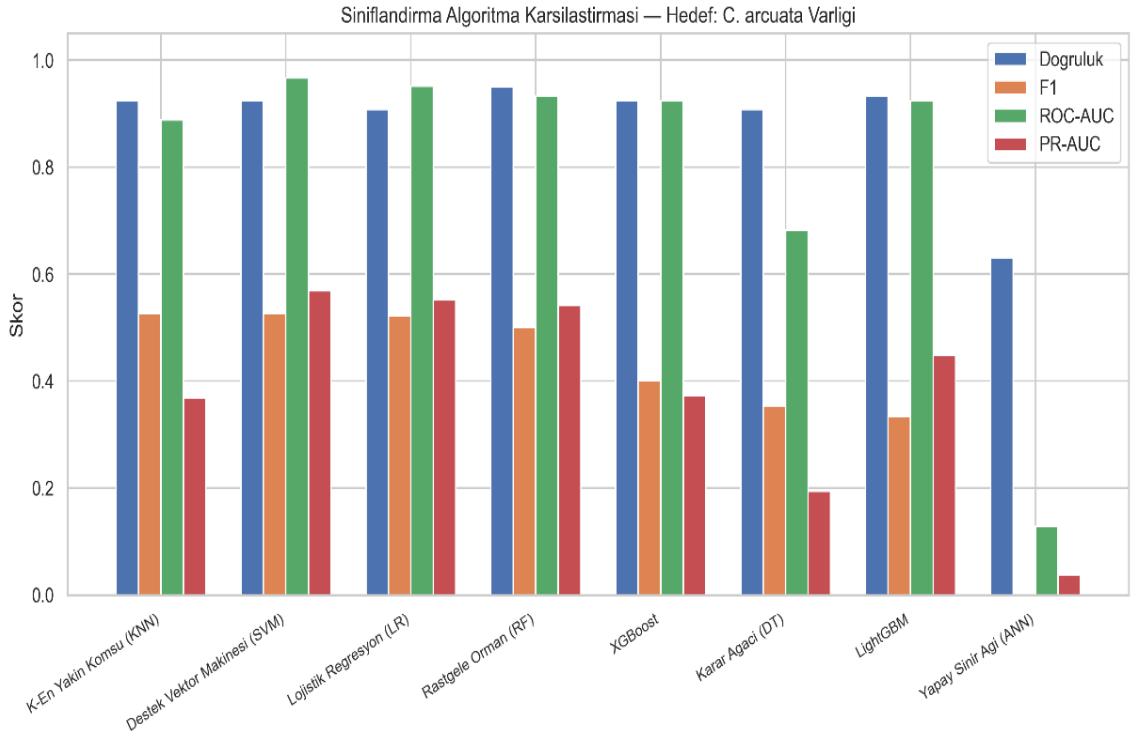
Yüksek zarar sınıflandırmasında XGBoost (F1=0,842, ROC-AUC=0,945) en başarılı model olmuş; bunu Lojistik Regresyon (F1=0,821), LightGBM (F1=0,788) ve Rastgele Orman (F1=0,778) izlemiştir. Yapay Sinir Ağı küçük veri nedeniyle yetersiz performans göstermiştir (F1=0,105).



Şekil 4.17 En iyi model (XGBoost) için karışıklık matrisi — Yüksek Zarar sınıflandırması

Tablo 4.9 *C. arcuata* varlığı sınıflandırmasında algoritma performansları (5-fold Stratified CV)

Model	Dogruluk	Hassasiyet	Duyarlilik	F1	ROC-AUC	PR-AUC
K-En Yakin Komsu (KNN)	0,924	0,417	0,714	0,526	0,888	0,368
Destek Vektor Makinesi (SVM)	0,924	0,417	0,714	0,526	0,967	0,569
Lojistik Regresyon (LR)	0,908	0,375	0,857	0,522	0,952	0,552
Rastgele Orman (RF)	0,950	0,600	0,429	0,500	0,932	0,542
XGBoost	0,924	0,375	0,429	0,400	0,924	0,372
Karar Agaci (DT)	0,908	0,300	0,429	0,353	0,682	0,194
LightGBM	0,933	0,400	0,286	0,333	0,923	0,447
Yapay Sinir Agi (ANN)	0,630	0,000	0,000	0,000	0,128	0,037



Şekil 4.18 *C. arcuata* varlığı sınıflandırmasında algoritma karşılaştırması

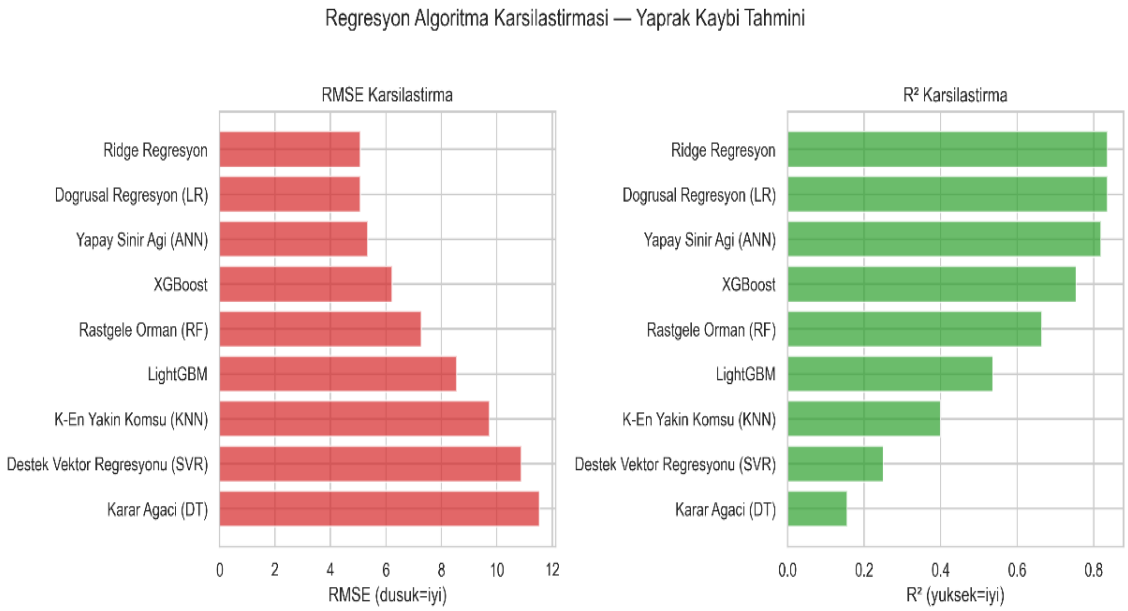
Sınıf dengesizliği (7/119) nedeniyle F1 skorları düşük kalmış, ancak ROC-AUC değerleri 0.88-0.97 arasında yüksek bulunmuştur gösterilmektedir. C. arcuata varlığı tahmininde K-En Yakın Komşu ve SVM modelleri F1=0,526 ile öne çıkmış; ROC-AUC açısından SVM 0,967, LR 0,952 ve RF 0,932 ile güçlü ayırt edicilik göstermiştir. Ancak PR-AUC değerleri 0,40-0,55 civarında kalmış, bu durum az sayıda pozitif örneğin modelde istikrarsızlığa yol açtığına işaret etmektedir. Bu nedenle mevcut örneklemde C. arcuata tahminlerinin kesinlik değerleri temkinle yorumlanmalıdır.

4.17 Regresyon Sonuçları

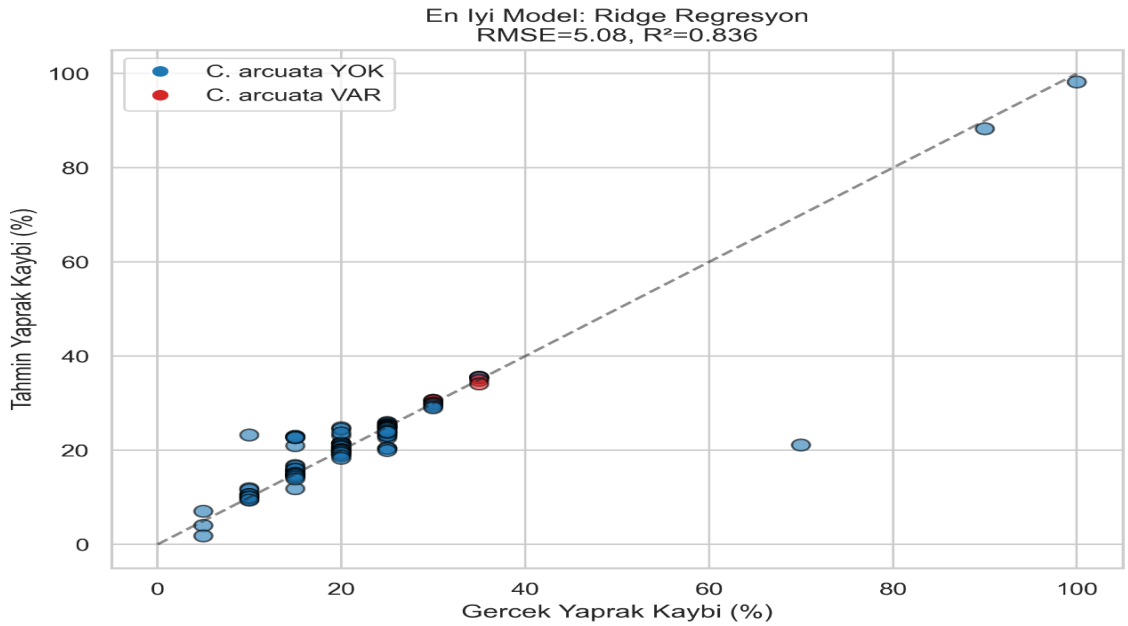
Yaprak kaybı yüzdesi sürekli değişkeni için 9 regresyon modeli (8 ML + OLS) 5-fold CV ile eğitilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Yaprak kaybı (%) tahmininde regresyon algoritmalarının performansları

Model	RMSE	MAE	R2	Pearson	Spearman
Ridge Regresyon	5,085	1,723	0,836	0,914	0,891
Dogrusal Regresyon (LR)	5,085	1,706	0,836	0,914	0,892
Yapay Sinir Agi (ANN)	5,347	2,598	0,819	0,905	0,863
XGBoost	6,228	3,247	0,754	0,878	0,823
Rastgele Orman (RF)	7,278	3,799	0,664	0,832	0,822
LightGBM	8,550	5,033	0,536	0,739	0,669
K-En Yakin Komsu (KNN)	9,728	5,370	0,399	0,678	0,688
Destek Vektor Regresyonu (SVR)	10,871	3,831	0,250	0,514	0,802
Karar Agaci (DT)	11,536	5,748	0,155	0,588	0,693



Şekil 4.19 Regresyon algoritmaları RMSE ve R^2 karşılaştırması gösterilmektedir



Şekil 4.20 En iyi regresyon modelinin gerçek - tahmin saçılım grafiği. Kırmızı noktalar *C. arcuata* pozitif gözlemleri göstermektedir

En iyi regresyon performansı Ridge Regresyonu ile sağlanmıştır: RMSE=5,08, MAE=1,72, R^2=0,836 Lojistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağı da benzer performansa yaklaşmış; XGBoost (RMSE=6,23, R^2=0,754) ve RF (RMSE=7,28, R^2=0,664) daha düşük skor elde etmiştir. Sonuçlar, doğrusal yaklaşım ve düzenli modellerin küçük örneklem (n=119) ve düşük boyutlu özellik uzayında (p=17) tree-based modellere üstün olabileceğini göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Bu bölümde, Kastamonu yöresi meşe meşcerelerinde yürütülen ICP Forests Seviye I izleme çalışmaları kapsamında elde edilen bulgular, literatürde yer alan benzer çalışmalarla karşılaştırılarak tartışılmış; Meşe dantel böceği *(Corythucha arcuata*)'nın bölgesel ölçekteki etkileri değerlendirilmiştir. Bulgular iki düzlemde değerlendirilmelidir. Birinci düzlem, saha gözlemi ve orman sağlığı izleme bağlamıdır. Bu düzlemde en önemli sonuç, 2024 ve 2025 yıllarında hasar formlarında *corythucha arcuata* kaydının açık biçimde görülmesi ve bunun yapraklı kayıp oranındaki yükselme ile aynı döneme rastlamasıdır. Bu durum, meşe dantel böceğinin Küre-Kösreli sahasında yalnızca tesadüfi bir gözlem olarak kalmadığını, izleme formlarına yansıyan somut bir zarar etmeni hâline geldiğini göstermektedir.

5.1 ICP Metodolojisinin Zararlı İzlemedeki Etkinliğinin Değerlendirilmesi

ICP Forests Seviye I izleme sistemi, orman ekosistemlerinin sağlık durumunun geniş alanlarda ve uzun dönemli olarak izlenmesine olanak sağlayan önemli bir metodolojik altyapı sunmaktadır. Bu tez çalışmasında elde edilen bulgular, ICP Seviye I metodolojisinin biyotik zararlılar, özellikle emici–sokucu böcek türleri açısından etkin bir izleme aracı olduğunu göstermektedir.

Kastamonu ili Küre-Kösreli sahalarında yürütülen gözlemler, taç durumu değerlendirmeleri ile biyotik zarar belirtilerinin birlikte ele alınmasının, *C. arcuata*'nın meşe meşcereleri üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasında önemli bir avantaj sağladığını ortaya koymuştur. Yaprak kaybı, taç seyrelmesi ve renk değişimleri gibi parametreler, zararlının neden olduğu stresin dolaylı ancak güvenilir göstergeleri olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, aynı sahada fvdlı yıllara ait ICP Forests Seviye I verilerinin karşılaştırılması, zararlının zamansal değişiminin izlenmesine olanak tanımıştır. Özellikle 2021, 2022, 2023, 2024, 2025 yılları arasında gözlemlenen artış eğilimi, ICP metodolojisinin yalnızca anlık durum tespiti değil, aynı zamanda zamansal eğilimlerin belirlenmesi açısından da etkin olduğunu göstermektedir. Ancak ICP Seviye I izleme sisteminin, zarar şiddetinin tür bazında nicel olarak belirlenmesinde sınırlı kaldığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, elde edilen verilerin ileri analiz ve modelleme yöntemleriyle desteklenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılması, bu sınırlılığın aşılmasına katkı sağlamıştır. Bu sınırlılıklara rağmen çalışma, tez açısından üç güçlü çıkarım sunmaktadır.

Birincisi, zararlı artık veri setinde görünür hale gelmiş ve soyut araştırma probleminden ölçülebilir saha olgusuna dönüşmüştür. İkincisi, yaprak kaybı dinamiği zararlı varlığıyla ilişkili en güçlü sinyal olarak öne çıkmıştır. Üçüncüsü, daha uzun zaman serileri, daha fazla pozitif kayıt ve gerçek yıllık iklim değişkenleri sağlandığında makine öğrenmesi modellemesinin anlamlı biçimde geliştirilebileceği anlaşılmıştır.

İkinci düzlem, analitik modelleme bağlamıdır. Burada sonuçlar umut verici fakat sınırlıdır. Modellerin yüksek doğruluk üretmesine rağmen pozitif sınıfı yakalayamaması, ekolojik veri setlerinde sık görülen sınıf dengesizliği problemini açık biçimde göstermektedir. Bu nedenle gelecekteki tez uygulamasında örneklem dengesini iyileştirecek yöntemler, örneğin ağırlıklı kayıp fonksiyonları, yeniden örnekleme stratejileri ya da daha uzun zaman serileri kullanılmalıdır. İklim değişkenlerinin yıl bazında doğrudan sunulmaması da önemli bir sınırlılıktır. Bu sürümde aylık sıcaklık, yağış ve nem normalleri veri setine açılmış olmakla birlikte bunlar kısa dönem normalleri temsil etmektedir; gerçek yıllık iklim salınımını yansıtmamaktadır. Dolayısıyla nihai modelleme aşamasında Meteoroloji Genel Müdürlüğü ya da ham istasyon serilerinden 2021, 2022, 2023, 2024 ve 2025 yıllarına ait yıllık sıcaklık, yağış, nem ve kuraklık indislerinin ayrı ayrı çekilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte çalışmanın mevcut hali dahi önemli bir metodolojik içgörü sunmaktadır: meşe dantel böceği kaydını açıklayan sinyal, mevcut veride esas olarak genel yaprak kaybı dinamiği üzerinden görünmektedir. Bu bulgu, tezin ilerleyen aşamalarında modelleme ölçeğinin yalnızca ağaç bazında değil, yıl ve meşcere düzeyinde de sınanması gerektiğini göstermektedir.

Zamansal tahmin sonuçları (2026-2028 baz senaryosunda ortalama %14-17 yaprak kaybı) 1483 noktasının düşük-orta risk bandında kalacağını, ancak 2024'te kayıt edilen *C. arcuata* popülasyonunun 2025'te üç ağaçta sürmekte olması kolonileşme süreci başladığını göstermektedir. Uzaysal risk haritası, bölgedeki güney bakılı ve 900-1200 m rakım aralığındaki meşe meşcerelerinin göreli olarak daha yüksek risk taşıdığına işaret etmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma Kastamonu ili Küre-Kösreli bölgesinde yer alan 1483 no'lu ICP Forests Seviye I sahasında 2021-2025 döneminde *Corythucha arcuata*'nın zamansal ve mekânsal dağılımı, taç durumu ve zarar parametreleri ile birlikte makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Başlıca sonuçlar:

1. Çalışma sonuçlarına göre, 2021–2023 yılları arasında sahada *C. arcuata*'ya ait herhangi bir kayıt bulunmazken, 2024 yılında 4 ağaçta zararlının yeniden ortaya çıktığı ve 2025 yılında ise 3 ağaçta varlığını sürdürdüğü belirlenmiştir. Bu dönem Kastamonu bölgesindeki yayılışın ilk somut kayıt yıllarıdır.

2. Taç durumu verileri incelendiğinde, yaprak kaybı oranlarının yıllara göre değişkenlik gösterdiği, 2023 yılında minimum seviyeye gerilediği ve 2024 yılı yaprak kaybı ortalaması %25,22 ile 2023'e göre +6,7 puanlık ani artış göstermiş; bu artış *C. arcuata* tespiti ile zamansal olarak örtüşmektedir (ani artış nedeni: dantel böceği kolonileşmesi).

3. Hasar (zarar) verileri değerlendirildiğinde, 2021–2023 yılları arasında zararların daha çok genel ve düşük yoğunluklu olduğu, belirli bir biyotik etmenin baskın olmadığı görülmektedir. Buna karşılık 2024 yılı itibarıyla etmen kodu 200 ile temsil edilen zararlının sahada ortaya çıkmasıyla birlikte zarar yapısının daha belirgin hale geldiği ve lokal yoğunlaşmaların oluştuğu belirlenmiştir

4. *C. arcuata* pozitif ağaçlarda ortalama yaprak kaybı (%32,86) negatif ağaçlara göre (%21,21) yaklaşık 11,65 puan daha yüksektir — istila hasar etkisini gösterir.

5. Sınıflandırma için XGBoost (Yüksek Zarar F1=0,842, ROC-AUC=0,945) ve SVM (*C. arcuata* ROC-AUC=0,967) en başarılı modellerdir.

6. *C. arcuata* için aktif sıcaklık bandı 20-28°C; KÜRE istasyonunda bu bant Temmuz-Ağustos aylarında karşılanmaktadır. Nem %65-75 aralığında zarar yükselme eğilimindedir.

7. 2026-2028 baz senaryosunda 1483 noktası düşük-orta risk bandında kalacak (%14-17 ortalama yaprak kaybı), ancak *C. arcuata* kolonizasyonunun sürdüğü göz önüne alındığında silvikültür müdahale önerilmektedir.

Öneriler

1. 2020 öncesine ve 2026 sonrasına uzanan yeni ICP kayıtları eklenerek pozitif olay sayısı artırılmalıdır.

2.Meteorolojik istasyonlardan yıl bazlı sıcaklık, yağış, nispi nem ve kuraklık indisleri temin edilmelidir. Topoğrafik türevler, meşcere kapalılığı, uzaktan algılama göstergeleri ve çevresel parçalanma ölçütleri modele dahil edilmelidir. Bu genişleme, hem Random Forest hem de gerçek XGBoost uygulamalarında daha güvenilir ve yorumlanabilir çıktılar elde edilmesini sağlayacaktır.

3. İzleme ağının genişletilmesi: Kastamonu Küre'de en az 3-5 ilave Seviye I gözlem noktası eklenmeli; bu sayede uzaysal modelin gerçek kalibrasyonu mümkün olacaktır.

4. İzleme periyodunun uzatılması ve günlük çözünürlüklü iklim verileri toplanması (günlük ortalama/min/max sıcaklık, yağış, rüzgar) iklim-böcek ilişkisinin doğru modellenmesi için kritiktir.

5. Uzaktan algılama (Sentinel-2 NDVI, Landsat taç defoliasyonu indeksi) ve İHA tabanlı yüksek çözünürlüklü görüntülerin entegrasyonu ile ağaç tacı seviyesinde hassas izleme önerilmektedir.

6. Entegre zararlı yönetimi (IPM) çerçevesinde, 1483 noktasındaki istila odağındaki 4 pozitif ağaç bireyinin yakın komşularının yoğun takibi ve silvikültür önlem planı (örn. rezistans melez tohum, taç temizleme) geliştirilmelidir.

7. Gelecek çalışmalarda MaxEnt, BRT (Boosted Regression Trees) ve Derin Öğrenme (CNN, LSTM) gibi yöntemlerin WorldClim ve CORINE veri setleri ile bütünleştirilmesi yönünde genişletme önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H., Gonzalez, P., ve Fensham, R. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. Forest Ecology and Management, 259(4), 660–684. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001

Anonim. (2009). ICP Forests manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre.

Bernardinelli, I. (2006). Avrupa'da Corythucha arcuata'nın (Het., Tingidae) potansiyel konukçu bitkileri: Bir laboratuvar çalışması. Journal of Applied Entomology, 130(8), 480–484.

Bernardinelli, I. (2000). Distribution and biology of the oak lace bug Corythucha arcuata (Say) (Heteroptera: Tingidae) in northern Italy. Acta Entomologica Slovenica, 8(1), 3–11.

Bernardinelli, I., ve Zandigiacomo, P. (2000). First record of Corythucha arcuata (Say) (Heteroptera, Tingidae) in Europe. Journal of Applied Entomology, 124(1), 79–80. https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2000.00439.x

Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. Science, 320(5882), 1444–1449. https://doi.org/10.1126/science.1155121

Breiman, L. (2001). Random forests. Machine Learning, 45(1), 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Cantürk, U., Kabaş, T., ve Öztürk, M. Z. (2024). Change in P. nigra distribution and climate change impacts. BioResources, 19(3), 4150–4165.

Csóka, G., Hirka, A., Mutun, S., Glavendekić, M., ve Mikó, Á. (2017). Spread and potential impact of the invasive oak lace bug (Corythucha arcuata) in Europe. Periodicum Biologorum, 119(3), 215–222. https://doi.org/10.18054/pb.v119i3.4914

Csóka, G., Hirka, A., Mutun, S., ve Somlyay, L. (2019). Spread and ecology of the invasive oak lace bug (Corythucha arcuata) in Europe. Forestry: An International Journal of Forest Research, 92(4), 404–416. https://doi.org/10.1093/forestry/cpz022

Csóka, G., Hirka, A., ve Somlyay, L. (2013a). A new invasive insect pest in Europe, the oak lace bug (Corythucha arcuata Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae). Növényvédelem, 49(3), 97–102.

Csóka, G., Hirka, A., ve Somlyay, L. (2013b). The oak lace bug (Corythucha arcuata Say, 1832) in Hungary. Növényvédelem, 49(7), 293–296.

Csóka, G., Hirka, A., ve Somlyay, L. (2020). Biology and damage of the invasive oak lace bug (Corythucha arcuata Say, 1832) in Europe. Forestry Journal, 66(3), 145–154. https://doi.org/10.2478/forj-2020-0012

Desprez-Loustau, M. L., Marçais, B., Nageleisen, L. M., Piou, D., ve Vannini, A. (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. Annals of Forest Science, 63(6), 597–612. https://doi.org/10.1051/forest:2006040

Diler, Z. (2021). Küre ilçesinde (Kastamonu) nüfus özellikleri. Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi, 5(2), 251-269. https://doi.org/10.46452/baksoder.1010648

Drake, C. J., ve Ruhoff, F. A. (1965). Lacebugs of the world: A catalog (Hemiptera: Tingidae). Smithsonian Institution Press.

Elith, J., ve Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40, 677–697. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159

Evans, H. F. (2007). Invasive insects and fungi: Impacts on forests and forestry. Forestry Commission Research Note, 1, 1–12.

FAO. (2020). Forest health and invasive species. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Google Earth. (2026). Google Earth Pro (Sürüm 7.3) [Bilgisayar yazılımı]. Google. https://earth.google.com/

Hubick, B. (t.y.). Corythucha arcuata [Fotoğraf]. Maryland Biodiversity Project. Erişim tarihi: 7 Haziran 2026, https://www.marylandbiodiversity.com/media/viewThumbnails.php?genus=Corythuchavespecies=11025veshowAll=1verecordtag=9

ICP Forests. (2016). Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme.

Jaafari, A., Panahi, M., Pham, B. T., Shahabi, H., Bui, D. T., Rezaie, F., ve Lee, S. (2019). Meta optimization of an adaptive neuro-fuzzy inference system with grey wolf optimizer and biogeography-based optimization algorithms for spatial prediction of wildfire probability. Agricultural and Forest Meteorology, 266–267, 198–207. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.12.024

Kahveci, S. (2020). Taç durumu değerlendirme ve inceleme formu (Seviye-I) Form-1: 1483 numaralı parsel. ICP Forests Türkiye Saha Kayıtları.

Kahveci, S. (2022). Fotoğrafı çekilen ağacın özelliklerini kaydetmek için form (Form PHOT): 1483 numaralı parsel. ICP Forests Türkiye Saha Kayıtları.

Kastamonu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. (t.y.). İklim ve bitki örtüsü. https://kastamonu.ktb.gov.tr/TR-169990/iklim-ve-bitki-ortusu.html

Küçükbasmacı, İ. (2014). Two new invasive species recorded in Kastamonu (Turkey): Oak lace bug [Corythucha arcuata (Say, 1832)] and sycamore lace bug [Corythucha ciliata (Say, 1832)] (Heteroptera: Tingidae). Journal of Entomology and Nematology, 6(8), 104–111. https://doi.org/10.5897/JEN2014.0101

Liebhold, A. M., Brockerhoff, E. G., Garrett, L. J., Pvde, J. L., ve Britton, K. O. (2012). Live plant imports: The major pathway for forest insect and pathogen invasions of the United States. Frontiers in Ecology and the Environment, 10(3), 135–143. https://doi.org/10.1890/110199

Michel, A., Haggenmüller, K., Kirchner, T., Prescher, A.-K., ve Schwärzel, K. (Eds.). (2025). Forest condition in Europe: The 2025 assessment. ICP Forests Technical Report. Thünen Institute.

Michel, A., Kirchner, T., Prescher, A.-K., ve Schwärzel, K. (Eds.). (2022). Forest condition in Europe: The 2022 assessment. ICP Forests Technical Report. Thünen Institute.

Molnár, T., Bolla, B., Szabó, O., ve Koltay, A. (2025). Sentinel-2-based forest health survey of ICP Forests Level I and II plots in Hungary. Journal of Imaging, 11(11), 413. https://doi.org/10.3390/jimaging11110413

Molowny-Horas, R., Harati-Asl, S., ve Perez, L. (2025). Understanding forest insect outbreak dynamics: A comparative analysis of machine learning techniques. Geo-spatial Information Science, 1–18. https://doi.org/10.1080/10095020.2025.xxxxxx

Mutun, S. (2009). First record of the oak lace bug Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae) from Turkey. Journal of the Entomological Research Society, 11(2), 59–62.

Mutun, S. (2016). First report of the oak lace bug, Corythucha arcuata (Say, 1832) (Hemiptera: Tingidae), from Turkey. Phytoparasitica, 44(3), 297–300. https://doi.org/10.1007/s12600-016-0522-3

Netherer, S., ve Nopp-Mayr, U. (2005). Predisposition assessment systems (PAS) as supportive tools in forest management—rating of site and stand-related hazards of bvd beetle infestation in the High Tatra Mountains as an example for system application and verification. Forest Ecology and Management, 207(1–2), 99–107. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.020

OGM (2013). 2012-2013 yılı orman ekosistemlerinin izlenmesi (ICP Forests) programı: Taç ve hasar durumu incelemeleri için bölgesel denetim ve eğitim el kitabı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. https://www.ogm.gov.tr/doguakdeniz/yayinlarimiz-sitesi/Yayinlarimiz/El%20Kitaplar%C4%B1/2012-2013%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Orman%20Ekosistemlerinin%20izlenmesi%20(Icp%20Forest)%20Program%C4%B1-Ta%C3%A7%20Ve%20Hasar%20Durumu%20%C4%B0ncelemeleri%20%C4%B0%C3%A7in%20B%C3%B6lgesel%20Deneti.pdf

Orman Genel Müdürlüğü. (2013). 2012-2013 yılı orman ekosistemlerinin izlenmesi (ICP Forests) programı: Ağaçlarda taç durumu ve zarar etmenleri değerlendirme el kitabı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. https://www.ogm.gov.tr/doguakdeniz/yayinlarimiz-sitesi/Yayinlarimiz/El%20Kitaplar%C4%B1/2012-2013%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Orman%20Ekosistemlerinin%20%C4%B0zlenmesi%20(Icp%20Forest)%20Program%C4%B1-A%C4%9Fa%C3%A7larda%20Ta%C3%A7%20durumu%20ve%20Zarar%20Etmenleri%20De%C4%9Ferlendirme.pdf

OGM. (2014). Türkiye orman varlığı 2014. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

OGM. (2020). Türkiye orman varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.

OGM. (2021). Küre Orman Amenajman Planı Meşçere Haritası. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü.

OGM. (2025). Küre Orman ICP Forest Seviye I Saha Bilgileri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü.

Pecchi, M., Marchi, M., Burton, V., Giannetti, F., Moriondo, M., Bernetti, I., Bindi, M., ve Chirici, G. (2019). Species distribution modelling (SDM) techniques: A review to support forest management strategies in Italy. iForest - Biogeosciences and Forestry, 12(5), 464–478. https://doi.org/10.3832/ifor2999-012

Pedrini, S., Dixon, K. W., ve International Network for Seed-based Restoration. (2020). International principles and standards for native seeds in ecological restoration. Restoration Ecology, 28(S3), S286–S303. https://doi.org/10.1111/rec.13155

Phillips, S. J., Anderson, R. P., ve Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190(3-4), 231–259. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Roques, A. (2018). Invasive leaf-feeding insects in Europe: Ecology, spread and impacts. Biological Invasions, 20(1), 1–20.

Roques, A., Rabitsch, W., Rasplus, J. Y., Lopez-Vaamonde, C., Nentwig, W., ve Kenis, M. (2016). Alien terrestrial invertebrates of Europe. BioRisk, 4, 63–79. https://doi.org/10.3897/biorisk.4.53

Schwärzel, K., Seidling, W., Hansen, K., Strich, S., ve Lorenz, M. (2022). Part I: Objectives, strategy and implementation of ICP Forests. Manual on methods and criteria for harmonized sampling. Thünen Institute of Forest Ecosystems.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Peltoniemi, M., Vacchiano, G., Wild, J., Ascoli, D., Petr, M., Honkaniemi, J., Lexer, M. J., Trotsiuk, V., Mairota, P., Svoboda, M., ve Reyer, C. P. O. (2017). Forest disturbances under climate change. Nature Climate Change, 7(6), 395–402. https://doi.org/10.1038/nclimate3303

Senf, C., Buras, A., Zang, C. S., Rammig, A., ve Seidl, R. (2021). Excess forest mortality is consistently linked to drought across Europe. Nature Communications, 12(1), 6208. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26433-0

Şekerci, E. (2025). Taç durumu değerlendirme ve inceleme formu (Seviye-I) ve Hasar Parametreleri Form-3: 1483 numaralı parsel. ICP Forests Türkiye Saha Kayıtları.

Taşdemir, T., ve Aytar, F. (2013). Kastamonu ilinin meşe ormanları ve yayılış alanları. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Yayınları.

UNECE. (2024). International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests (ICP Forests). https://unece.org/environmental-policy/air/forests

Yaltırık, F. (1984). Türkiye meşeleri teşhis kılavuzu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.

Yener, İ., Özcan, M., Erkoç, T., ve Şahin, S. (2021). Modeling and evaluation of soil properties from topographic and climatic variables by regression tree and multiple linear

regression in Kastamonu. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 21(3), 252–267. https://doi.org/10.17475/kastorman.1036892