KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ İLİNDEKİ *Rhagium inquisitor* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE)'UN MİTOKONDRİYAL SİTOKROM C OKSİDAZ-I VE MORFOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ

YUNUS EMRE ÇAKMAK

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ İLİNDEKİ *Rhagium inquisitor* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE)' UN MİTOKONDRİYAL SİTOKROM C OKSİDAZ-I VE MORFOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ

YUNUS EMRE ÇAKMAK

Dr.Öğr.Üyesi Fevzi UÇKAN
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Prof. Dr. Çoşkun TEZ
Jüri üyesi, Erciyes Üniv. .....

Doç.Dr. Halim Aytekin ERGÜL
Jüri üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 18.04.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sürecinde, bana özgür çalışma ortamı sağlayan, fikirleri ile çalışmama ışık tutan, gerek teorik gerekse de uygulama anlamında benden bilgi donanımını esirgemeyen ve her zaman desteğini aldığım kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Fevzi UÇKAN'a;

Deney süreçlerimde hem arazi çalışmalarımda hem de uygulama çalışmalarımda emeğini her zaman yanımda hissettiğim, maddi ve manevi destekleri ile bana akademik yolculuğumda destek olan Arş. Gör. Havva Kübra SOYDABAŞ AYOUB'a;

Arazi çalışmalarımda orman alanlarındaki konak bitki türlerinin teşhisinde benden yardımlarını esirgemeyen Dr. Arda ACEMİ'ye;

Filogenetik analizlerde destek olan Dr. Osman İBİŞ ve Prof. Dr. Coşkun TEZ'e

Çalışmayı maddi olarak 2018/054 kodlu proje ile destekleyen Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü'ne

Her zaman yanımda olduklarını bildiğim ve bana bu süreçte verdikleri desteklerden dolayı canım ailme teşekkür ederim.

Nisan-2019 Yunus Emre ÇAKMAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
KISALTMALAR VE SİMGELER vi
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1.GENEL BİLGİLER 3
1.1. *Rhagium inquisitor*'un Genel Özellikleri 3
1.2. *Rhagium inquisitor*'un Sistematikteki Yeri 4
1.2.1.Batı palaearktik rhagium türlerinin teşhis anahtarı 5
1.2.2.Sinonimler 6
1.2.3.Türkiye'deki yayılışı 7
1.2.4.Dünyadaki yayılışı 7
1.3. *Rhagium inquisitor*'un Ekonomik Etkileri 7
1.4. Devletlerarası Ticaretin Biyoçeşitlilik Üzerine Etkileri 7
1.5. Ormanların Ve Orman Ürünlerinin *Rhagium inquisitor*'dan Koruma Yolları 8
1.5.1. Kimyasal maddelerle koruma 9
1.5.2. Biyolojik koruma 9
1.5.3. Böcek ile beslenen kuşlarla koruma 9
1.5.4. Biyoteknik koruma 9
1.5.5. Doğal bileşenlerle koruma 10
1.5.6. Kurutma yöntemi ile koruma 10
1.6. *Rhagium inquisitor*'un Biyoçeşitliliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Morfolojik Karakterler 11
1.6.1. Anten 11
1.6.2. Femur 12
1.6.3. Elitra 13
1.7. *Rhagium inquisitor'un* Biyoçeşitliliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Mitokondrial Sitokrom C Oksidaz -I (COI) Barkod Nükleotid Dizisi 13
1.8. Kocaeli İlinin Coğrafi Özellikleri, İklimi Ve Bitki Örtüsü 14
2. MATARYAL VE METOT 16
2.1. Örnek toplama 16
2.2. Morfolojik Tür Teşhisi 18
2.3. Morfometrik Analizlerde Kullanılan Karakterler 18
2.4. Morfometrik Ölçümler 18
2.5. Morfometrik Verilerin Analizi 18
2.6. Barkod Nükleotid Dizilerinin Eldesi 22
2.6.1. DNA izolasyonu 22
2.6.2. Elde edilen toplam DNA miktarlarının ölçülmesi 23
2.6.3. COI barkod nükleotid dizisinin PZR ile çoğaltılması 23

2.6.4. PZR ürünlerinin agaroz jelde yürütülmesi 23
2.6.5. DNA dizi analizi 24
2.6.6. Kromatogram kontrolü ve hizalama 24
2.6.7. Filogenetik analizler 25
2.6.8. Filogenetik ağaçlar 25
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 27
3.1. Haplotip Analizi Ve Genetik Uzaklık 27
3.2. Filogenetik Ağaçlar 30
3.3. Morfometrik Analizler 33
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 40
KAYNAKLAR 43
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 52
ÖZGEÇMİŞ 53

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kocaeli ilindeki örnekleme yapılan lokasyonların harita üzerindeki dağılımı 16
Şekil 2.2. *Rhagium (Rhagium) inquistor* (Linneus, 1758) görüntüsü 19
Şekil 2.3. Ergin *Rhagium inquisitor*'un morfometrik karakterlerinin şematik diyagramı 20
Şekil 3.1. Hem BOLD örnekleri hem de Kocaeli'deki haplotipler arasındaki ilişkilerin Neighbor-Joining metodu, K2P modeli ile evrimsel ilişkileri 30
Şekil 3.2. ML metodu GTR+G modeli ile 10.000 tekrarla haplotiplerin moleküler filogenetik analizi 31
Şekil 3.3. Bayesian Inference metodu ile haplotiplerin filogenetik analizi 31
Şekil 3.4. Median joining metodu ile haplotip ağı 32

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Kocaeli ilçelerinden toplanan örneklerin lokasyon, cinsyet ve müze kodları 17
Tablo 2.2. Ergin *Rhagium inquisitor*'un bireylerinde ölçülen morfometrik karakterler 21
Tablo 2.3. COI gen bölgesinin çoğaltılmasında kullanılan PZR döngüleri 23
Tablo 3.1. Tüm haplotipler arasındaki mesafe 27
Tablo 3.2. Haplotiplerin lokalitelere Göre Dağılımı 29
Tablo 3.3. Dişi erkek arasındaki değerler 34
Tablo 3.4. Endüstri bölgesi ile orman alanları arasındaki anlamlı farklılık 36
Tablo 3.5. CSA ve CFA iklim tipleri arasındaki fark 37
Tablo 3.6. En yaygın görülen iki haplotip arasındaki fark 38

KISALTMALAR VE SİMGELER

A	: Adenin
µl	: Mikrolitre
BI	: Bayesion Inference
BLAST	: Basic Local Alignment Search Tool
BOLD	: Barcode of Life
C	: Sitozin
℃	: Santigrat derece
$CaCl_2$	: Kalsiyum Klorür
CFA	: Nemli subtropikal iklim
COI veya COX-I	: Sitokrom C Oksidaz 1
CSA	: Yazları sıcak Akdeniz iklimi
DTT	: Ditiyotreitol
EC	: Avrupa Komisyonu, Konsey Direktifi
EL	: Elitra uzunluğu
EPPO	: Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü
Eta	: Toplam mutasyon sayısı
EtBr	: Etidyum Bromür
ETDA	: Ethylenediaminetetraacetic Asit
EW	: Elitra genişliği
FL1	: Flagella 1'inci segment uzunluğu
FL2	: Flagella 2'nci segment uzunluğu
FL3	: Flagella 3'üncü segment uzunluğu
FL4	: Flagella 4'üncü segment uzunluğu
FL5	: Flagella 5'inci segment uzunluğu
FL6	: Flagella 6'nci segment uzunluğu
FL7	: Flagella 7'inci segment uzunluğu
FL8	: Flagella 8'inci segment uzunluğu
FL9	: Flagella 9'uncu segment uzunluğu
FW1	: Flagella 1'inci segment genişliği
FW2	: Flagella 2'nci segment genişliği
FW3	: Flagella 3'üncü segment genişliği
FW4	: Flagella 4'üncü segment genişliği
FW5	: Flagella 5'inci segment genişliği
FW6	: Flagella 6'nci segment genişliği
FW7	: Flagella 7'inci segment genişliği
FW8	: Flagella 8'inci segment genişliği
FW9	: Flagella 9'uncu segment genişliği
g	: gram
G	: Guanin
GTR+G+I	: General Time Reversible G+I
ID	: Dorsal interoküler mesafe

Hd	: Haplotip çeşitliliği
ISPM 15	: Bitki sağlığı önlemleri için uluslararası standart
K2P	: Kimura 2 parameter
MAFFT	: Multiple Alignment with Fast Fourier Transform
ML	: Maximum Likelihood
MsFeL	: Mesofemur uzunluğu
MsFeW	: Mesofemur genişliği
MsTiL	: Mesotibia uzunluğu
MtFeL	: Metafemur uzunluğu
MtFeW	: Metafemur genişliği
MtTiL	: Metatibia uzunluğu
MUSCLE	: Multiple Sequence Alignment
NCBI	: National Center for Biotechnology Information
NJ	: Neighbor Joining
PAW	: Pronotal apikal genişliği
PBW	: Prontal bazal genişliği
PeL	: Anten Pedisel uzunluğu
PeW	: Anten Pedisel genişliği
Pi	: Nükleotid çeşitliliği
PML	: Pronotum orta hat uzunluğu
PrFeL	: Profemur uzunluğu
PrFeW	: Profemur genişliği
PrTiL	: Protiba uzuluğu
PZR	: Polymerase Chain Reaction
Rpm, g	: Santrifüj işleminde dakikadaki devir sayısı
S	: Ayırıcı bölge sayısı
SDS	: Sodyum Dodesil Sülfat
SL	: Anten Skape uzunluğu
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SW	: Anten Skape genişliği
T	: Timin
TAE	: Tris, Glasial Asetik Asit, EDTA
TL	: Toplam uzunluk
UV	: Ultraviyole

KOCAELİ İLİNDEKİ *Rhagium inquisitor* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE)'UN MİTOKONDRİYAL SİTOKROM C OKSİDAZ-I (COI) VE MORFOLOJİK ÇEŞİTLİLİĞİ

ÖZET

Rhagium inquisitor (Coleoptera: Cerambycidae) orman ekosisteminde yaşlı ağaçların kambiyum tabakalarını sindirerek çürüme sürecine katkı sağlarken, keresteler için zararlıdır. Bu türün Kocaeli ilinden toplanmış bireylerinin morfolojik ve COI barkod bölgesine dayalı çeşitliliği incelendi. Genetik analizler BOLD taksonomi arşivinden örneklerle birlikte yapıldı ve nükleotit çeşitliliği, Neigbor-Joining, Maximum Likelihood, Bayesian Inference ağaçlarının topolojileri ve Median-Joining haplotip ağı çıkarıldı. Çeşitlilik gösteren nükleotid sayısı 86, haplotip çeşitliliği 0,874, nükleotid çeşitliliği 0,04220, toplam mutasyon sayısı 92 adet olarak belirlendi. 5 haplogrupun aralarındaki mesafe %2-%10 arasında değişiklik gösterdi. Kocaeli'de mevcut 5 haplotipten 4 tanesinin yerel, bir tanesinin Avrupa soyhattına dahil olduğu ve bu haplotipin Avrupa'da en yaygın haplotip olduğu tespit edildi. Kocaeli örnekleriyle yapılan morfolojik analizler sonucunda karakterlerin boyutu üzerine cinsiyetin bir etkisi olmadığı görüldü. Endüstri bölgesindeki bireylerin 5-9 flagella segmentleri ve femurların çapları doğal orman alanlarında olanlardan daha dardı. İklim tiplerindeki farklılık elitra genişliği üzerinde etki oldu. CSA iklim tipindeki bireylerde elitra ortalama genişliği CFA iklim tipindeki bireylerden daha genişti. Haplotip 11'in gözler arası bölgesi Haplotip 12'ye göre daha dardı. Tüm genetik analizler birlikte değerlendirildiğinde, *R. inquisitor*'un kriptik allopatrik türleşme göstermiş olduğu sonucuna varılabilir. Morfometrik analizler değerlendirildiğinde, Akdeniz ikliminde yaşayan bireylerin, nemli subtropikal iklimde yaşayanlara göre su kaybına karşı daha korunaklı, doğal orman alanlarında yaşayanların endüstri bölgesine göre hareket kabiliyeti daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

Anahtar Kelimeler: COI, Endüstri, İthalat, Kocaeli, *Rhagium inquisitor*.

MITOCHONDRIAL CYTOCHROME C OXIDASE-I (COI) AND MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF *Rhagium inquisitor* (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE) IN KOCAELİ PROVINCE

ABSTRACT

Rhagium inquisitor (Coleoptera: Cerambycidae), which contributes to the process of decay by digesting the cambium layers of old trees in ecosystem, is detrimental to timbers. COI barcode regions and the morphology of *R. inquisitor* collected from Kocaeli were investigated. Genetic analyzes were performed with samples from the BOLD taxonomy archive ve diversity of nucleotides, Neigbor-Joining, Maximum Likelihood, Bayesian Inference topologies and Median-Joining haplotype network were performed. The number of segregating sites was 86, the haplotype diversity was 0.874, the nucleotide diversity was 0.04220, the total number of mutations was 92. The distance between the five haplogroup ranges between 2% and 10%. All haplotypes were native, except H16 which is included in the European lineage and this haplotype was the most common haplotype in Europe. As a result of the morphological analyzes performed within Kocaeli samples, it was seen that sex had no effect on the size of the characters. 5-9 flagella segments and femur diameters of the individuals in the industrial region were narrower than those in the natural forest areas. The average width of elytra of the individuals which live in CSA climate type, was wider than width of elytra of the individuals which live in CFA climate type. Interoculer distance (ID) of H11 was narrower than H12. When all diversity and phylogenetic analyzes are evaluated together, it could be concluded that *R. inquisitor* has cryptic allopathic speciation. By evaluating the morphometric analysis habitat and climate are effective on size of the beetle.

Keywords: COI, Morphometry, Import, Kocaeli, *Rhagium inquisitor.*

GİRİŞ

Türkiye, sahip olduğu konuma ve kıtasal özellikleriyle birçok taksonun kökenini ve buna bağlı olarak jeolojik ve iklimsel değişiklikler sebebiyle etkilenen canlılar için bir refigiumdur (Demirsoy, 2002). Coğrafik konumu, arazi yapısı ve ikliminin elverişliliği Anadolu'yu biyoçeşitlilik açısından önemli bir merkez haline getirmiştir (Demirsoy, 2002; Eker İ., Vural M. ve Aslan S., 2016).

Rhagium inquisitor (siyah kuşaklı teke böceği) Coleoptera takımının Cerambycidae familyasında, Lepturinae altfamilyasına ait bir türdür. Diğer Coleopteran böcekler gibi, bu türe de ormanlarımızda sıklıkla rastlanmaktadır (Grimaldi D. ve Engel M., 2005). *R. inquisitor*'un orman ekosisteminde görevi yaşlı ağaçların kambiyum tabakalarını sindirerek çürümeyi kolaylaştırmaktır (Mamaiev, 1977) ve kabuk zararlılarıyla rekabete girerek, ağaçları korumaktır. Ancak populasyonlarında aşırı artış durumlarında, besin arayışı bireyleri genç ağaçlara yöneltmekte ve bu türü orman zararlısı haline getirebilmektedir (Friedman ve diğ., 2008).

Dengeli rekabet koşullarında, diğer yerel türlerle kendi yaşam ortamlarıda uyum içinde yaşayan türler, doğal ortamlarını dışına çıkarıldıklarında, göç ettikleri yeni alandaki yerli türlerle rekabete girerek istilacı türlere dönüşebilir ve biyolojik çeşitliliği tehdit edebilirler (Holzmueller ve Jose 2011; Hulme, 2009).

Uluslararası biyogüvenliğin sağlanması için EPPO (Avrupa ve Akdeniz Bitki Koruma Örgütü), 2000/29 EC (Avrupa Komisyonu, Konsey Direktifi), ISPM 15 (bitki sağlığı önlemleri için uluslararası standart) gibi yönerge ve uygulamaları düzenleyen organizasyonlar kurulmuştur. Tüm önlemlere ve uygulamalara rağmen, birçok böcek türü endüstriyel odunların, ahşapların ve ahşap ambalaj malzemelerinin içinde gizli seyahat edebilir (Hulme, 2009; Haack ve diğ., 2014).

Çatalca-Kocaeli Yarımadası'nda konumlanmış Kocaeli ili, Avrupa ile Asya kıtası arasında yer almakta ve yüksek uluslararası ticaret hacmine sahiptir. Dünyanın birçok ülkesinden, özellikle Avrupa ve Afrika ülkelerinden endüstriyel odun, kereste

ve ahşap ambalaj malzemeleri 37 liman üzerinden ülkeye giriş yapmaktadır. Bu malzemeler üzerinden orman zararlısı olabilecek türler kıtalar arası yolculuk yapabilmektedir. Örneğin, 2015 ve 2016 yıllarında Kamerun'dan gelen Moraceae:*Milicia regia* (A. Chev.) üzerinde *Phryneta leprosa* (Fabricus, 1775) tespit edilmiştir (Özdikmen ve Atak, 2017). Ahşap malzemelerin bir kısmı Kocaeli'deki kereste depolarında tutulmaktadır. Bu durum potansiyel istilacı zararlıların orman alanlarına girmesini kolaylaştırmaktadır.

Kocaeli-Çatalca yarımadası da iklim özellikleri, coğrafi konumu ve ormanları ile istilacı türler için uygun bir alandır. Barkod nükleotid dizileri, biyogüvenlik gibi (Collins ve diğ., 2012; Wu ve diğ., 2017) resmi ve yasal konularda kullanışlıdır. Mitokondriyal sitokrom C oksidaz-I (COI veya COX-I) geni hayvanlar için birincil borkod bölgesi olarak kabul görmektedir (Hebert ve Ball 2003; Yang ve diğ., 2016; Dincă ve diğ., 2015). Ayrıca COI göç yollarının belirlenmesinde ve filogenetik çalışmalarda da kullanışlıdır (Hurst ve diğ, 2005). Mitokondriyal DNA'nın genomik DNA'dan daha hızlı değişen özellikleri mitokondriyal genleri cins, tür ve popülasyon düzeyinde filogenetik analiz için uygun hale getirir (Simon ve diğ., 1994).

Morfolojik özellikler bir türün yaşam mücadelesindeki gücünü belirleyici olabilmektedir. Antenler üzerlerinde taşıdıkları duyu almaçları sayesinde avcıyı farketme, eş arama, haberleşme, besine yönelme gibi davranışlarını düzenlerken, elitra eşleşme olgunluğunu belirtme, avcıya tehlike sinyalleri verme, kuraklık ve soğuktan korunma, uçma yönünün ve hızının belirlenmesi gibi roller üstlenmiştir (Le ve diğ., 2010; Jolivet, 1998; Linz ve diğ., 2016; Matsumoto ve Irianto, 1998). Bacaklar yürümenin yanı sıra, üzerideki reseptörler sayesinde titreşimi algılama, sırüstü düşmeden sonra tekrar denge sağlama ve doğrulma davranışı gibi hayati rollere sahiptir (Frantsevich, L. 2004; Takanashi ve diğ., 2016; Hill, 2008).

Çalışmamızın amacı, mitokondrial COI gen bölgesi kullanılarak *R. inquisitor'*un kereste ticareti içinde olduğumuz ülkelerden hangisinden veya hangilerinden ülkemize giriş yapmış olabileceğinin belirlenmesi, kriptik türleşmenin araştırılması, yerel haplotiplerin belirlenmesi, eşeysel dimorfizmin büyüklük bakımından olup olmadığının araştırılması ve farklı özelliklere sahip alanlarda yaşayan bireylerin morfolojik karakterilerinde farklılık olup olmadığının belirlenmesidir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. *Rhagium inquisitor*'un Genel Özellikleri

Rhagium inquisitor (Linnaeus, 1758), genel olarak oluklu çam delicisi (ribbed pine borer) olarak adlandırılan, ağaç kabuklarında hızlı hareketleri ile tanınan bir türdür. Yeryüzünde geniş bir dağılıma sahiptir. Avrupa, Kuzey Afrika, Doğu ve Batı Sibirya, Kazakistan, Moğolistan. (Löbl ve Smetana, 2010). Çoğu teke böceklerine benzer şekilde, 11 segmentli filiform anteni vardır. *R. inquisitor*'u diğer üyelerinden ayıran karakterler, antenlerin kısa, dar ve küt oluşu, karın sternitlerinde bir ortanca omurga ve şakakların yapısır (Sama, 2002). Baş ve pronotum gri kıllarla çevrelenmiştir. Pronotumun lateral kenarında keskin birer diken bulunur. Letarel görünümde koksal eklemleri yuvarlak oyuk şeklinde çıkıntıları vardır. Elitranın her iki kısmında boyuna uzanan iki çift siyah çizgili bant bulunur. Anteriorde net görülemezken posterioründe çapraz halde belirgindir. Her elitrada üç dikey oluk vardır. Elitra altında bulunan kanatları güçlüdür. Gözler yuvarlak ya da böbrek şeklindedir. Şakaklar gözlerden daha kısadır. Bacaklarda yoğun kıllanma görülür (Naciye, 2013; Şen ve Hafizoğlu, 2001) (Şekil 2.2).

R. inquisitor polifag bir herbivor olmasına rağmen daha çok, *Pinus sylvestris* (sarıçam) ve *Pinus nigra* (karaçam) gibi iğne yapraklı ağaçları tercih etmektedir. Ayrıca Abies, Picea, Juniperus, Cerdus, Larix gibi koniferlerde ve Fagus, Quercus ve Betula cinslerinde rastlanabilir (Yüksel, 1998).

Orman ekosisteminde bu böceğin rolü, saproksilik beslenme alışkanlıklarının bir sonucu olarak, yaşlı ağaçların floem dokusunu sindirerek çürümelerini kolaylaştırmaktır (Mamaiev, 1977; Sitonen, 1994; Zverlov ve diğ., 2003; Ünal ve Küçük, 2009). *R. inquisitor*, zararlı kabuk böcekleri olan *Tomicus piniperda*, *Hylobius abietis* ve *Ips sexdentatus* ile rekabete girerek, orman zararlılarının baskılanması ve doğal dengenin korunmasına katkı sağlar. Öte yandan, *R. inquisitor* populasyonundaki aşırı artış bireyleri besin arayışına sokarak sağlıklı ağaçlara yönlendirebilir ve türün doğrudan orman zararlısı olmasına yol açabilir (Friedman ve

diğ., 2008). Rhagium türlerinin genelinde çiftleşme benzerlik göstermektedir. Erkek bireyler kur yaparken dişilerin scutellum kısımlarına ağızlarını değdirirler. Bu türün içindeki bazı bireyler antenlerini titretip dişi bireyin antenlerini tutarak çiftleşmeyi sağlarlar. Bazılarında ise erkek dişinin çevresinde dolanarak kur dansı yaparak cezbetmeye çalışır (Michelsen, 1963).

Larvalar kambiyal katmanları içinde galeriler kurar ve erginleşme zamanına kadar pupalar ağaç kabuğu altındaki yuvalarında kalırlar. Erginleşme zamanı iklim koşulları nedeniyle farklı coğrafik bölgeler arasında değişkenlik göstermektedir. Orta Avrupa'da, yaşam döngüsü iki yılda tamamlanmakta ve Temmuz ayında erginleşerek uçmaya başlamaktadır (Zverlov ve diğ., 2003, Schimitschek, 1935). Danimarka'da ise erginleşme Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleşir ve yaşam döngüsü 3 yıla kadar uzayabilir (Zachariassen, 1973, Hansen, 1966). Bu tür hem soğuğa ve kuraklığa karşı dayanıklı oluşu (Foit ve Čermák, 2014; Kristiansen ve diğ., 1999) hem de ağır metallerle kontamine olmuş bölgelerde bile hayatta kalmasıyla ilginç bir yaşam gücü sergiler (Esenin ve Ma, 2000).

1.2. *Rhagium inquisitor*'un Sistematikteki yeri

Alem: Animalia
Şube: Arthropoda
Sınıf: Insecta
Takım: Coleoptera
Alt takım: Polyphaga
Üst familya: Chrysomeloidea (= Cerambycoidea)
Familya: Cerambycidae
Alt familya: Lepturinae
Cins: *Rhagium*
Tür: *Rhagium inquisitor*

1.2.1. Batı palaearktik rhagium türlerinin teşhis anahtarı

Pürüzsüz bir orta çizgili karın sternitleri ve boyunda orta omurga olmadan; antenler daha uzun ve ince ise *R. Bifasciatum* Fabricus.

Orta omurga ile karın sternitleri; antenler kısa ve kalın.

Şakaklar daha kısa (genellikle gözlerden daha kısa), belirgin şişkinlik yok, gözlerinin arkasında benek yoksa *R. inquisitor* (Linnaeus) gruptur.

Şakaklar daha uzun (genellikle gözlere göre daha uzun),belirgin şişmiş, gözlerinin arkası benekli ve tüylü (subgen *Megarhagium).*

Sadece karın kısmının yan tarafındaki 1. ayak bileği bölümü pürüzsüz tüysüz çizgi ile birlikte, şişman türlerinde kalın bacak ve anten, şakaklar açıkça gözlerden daha uzunsa *R. sycophanta* (Schrank).

Karın kısmının yan tarafındaki birinci ve ikinci ayak bileği bölümü pürüzsüz tüysüz çizgi ile birlikte, ince türleri ince bacaklı ve antenli, şakaklar gözlerden büyük değil.

Şakakların beraberinde dışı tüysüz ve mat çizgiler; yoğun renkli görünümlü ve şakaların tüylü kısmıyla kesinlikle zıt; anten siyah *(R. Mordax* grup*).*

Tüysüz mat şerit olmayan şakaklar; ayrıca dışarıdan daha fazla veya daha az benekli; anten kırmızı veya kırmızımsı kahverengi.

Sırt ve elitra renksiz; daha derin ve düzgün benekli ve daha yoğun tüylü *R. mordax* (De Geer).

Sırt ve elitra parlıyor; daha seyrek ve daha az derin benekli ve seyrek tüylü *R. caucasicum* (Reitter).

Bacak kısa; arka bacağın birinci kısmının altı üçgenimsi; 2. Den çok daha uzun, ön disk dışbükey, belirgin biçimde benekli, uzunlamasına ortasında çizgi olmadan.

Bacak daha uzun,1’’arka kısmındaki ayak bileği belirgin biçimde 2.den daha uzun; ön disk dışbükey ve beraberinde uzunlamasına orta çizgisi farklı anten kısa ve kalın; anten kısımları kısa, tespih seklinde, 4. kısım biraz daha uzun genişlikli, elitra seyrek

ve hafifçe benekli, parlayan melanik renk azalmasıyla, her ikisi de Türkiye'nin güneyi *R syriacum* (Pic) ve *R. phrygium (*Daniel).

Antenler ince, beraberinde silindirik kısımlar, 4* en az iki katı uzunluğunda; tüm vücut yoğun ve derinden benekli; elitra siyah, her biri yuvarlak iki sarı nokta bulunur. Kuzey İran'dan *R. iranum* Heller.

Kısımın arka ayak bileği üçgenimsi; anten ve bacaklar kırmızımsı; elitra tüylenme ile dik kılları olmadan daha belirgin, Kafkasya ve Kuzey Türkiye Türler *R. fasciculatum* Faldermann.

Kısmın arka ayak bileği paralel kenarlı, anten kısmen kararmış, kalça ve kavak kemiğinin ucu siyah; elitra daha düzgün tüylü, dik kıl olmadan daha az belirgin benekli, Hazar bölgesindeki türler *R. pygmaeum* Ganglbauer.

1.2.2. Sinonimler

Allorhagium inquisitor (Linnaeus) Kolbe, 1884, *Cerambyx exilis Gmelin*, 1790, *Cerambyx indagator* (Fabricius) Gmelin, 1790, *Cerambyx nubecula* Bergsträsser, 1778, *Harpium inquisitor* (Linnaeus) Reitter, 1912, *Leptura inquisitor* (Linnaeus) Latreille, 1804, *Stencorus inquisitor* (Linnaeus) Lamarck, 1801,*Cerambyx nubecula* Bergstrasser, 1778, *Rhagium minutum* Fabricius, 1787, *Rhagium indagator* Fabricius, 1787, *Rhagium exile* Gmelin, 1790, *Stenocorus linealum* Olivier, 1795, *Rhagium investigator* Mulsant, 1839, *Rhagium fortipes* Reitter, 1898, *Rhagium thoracicum* Casey, 1913, *Rhagium boreale* Casey, 1913, *Rhagium carini venire* Casey, 1913, *Rhagium erassipes* Casey, 1913, *Rhagium montanum* Casey, 1913, *Rhagium mexicanum* Casey, 1913, *Rhagium parvicorne* Casey, 1913, *Rhagium sudeticum* Plavilslshikov, 1915, *Rhagium iberonis* Ericson, 1916, *Rhagium amerieanam* Podany, 1964, *Rhagium canadense* Podany, 1964, *Rhagium quadricostalum* Podany, 1964, *Rhagium nigrum* Podany, 1978 (Şabanoğlu, 2013).

1.2.3. Türkiye'deki yayılışı

Amasya, Antalya, Artvin, Bolu, Bursa, Burdur, Düzce, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, İstanbul, Karabük, Kars, Kastamonu, Kocaeli, Ordu, Rize, Sakarya, Sinop, Trabzon (Şabanoğlu, 2013).

1.2.4. Dünyadaki yayılışı

Almanya, Arnavutluk, Avusturya, Belarus, Belçika, Bosna Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Karadağ, Kazakistan, Letonya, Lihteştayn, Litvanya, Macaristan, Moğolistan, Moldova, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Sibirya, Slovakya, Slovenya, Türkiye, Ukrayna, Yugoslavya, Yunanistan. (Şabanoğlu, 2013).

1.3. *Rhagium inquisitor*'un Ekonomik Etkileri

Rhagium inquisitor türleri ağaçların odunlarını istila etmektedir. Bazıları kendilerine tek konak yeri sağlarken, diğerleri ise daha geniş menzile yayılırlar ve çoğunlukla geniş çeşitliliği olan konaklara saldırırlar. Yeni kesilmiş ve yığılmış keresteler genellikle saldırıya karşı savunmasızdır. Böceklerin neden olduğu hasar büyüklüğü genellikle ağaçların kesilmesinden sonra görülmektedir. Ilgaz dağlarında bulunan dikili ya da çevresel faktörlerle yıkık göknar ağaç topluluklarında *R.inquisitor* varlığı bilinmektedir (Ünal, S., Sıvacıoğlu, A., Ayan, S. ve Öner, N, 2007).

1.4. Devletlerarası Ticaretin Biyoçeşitlilik Üzerine Etkileri

Devletlerarası ticaret 19. yüzyıldan itibaren artmaya başlamış ve günümüzde tarihin en yüksek hacmine ulaşmıştır. Bu durum, böceklerin doğal yayılış alanları dışına taşınmalarını arttırmıştır. İnsan etkisiyle kara parçaları arasında yayılan böcek türlerinin yerel türlerle rekabete girmesi sorun oluşturmaktadır (Gözcelioğlu, 2009). Çünkü yabancı türlerin morfolojik, biyolojik, fizyolojik, genetik özellikleri yeni girdiği çevreye uygunsa, yabancı tür yeni bölgeye hızla adapte olarak baskın hale gelmekte ve yerel türlerin doğal dengesini kendi lehine bozmaktadır (Kenis ve diğ. 2009). Ada ülkeleri karantina önlemlerinin önemini vurgulayarak, bu hızlı yayılmanın önüne geçmeyi hedeflemiş olsalar da, bu süreç yavaş ilerlemektedir.

Bazı ülkelerin yapmış olduğu yetersiz uygulamalar sebebiyle, istilacılardan korunma sorunu giderek büyümektedir (Basham ve Belyea, 1960). İnsan eliyle göçe zorlanan türlerin, bulundukları ortamdan farklı yeni ortama adapte olup olamadığını anlayabilmek için yeni katıldıkları ortamdaki genetik çeşitliliğin değerlendirilmesi gerekmektedir (Roman ve Darling, 2007; Kenis ve diğ., 2009, Sakai ve diğ., 2001). İstilacı türler endemik bitki topluluklarını yok ederek bitki türlerinin sonunu getirebilmektedir. Bir diğer sorun da istilacıların beslendikleri ve yaşamlarını sürdürdükleri ağaç topluluklarını yok ederek, o bölgede farklı bitki örtüsü oluşması, istila ettikleri ağaç türlerinin tohum verimliliğinin azalmasıyla ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmalarıdır. Dışarıdan gelen baskın türler yerel bitki türlerini zarara uğrattığı gibi oradaki fauna için önemli tehdit durumdadır (Reitz ve Trumble, 2002). Bunun engellenmesi için biyolojik yöntemlere başvurularak o bölgedeki yayılmacı türle beslenen avcılar ortama bırakılarak bitkilerin korunması sağlanabilir (Mayra Perez-Sandi, 2001). Öte yandan bitki örtüsündeki değişiklikler, hasara uğrayan bitki üzerinde beslenmekte olan doğal fauna üyesi bireyleri farklı kaynak arayışlarına yöneltmekte ve beslenme ilişkilerinde değişikliğe sebep olarak toleransı düşük türlerin alternatif beslenmeye adapte olamayarak yok olmasına sebep olmaktadır (Roque-Albelo ve diğ., 2003).

Göçmen türlerin mantarlar, akarlar ve diğer omurgasız parazitleri de taşımaları yeni alanda salgın hastalıklara neden olabilmekte hatta bazı türleri yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Devletlerarasındaki ticaret, flora ve faunayı zayıflatarak ekosistemi derinden etkilemektedir (Kenis, M. ve diğ., 2009). Ticaret hacmi yüksek olan Kocaeli ili genetik çeşitliliği ve doğal bitki örtüsü bakımından zengin ve farklı bölgelerden gelebilecek istilacıların saldırısına açık durumdadır. Bu nedenle Kocaeli yerel olmayan türlerin girişinin ve biyoçeşitliliğe olan etkilerinin araştırılmasında Türkiye'deki önemli bir merkez olarak değerlendirilebilir.

1.5. Ormanların Ve Orman Ürünlerinin *Rhagium inquisitor*'dan Koruma Yolları

Orman ürünleri günümüzde yapı malzemesi, dekorasyon ve ev eşyaları vb. amaçlarla etkin olarak kullanılmaktadır. Bu ürünler yeni kesilmiş veya işlenmiş olsalar da böcek türleri tarafından zarara uğramaktadır. Bu sebepten ötürü ahşap malzemelerde

ürünün korunması ve üzerindeki deformasyonları engellemek amacıyla belli koruma önlemleri alınmaya çalışılmaktadır (Karabulut, 2014).

1.5.1. Kimyasal maddelerle koruma

Ağaçları ve ağaç formuna sahip olan yapı malzemeleri koruma yöntemleri arasında en çok kullanılan maddeler kimyasal maddelerdir. Bu maddeler ucuz olup, odunun korunması ve dayanıklılık arttırması yönünden sağlamlık katmaktadır. Kullanılan kimyasallar ucuz olmasının yanı sıra kimyasal bileşenler toprağa, suya ve havaya karışarak çevre kirliliğine neden olarak biyolojik dengeyi bozmaktadır (Şen ve diğ., 2002).

1.5.2. Biyolojik koruma

Zararlı bazı kimyasalların 2007 yılında kullanılmasına yasak getirilerek orman zararlılarıyla biyolojik çeşitliliğin devamlılığının sağlanması ve orman bölgelerinin korunması için biyolojik mücadele kapsamında laboratuvarlarda çoğaltılmış avcı ve parazitoid böcekler kullanılarak istilacıların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda Türkiye genelinde 53 ana laboratuvarda 10.897.076 tane avcı böcek üretilerek ormanlardaki zarar görmüş alanlara bırakılmıştır (Eroğlu, 2015).

1.5.3. Böcek ile beslenen kuşlarla koruma

Bir diğer yöntemde zarar görmüş alanlara bırakılmış olan kuşların varlığıdır. Kuşların bu alanlara yerleşerek çoğalmasıyla birlikte besin kaynağının bir kısmını zarar veren böceklerden sağlamış olmasıdır. Bu sayede bu zararı en aza indirilmesi sağlanmıştır. Hem kuş familasına katkıda bulunarak hem de böcek familyası üzerindeki zarar baskısını dengede tutulması bu sayede gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır (Kayahan ve Karaca, 2015).

1.5.4. Biyoteknik koruma

Böcekler, haberleşme ağını oluşturmak için feromonlar salgılarlar. Bu sebepten ötürü sentetik özellikteki yapay veya doğal feromonlar üretilerek böceklerden korunma yolları oluşturulmuştur. Biyoteknik koruma, doğaya zararlı etkisi bulunmayan ve orman zararlısı böceklerin biyolojik, fizyolojik ve davranış özellikleri üzerinde etkili

olan doğal ya da yapay maddelerin kullanılmasıyla böceklerin çiftleşme, konaklama, beslenme gibi davranışlarını bozarak veya feromon tuzak sitemiyle yakalanması işlemidir (Sarı, 2008).

Bu yöntemle zararlı böceklerden korunma yolu ilk kez 1964 senesinde orman zararlıları üzerinde denenmiş ve insan ve çevre üzerinde belirlenmiş yan etkisi bulunmadığından giderek yaygınlaşmış ve orman korunma alanında bu yöntem önemli bir yer edinmiştir (Serez ve Zümreoğlu, 2001).

1.5.5. Doğal bileşenlerle koruma

Kimyasal maddelerin yerine son zamanlarda kullanılmaya başlanılan ve çevreye herhangi zararı bulunmayan bitkisel ekstraktlar (tanenler) zararlılardan korunmada önemli yer teşkil etmektedir (Bozkurt ve diğ., 1993; Şen ve diğ., 2002). Fenolik bileşenler odunun dayanıklılığını arttırmakta, odunun işlenmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Orman ürünlerinden bir tanesi olan sepi maddesi, yapısındaki tanenlerin insektisit özelliklerinden ötürü odun koruması alanında gündeme getirilmiştir. Türkiye'de Has sepi maddesinin insektisit özellikleri ilk defa doğal zararlı olan *R.inquisitor* larvalarında denenmiştir (Tezcan ve Uzun, 2017).

Bitkilerde tanen miktarı, hem farklı bitkilerde hem de aynı bitkinin kabuk, odun, meyve ve yapraklarında farklı miktarlarda bulunmaktadır. Bu duruma bağlı olarak *R.inquisitor* bulunduğu konakçıdaki tanen etkisi de farklılık göstermektedir (Huş, 1969).

1.5.6. Kurutma yöntemi ile koruma

Bir başka yöntem olan kurutma yöntemi ile ahşap, kereste veya türevlerini ısıl işlemlere tabi tutularak, işlenmesi ve korunmasını sağlamaktır. Ülkeler arası ağaç ürünlerinin veya diğer ürünlerin taşınması için kullanılan ağaç paletlerin, beraberinde mantar ya da böcek zararlılarının, ülkeler arası geçişini engellemek için 56 ℃ de yarım saat muamele edilmesi koşulu konulmuştur. Bu işlemi Avrupa Birliği ülkelerinin aralarındaki ticaretlerde ISPM 15 olarak isimlendirilmektedir. Ülkelerin

içerisinde ya da ülkeler arasında oluşturduklarıpazarlarda ISPM 15 koşullarına uymaları zorunlu hale getirilmiştir (Karabulut, 2014).

1.6. *Rhagium inquisitor'*un Biyoçeşitliliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Morfolojik Karakterler

1.6.1. Anten

Antenlerin çiftleşme, yiyecek arama ve konak arama gibi kritik faaliyetlerde önemli rolleri vardır. Bu faaliyetleri gerçekleştirmek için Coleopteran böceklerden anten üzerinde tipik dağılım ve benzer özellikler gösteren duyu reseptörleri (tekil: sensillum çoğul:sensilla) kullanmaktadırlar (Jourdan ve diğ., 1995; Merivee ve diğ., 1998; Hu ve diğ., 2009; Dai ve Honda, 1990; Crook ve diğ., 2003; Zhang ve diğ., 2011). Çeşitli cerambycidlerin antenlerindeki duyu almaçlarının yapısı, dağılımı, yoğunluğu ve tipleri incelenmiştir (Dyer ve Seabrook, 1975; Zhang diğ., 2011; DAI ve Honda, 1990; Crook ve diğ., 2003; Lopes ve diğ., 2002; Liu ve diğ., 2012; Sun ve diğ., 2010; MacKay ve diğ., 2014; Cheng ve diğ., 2008; Chen ve diğ., 2014).

Genel olarak antenin uzunluğu ve genişliği, üzerinde bulunan sensilla sayısıyla doğru orantılıdır. Ev sineği *Musca domestica* üzerinde yapılan bir çalışmada daha büyük sineklerin küçük olanlardan daha fazla sensillaya sahip olduğu ortaya konmuştur (Smallegange ve diğ., 2008). Benzer şekilde yaban arısı türü olan *Bombus terrestris* işçilerinde daha büyük olan bir işçi, küçük olana kıyasla koku moleküllerine karşı daha fazla antensal duyarlılığa ve bu nedenle kokulara karşı küçük antenlere sahip olanlardan daha hassastır (Spaethe ve diğ., 2007). Anten boyutu ile sensilla sayısı arasındaki pozitif korelasyon, anten boyutunun temel gereksinimlere ulaşma yeteneğini etkileyebileceğini akla getirir.

(Zhang ve diğ., 2011), *R. inquisitor* ile yakın akraba, Lepturinae altfamilyasından olan iki tür *Leptura arculata* ve *L. aethiops*'un her iki eşeyinde de antennal sensilla dağılımını belirlemiştir. Leptura cinsi ile benzer şekilde Rhagium türlerinde de anten scape, pedicel ve flagellum'dan oluşan dokuz flagellomerden oluşur. Scape yüzeyinde yer alan iki tip "sensilla chaetica" sese, rüzgâra, dokunuşa (Dyer ve Seabrook, 1975; Altner ve Prillinger, 1980; Daly ve Ryan, 1979) karşı duyarlı ekanoreseptör ve bir tip "sensilla trichodea" kemoreseptörü vardır (Zacharuk, 1985).

Pedicel ve scape benzer “sensilla chaetica” türlerine sahiptir, fakat pedicel daha az sayıda “sensilla trichodea”ya sahiptir. Böhm kılları, yalnızca kafa-scape ve scape-pedicel segmentleri arasında kümelenmiş olan mekanoreseptörlerdir (Schneider, 1964; Zacharuk, 1985).

Yalnızca bir tür “sensilla chaetica” scape ve pedicelde olmamasına rağmen tüm flagella boyunca dağılım gösterir ve hem mekanoreseptör hem de kemoreseptör olarak işlev görür (Daly ve Ryan, 1979). Bu duyarganın esas görevi flagellanın sabit eğriliğin sağlanmasıdır (Zhang ve diğ. 2011).

Tüm sensilla chaetica sensilla trichodea ve Böhm kılları her iki cinsiyette de anten boyunca aynı şekilde dağılım göstermektedir. Dört tip sensilla basiconica türü (hiçbirisi scape ve pedicelde bulunmaz) arasında, ikisi koku reseptörleri olarak işlev görür (Altner ve Prillinger, 1980; Zacharuk, 1985; Lopes ve diğ., 2002). Bunlardan biri termo ve/veya higrosensitiftir (Altner ve diğ., 1981; Hallberg, 1982). Bu reseptörler dişilerde, flagella boyunca dağılırlar. Erkeklerde ise 3. flagellum segmentinden başlar, ancak iki kat daha yoğundur. Son basikonik reseptör tipi ise sadece birinci flagellomerde bulunur. Ancak işlevi bilinmemektedir (Zhang ve diğ., 2011).

1.6.2. Femur

Koşma ve yön değiştirme gibi iyi bilinen görevlere ek olarak femur, doğrulma davranışları ve titreşim algılamada da görevlidir. *R. inquisitor* sırtüstü pozisyonda dorsal tarafta dokunsal stimülasyonu kaybettiğinde, koordinasyon koksa, femur ve tibia ile desteklenmiş takla atama kabiliyetine sahiptir (Frantsevich, 2004).

Femoral kondotonal organ orta femurda bulunur ve düşük frekanslı titreşimleri tespit etmekten sorumlu olan kütiküler apodeme ile tibiaya eklenir, bitkilerde yaşayan böcekler için hayati bir rol oynar. Odun aracılığıyla titreşimler, yaklaşmakta olan bir avcıya veya aynı türden başka bir bireyin yaklaştığının habercisi olabilir. (Takanashi ve diğ., 2016). Öncü (haberci) titreşimlerin tespiti, tür içi (sosyal, cinsel, saldırganlık) ve türler arası (konak belirleme, av-avcı, rekabet) ilişki ve davranışlarda etkilidir. (Cocroft ve Rodríguez, 2005; Breidbach, 1986).

1.6.3. Elitra

R. inquisitor gibi uçucu böcekler için, geniş yayılmış elitra uçuşta rol oynar ve doğrulma hareketlerine katkıda bulunur (Nachtigall, 1964; Schneider ve Hermes, 1976; Le ve diğ., 2010). Ayrıca, yarı-statik aerodinamik kuvvetler üretir (Sitorus, ve diğ.,, Han, 2010) ve hedeflenen yöne doğru ilerleme sağlar (Schneider ve Krämer, 1974). Bu işlevler için Lehr'in kampaniform sensilla alanları olarak adlandırılan elytra'nın kökünde bulunan mekanik sensörleri kullanılır (Lehr, 1914; Pfau ve Honomichl, 1979). Lehr'in alanının büyüklüğü elitranun büyüklüğü ile orantılıdır (Frantsevich ve diğ., 2014). Ancak, elitranın görevleri uçmaya katkıda bulunmakla sınırlı değildir. Aynı zamanda, arka kanatlarda, yırtıcı hayvanlara, kuraklığa ve anlık sıcaklık değişikliklerine karşı böcekleri koruyan koruyucu bir örtüdür (Jolivet, 1998; Linz ve diğ., 2016). Elitra renklenmesi, avcılara sadece kimyasal savunma hakkında bilgi vermekle kalmaz, aynı zamanda tür içinde cinsel birleşmeye hazır olma durumunu da belirtir (Bezzerides ve diğ., 2007). Elitranın balmumu tabakası eşey feromonu hidrokarbonları içerir (Howard ve Blomquist, 2005). Çiftleşme, erkeğin dişi elitraya temasıyla başlar (Levinson ve diğ.,1979). Aynı zamanda, elitra boyutu doğurganlık ile de ilişkidir. Daha uzun elitraya sahip bireyler daha fazla yumurta üretme kabiliyetine sahiptir (Matsumoto ve Irianto, 1998).

1.7. *Rhagium inquisitor'*un Biyoçeşitliliğinin Belirlenmesinde Kullanılan Mitokondrial Sitokrom C Oksidaz -I (COI) Barkod Nükleotid Dizisi

Örneklerden elde edilen DNA barkodlarının kullanılmasıyla yapılan barkodlama yöntemi, tür tanımı yapılamayan örneklerden izole edilip çoğaltılmış nükleotid barkod dizilerinin, veri bankasındaki örneklerle kıyaslanarak tür teşhisinin uzman olmayan kişilerce de yapılabilmesini amaçlanmaktadır. Eğer herhangi bir tür ile benzerlik göstermiyorsa, farklılaşma gösteren türlerin yeni barkod kayıtları veri bankasına yüklenilerek yeni tür kaydı oluşturulur. Hayvan türleri için barkodlama yapılırken evrensel olarak kabul görülen mitokondriyal COI geninin 5' ucundan 655 baz çiftlik bölgesi kullanılması ile ilk denemede doğru şekilde okunan bir barkod dizisi elde etmek mümkündür (Hajibabaei ve diğ., 2006). Mitookondriyal COI gen bölgesindeki 5' ucundan 655 çiflik baz dizisi primerler tarafından kolayca çoğaltılmaktadır. Bu bölge farklı türdeki cenlılara göre ayarlanılabilir olması nedeniyle barkodlama işlemininde kullanılması istenilen bir bölge niteliği

taşımaktadır (Vrijenhoek, 1994). DNA barkodlarında olması gereken, tür ayrımı yapabilmesi, tür içinde genetik varyasyonu ve ayrımı sağlaması, evrensel primerler kullanılarak çoğaltılabilmesi, polimeraz zincir reaksiyonuyla kolayca çoğaltılabilecek kısa dizilere sahip olması gibi özellikleri taşıyan mitookondriyal COI barkodlama bölgesi kabul gören bir barkod nükleotid dizisidir (Kress ve Erickson, 2008). Özellikle farklı türlerin ayırımının yapılmasının yanısıra ve tür içi çeşitlilik ve göç yolları için de bilgi verici olması nedeniyle (Hebert ve diğ., 2003) bu bölge seçilmiştir.

1.8. Kocaeli İlinin Coğrafi Özellikleri, İklimi ve Bitki Örtüsü

Kocaeli, Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli bölümde yer almaktadır. İstanbul ve Bursa'dan sonraki en büyük 3. İli olan Kocaeli sanayi bölgesi kapsamında bu illere yakınlık olarak önemli bir konuma sahiptir. Toplam yüzölçümü 3.623 km2 dir. Asya ve Avrupa kıtaları arasında olan Kocaeli ili Marmara Bölgesinin doğusunda kalmaktadır. 2017 yılında ildeki yapılan sayıma göre nüfusu 1.883.270'dir (URL-1).

Marmara Bölgesi'nin, 29°22'-30°21' doğu boylamı ile 40 D 31 '- 41 D 13' kuzey enlemi arasında yer alır. Doğu ve güneydoğuda Sakarya, güneyde Bursa illeri, batıda Yalova, İzmit Körfezi, Marmara Denizi ve İstanbul, kuzeyde de Karadeniz bulunmaktadır (URL-2). Karadeniz'e ve Marmara Denizi'ne kıyısı bulunmaktadır. Doğal bir liman kenti olan Kocaeli bu konumu ile ticaret konusunda Türkiye'nin yükünü çekmektedir. İl toplamda 12 ilçeye ayrılmıştır. İzmit (merkez ilçe), Başiskele, Çayırova, Darıca, Derince, Dilovası Gebze, Gölcük, Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez Kocaeli ilini oluşturmaktadır (URL-3).

Başta sanayi olmak üzere, tarım, hayvancılık, ormancılık, ticaret ve turizm bu il için başlıca gelir kaynaklarıdır. Sanayi bakımından konumu itibari ile İstanbul'dan sonraki en önemli ildir. Üretim sanayisinde başı çekmektedir. Kocaeli tarım sektöründe de üretim yapmaktadır. Kocaeli ormanları, İl topraklarının % 38'ini oluşturmaktadır. 65 köy orman içerisinde yer alırken, 132 köy ormanlık alanların kenarında yer almaktadır (URL-4). Karadeniz ve körfez kıyıları ılıman olup, dağlık alanlara doğru iklimi sertleşmektedir. Karadeniz ve Akdeniz iklimi arasında geçiş iklime sahiptir. Yazlar sıcak ve yağış oranı az, kışları yağışlı ve karlıdır. Karadeniz kıyılarındaki yağış oranı ortalama 1000 mm' yi aşar ve körfeze doğru 800 mm' ye

kadar düşer. En yüksek sıcaklık 41,6 ℃ olup, en düşük sıcaklık ise -8,7 ℃ yıllık ortalama 14,8 ℃ dir (URL-5). Kocaeli topraklarının % 60'a yakını doğal ormanlarla kaplıdır. İl topraklarının % 30'u ekili-dikili alanlar, % 7'si çayır ve mer'alar ve % 3'e yakını tarıma elverişsiz alanlardan oluşmaktadır (URL-6).

Kuzeyde Karadeniz'e özgü bitki toplulukları bulunurken güneye doğru ilerledikçe yerini Akdeniz bitki örtüsüne bırakır. Samanlı dağları ile Karadeniz kıyısı arasında bulunan alanlardaki ormanlar sık ve nemcil kayınlardan oluşur. Bazı bölgelerde kayına; gürgen, kestane, meşe de karışır. Yüksek kesimlerinde iğne yapraklı bitki örtüsü görülür. Maki ise körfezin kuzey ve doğusunu teşkil eder (URL-1).

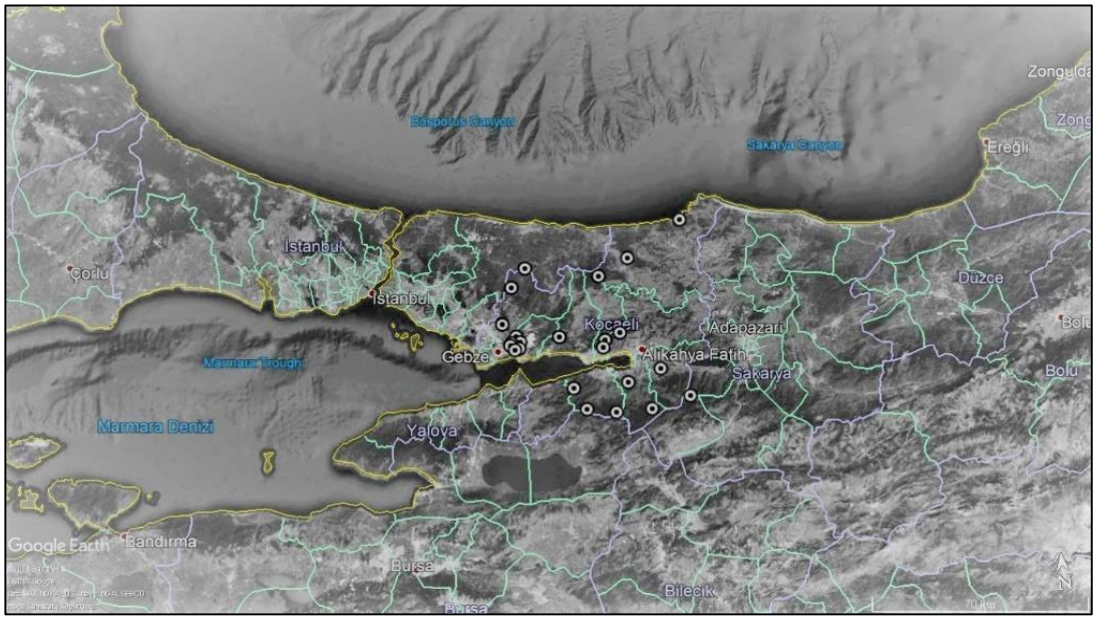
Köppen–Geiger iklim sınıflandırma sistemine göre, Kocaeli sınırları içinde iki tip iklim vardır. Karadeniz kıyısında yer alan Kandıra ilçesinde CFA (nemli subtropikal iklim) ve tüm diğer ilçelerde görülen CSA (yazları sıcak Akdeniz iklimi) (Öztürk ve diğ.;2017).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Örnek Toplama

Kocaeli'de 2016-2017 yıllarında Gebze, İzmit, Kandıra, Başiskele, Kartepe, Derince ilçelerindeki orman alanları ve kereste depolarından toplanmış hem doğal populasyona ait *Rhagium inquisitor* hem de ithal kerestelerden alınmış örnekler incelendi.

Örnekleme alanları her bir ilçeyi ve habitatı temsil edecek şekilde planlandı (Tablo 2.1.). İskandinav tipi üç hunili tuzaklar, zeminden 1 – 1.5 metre yüksekliğe, feromon haznelerine α-pinen-etanol (Evergreen Growers Supply) ikili feromon seti (Miller ve diğ.; 2016) yerleştirilmiş olarak asıldı. Haftalık periyotlar ile tuzaklar kontrol edildi ve feromonlar yenileri ile değiştirildi. İskandinav tipi üç hunili tipi tuzakların tarih konum bilgileri, rakım ve tuzak lokaliteleri kayıt altına alındı. Tuzaklar toplanan örnekler kavanozlara alınarak %99'luk etanol içinde -20℃'de muhafaza edildi.



Şekil 2. 1. Kocaeli ilindeki örnekleme yapılan lokasyonların harita üzerindeki dağılımı.

Tablo 2.1. Kocaeli ilçelerinden toplanan örneklerin lokasyon, cinsyet ve müze kodları

ÖRNEKLEME ALANLARININ HABİTAT ÖZELLİKLERİ	KOORDİNAT	RAKIM	MORFOMETRİK ÖLÇÜM ÖRNEKLERİ	BARKODLANAN ÖRNEK MÜZE KODU	İKLİM	İLÇE
Karışık Pinus nigra (Karaçam) Karışık Pinus sylvestris (Sarıçam) , Quercus (Meşe) ve Fagus (Kayın) ormanları	40°40'45.16" N 29°55'30.72"E	237	53A ♀, 53B, 53C♂	53B♀	CSA	BAŞİSKELE
Entegre Tesisi	40°42'40.49" N 30° 3'6.50"E	61	20A♀, 20B♂, 20C♂, 20D♂, 19A♂, 1A♂, 1B♂	20A♀, 1A♂	CSA	KARTEPE
Karışık Pinus nigra (Karaçam) –Quercus (Meşe) ormanları	40°47'15.34"N 29°50'44.72"E	311	21B♀, 71B♂, 71C♂, 2B♀12C♂, 109A♂	12B♀	CSA	DERİNCE
Karışık Pinus nigra (Karaçam) –Quercus (Meşe) ormanları	40°47'19.34"N 29°50'48.95"E	310	17B♂, 17A♀, 17C♂, 71A♀	71A♀	CSA	DERİNCE
Karışık Pinus nigra (Karaçam) –Quercus (Meşe) ormanları	40°47'19.56"N29°50'44.13"E	305	21A♀,12A♂,35A♀,35B♂,35C♀	21A♀	CSA	DERİNCE
Orman Ürünleri Deposu, Endüstri bölgesi Pinus (Çam) topluluğu	40°48'35.06"N 29°30'59.89"E	161	33A♂,25D♂,27D♀	25D♂	CSA	GEBZE
Entegre Tesisi Çevresi, Endüstri bölgesi Pinus (Çam) topluluğu	40°48'38.74"N 29°30'23.47"E	161	38A♂,3B♂	3B♂	CSA	GEBZE
Entegre Tesisi Çevresi, Endüstri bölgesi Cupressus (Servi) ve Pinus (Çam) topluluğu	40°49'10.47"N 29°29'37.09"E	309	3A♂, 3C♀, 3D♀	3A♂	CSA	GEBZE
Entegre Tesisi Çevresi, Endüstri bölgesi Cupressus (Servi) ve Pinus (Çam) topluluğu	40°49'15.32"N 29°29'37.08"E	161	27A♂, 27B♂, 27C♀	27B♂	CSA	GEBZE
Entegre Tesisi	40°49'28.54"N 29°30'1.72"E	125	24A♀, 24B♀, 24C♂, 24D♂, 66A♀, 27D♀	24B♀,24C♂	CSA	GEBZE
Entegre Tesisi	40°49'35.15"N 29°29'53.18"E	146	64A♀, 64B♀, 4A♀, 4B♀, 4C♂, 4D♂, 25B♂	4C♂, 25B♂	CSA	GEBZE
Entegre Tesisi	40°49'37.55"N 29°29'54.82"E	135	40A♀	40A♀	CSA	GEBZE
Karışık Pinus nigra (Karaçam), Quercus (Meşe), Castanea sativa (Anadolu Kestanesi) Pinus sylvestris (Sarıçam), Fagus (Kayın) ormanları	40°49'39.17"N 29°54'48.74"E	430	43A♂, 43B♀, 18A♀, 18B♂, 18C♂, 18D♂	43A♂	CSA	İZMİT
Karışık Pinus nigra (Karaçam) Quercus (Meşe) ormanları, Fagus (Kayın) Doğu Juniperus (Katran Ardıcı) çalılıkları, Pinus sylvestris (Sarıçam)	40°49'39.42"N 29°54'52.08"E	436	15A♂, 32A♀, 32B♀, 32C♀, 32D♀, 32E♀, 32F♂, 32G♂, 139A♀	139A♀	CSA	İZMİT
Karışık Pinus nigra (Karaçam) Quercus (Meşe), Fagus (Kayın) ormanları	40°49'44.07"N 29°55'2.62"E	401	11A♂, 69A♂, 10A♂, 10B♀, 10C♀	10A♂	CSA	İZMİT
Karışık Pinus nigra (Karaçam), Quercus (Meşe) , Fagus (Kayın) ormanları	40°49'45.38"N 29°55'5.35"E	386	42B♀, 42A♀, 110A♀, 110B♀, 110C♂	42A♀	CSA	İZMİT
Karışık Pinus nigra (Karaçam), Quercus (Meşe), Castanea sativa (Anadolu Kestanesi) Pinus sylvestris (Sarıçam), Fagus (Kayın) ormanları	41° 3'1.62"N 29°56'41.83"E	171	27E♀, 48A♀, 48B♂, 48C♀, 37A♀	48A♀, 48B♂	CFA	KANDIRA
Karışık Pinus nigra (Karaçam) – herdem yeşil Quercus (Meşe) ormanları	41° 3'2.24"N 29°56'38.93"E	172	49A♂, 49B♀, 49C♂, 40B♂, 40C♂, 40D♀	40D♀	CFA	KANDIRA
Karışık Pinus nigra (Karaçam), Castanea sativa (Anadolu Kestanesi) Pinus sylvestris (Sarıçam), Fagus (Kayın) ormanları	41° 8'42.06"N 30°11'12.80"E	5	1005A♀, 1005B♀, 1005C♀, 1005D♀	1005A♀	CFA	KANDIRA

2.2. Morfolojik Tür Teşhisi

Morfolojik tür teşhisi için Sama (2002) tarafından hazırlanmış olan teşhis anahtarları kullanıldı.

2.3. Morfometrik Analizlerde Kullanılan Karakterler

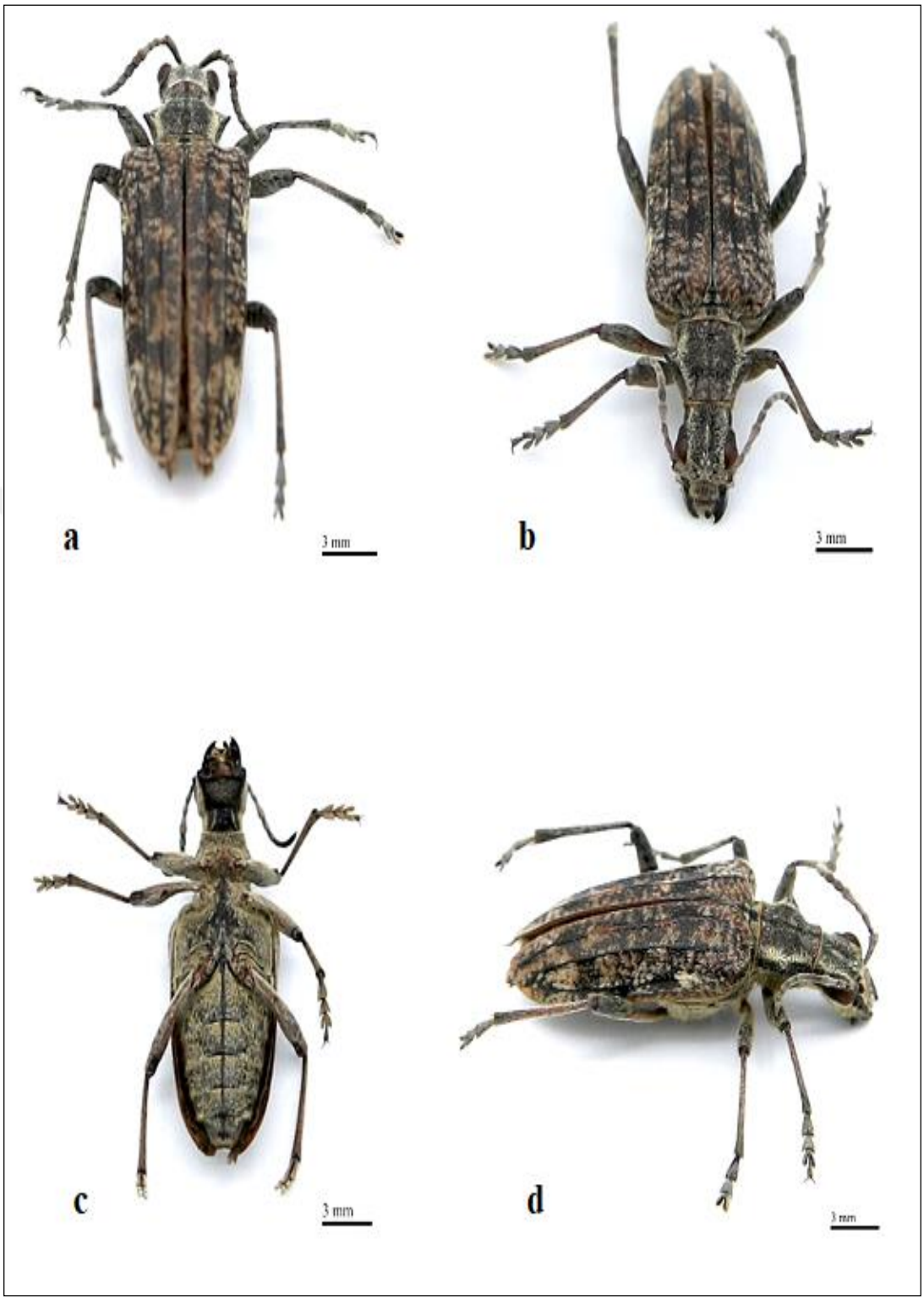
Morfometrik veriler Şekil 2.3.'de belirtilen 38 karakterin ölçümüyle elde edildi. Tüm ölçümler, örnek oryantasyonların mümkün olduğunca muntazam olmasını ve ölçümlerin tutarlı olmasını sağlayan morfolojik işaretler kullanılarak gerçekleştirildi. Örnekler 5 varsayılan kısma ayrılarak incelendi. İlk kısım başın dorsali, pronotumu ve elitrayı kapsayan 7 morfometrik karakterden oluşmaktadır. İkinci kısım antenin her segmentinin uzunluk ve genişliğini kapsayan 22 morfometrik karakterden oluşmaktadır. Üçüncü kısım ön bacak, dördüncü kısım orta bacak, beşinci kısım arka bacak kısmıdır. Üçüncü, dördüncü ve beşinci kısımlarda 4'er morfometrik karakterin ölçümü yapıldı. Morfometrik karakterler, örneğin orjinal fotoğrafı esas alınarak Corel DRAW Graphics Suite 2018 programında çizildi. Her bir karakter anatomik yapının ilk harfi kullanılarak kodlandı (Tablo 2.2.).

2.4. Morfometrik Ölçümler

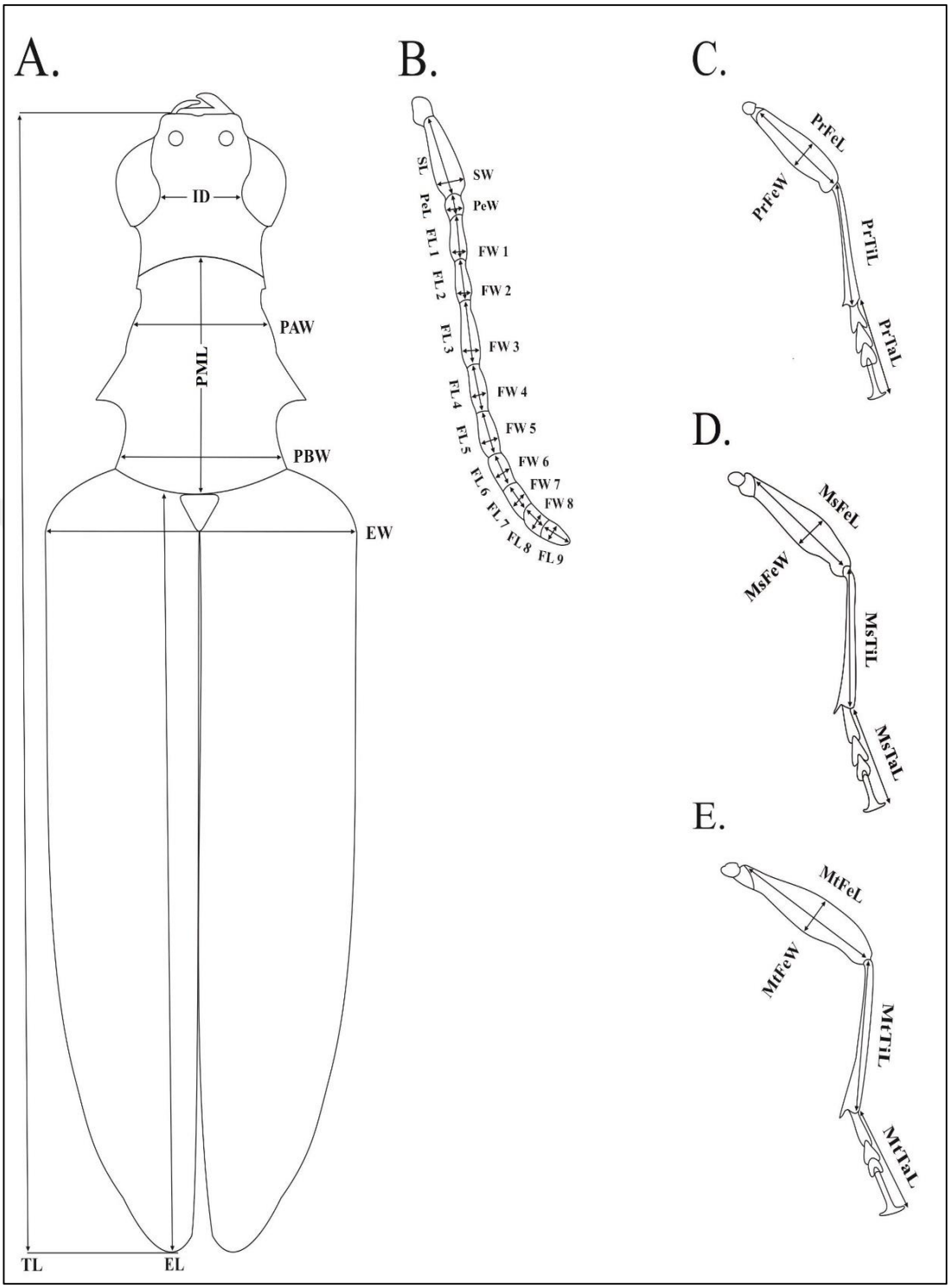
Morfometrik karakterler, yardımcı makrolens (110AL2X-2 WD38, Olympus) ve MII Image View v.3.7 yazılımıyla birlikte mikroskop kamerası (Isolab) eklenen stereomikroskop (Olympus SZ51, Japonya) altında ölçüldü. Kalibrasyon objektif mikrometresi (Olympus AX001, Japonya) ile yapıldı.

2.5. Morfometrik Verilerin Analizi

Morfometrik ölçümler 49 dişi ve 50 erkek olmak üzere toplam 99 birey üzerinde yapıldı. Cinsiyetin, CSA-CFA iklim tipleri sırasıyla 15-14 birey, endüstri bölgesi ve orman alanları 45-46, dişi-erkek sırasıyla 49-50 adet birey için ve en yaygın haplotiplerin (H11-H12, n=11, n=9) kendi aralarında farklılıklarının olup olmadığının belirlenmesi için ANOVA tek yönlü varyans analizleri IBM SPSS 2013 Statistics for Windows, Version 22.0. (Armonk, NY: IBM Corp.) programında yapıldı.



Şekil 2.2. *Rhagium (Rhagium) inquisitor* (Linnaeus, 1758) görüntüsü (a: Dorsa-apikal görünümü, b: Dorsa-frontal görünümü, c: Ventral görünümü, d: Lateral görünümü.)



Şekil 2.3. Ergin *Rhagium inquisitor*'un morfometrik karakterlerinin şematik diyagramı. (A. Baş sırt görünümü, pronotum ve elytra, B. Anten numarası, C. Ön bacak, D. Orta bacak, E. arka bacak.)

Tablo 2.2. Ergin *Rhagium inquisitor*'un bireylerinde ölçülen morfometrik karakterler (Bkz. Şekil 2.3.)

	YAPI	KISALTMA	MORFOMETRİK KARAKTER
1	Kafa	ID	Dorsal interoküler mesafe. Üst göz lobları arasında, medial marjinler arasındaki en kısa mesafe.
2	Pronotum	PML	Pronotum orta hat uzunluğu: Orta çizgi boyunca pronotumun en büyük uzunluğu.
3	Pronotum	PAW	Pronotal apikal genişlik: Pronotumun apikal yarısındaki en büyük genişlik.
4	Pronotum	PBW	Prontal bazal genişlik: Taban boyunca pronotumun en büyük genişliği.
5	Elitra	EL	Elitra uzunluğu: Scutellum tabanından apikal uca kadar elitranın en büyük uzunluğu.
6	Elitra	EW	Elitra genişliği: Scutellum apeksi boyunca her iki elitranın taraftaki humerus sınırından en büyük genişliği.
7	Anten	SL	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca birinci antenomer uzunluğu.
8	Anten(Skape)	SW	Birinci antenomerin en geniş mesafesi.
9	Anten(Pedisel)	PL	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca ikinci antenomer uzunluğu.
10	Anten (Flagella)	PW	İkinci antenomerin en geniş mesafesi.
11	Anten	F1L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca üçüncü antenomer uzunluğu.
12	Anten	F1W	Üçüncü antenomerin en geniş mesafesi.
13	Anten	F2L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca dördüncü antenomer uzunluğu.
14	Anten	F2W	Dördüncü antenomerin en geniş mesafesi.
15	Anten	F3L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca beşinci antenomer uzunluğu.
16	Anten	F3W	Beşinci antenomerin en geniş mesafesi.
17	Anten	F4L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca altıncı antenomer uzunluğu.
18	Anten	F4W	Altıncı antenomerin en geniş mesafesi.
19	Anten	F5L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca yedinci antenomer uzunluğu.
20	Anten	F5W	Yedinci antenomerin en geniş mesafesi
21	Anten	F6L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca sekizinci antenomer uzunluğu.
22	Anten	F6W	Sekizinci antenomerin en geniş mesafesi.
23	Anten	F7L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca dokuzuncu antenomer uzunluğu.
24	Anten	F7W	Dokuzuncu antenomerin en geniş mesafesi.
25	Anten	F8L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca onuncu antenomer uzunluğu.
26	Anten	F8W	Onuncu antenomerin en geniş mesafesi
27	Anten	F9L	Tepe insertsiyon suturundan apikal marjine dek aksis boyunca onbirinci antenomer uzunluğu.
28	Anten	F9W	Onbirinci antenomerin en geniş mesafesi.
29	Ön bacak	PrFL	Profemur uzunluğu: Koksa ekleminden femur apeksine doğru en uzun mesafe.
30	Ön bacak	PrFW	Profemur genişliği: Profemurun en büyük genişliği.
31	Ön bacak	PrTL	Protibia uzuluğu: Orta eksen boyunca protibiada en uzak iki noktası arası mesafe.
32	Orta bacak	MsFL	Mesofemur uzunluğu: Koksa ekleminden femur apeksine doğru en uzun mesafe.
33	Orta bacak	MsFW	Mesofemur genişliği: Mesofemorun en büyük genişliği.

Tablo 2.2. (Devam) Ergin *Rhagium inquisitor*'un bireylerinde ölçülen morfometrik karakterler (Bkz. Şekil 2.3)

	YAPI	KISALTMA	MORFOMETRİK KARAKTER
34	Orta bacak	MsTL	Mesotibia uzunluğu: Orta eksen boyunca mesotibiada en uzak iki noktası arası mesafe.
35	Arka bacak	MtFL	Metafemur uzunluğu: Koksa ekleminden femur apeksine doğru en uzun mesafe.
36	Arka bacak	MtFW	Metafemur lobut genişliği: Metafemorun en büyük genişliği.
37	Arka bacak	MtTL	Metatibial uzunluğu: Orta eksen boyunca metatibiada en uzak iki noktası arası mesafe.
38	Toplam uzunluk	TL	Toplam uzunluk: mandibul ucundan elitranın apeksine kadar olan uzunluk.

2.6. Barkod Nükleotid Dizilerinin Eldesi

2.6.1. Dna izolasyonu

Toplam DNA elde edebilmek taze örnekler için DNA izolasyon kiti (Dneasy Blood and Tissue Kit, Qiagen) kullanıldı. Taze olmayan örneklerden kitle yeterli miktarda DNA izole edilemediğinden klasik yöntem kullanıldı (Sambrook ve Russell, 2006). Endosimbiyotik bakteri bulaşıklığı riskinin bertaraf edilmesi için femuru kalın olan bacaklar seçildi. Kullanılacak olan kısımları sterik pens yardımıyla ayrılarak steril bez ile lam arasında steril tek kullanımlık bistüri ile parçalandı. Parçalanan dokular mikrosantrifüj tüplerine alınarak, her tüpe ayrı ayrı örnek kodları yazıldı. Liziz buffer (3 mM $CaCl_2$,% 2 sodyum dodesil sülfat (SDS), 40 mM ditiyotreitol (DTT), 250 ug / ml proteinaz K, 100 mM Tris tamponu, pH 8 ve 100 mM NaCI (nihai konsantrasyonlar) için. 500 µl sindirim tamponu eklendi (Gilbert M. T. P., Moore W., Melchior L. ve Worobey M., 2007) ve 55 ℃ sıcaklıkta 400 rpm'de Eppendorf Thermomixer R kuru ısıtıcıda 24 saat süreyle beklenildi. Sindirim tamponunda bekletilmiş örneklerin üzerine Fenol: Kloroform: İzoamilalkol 25:24:1 oranı korunarak, 250 µl fenol, 240 µl kloroform ve 10 µl izoamilalkol eklendi. Ardından oda sıcaklığına ve 8000 rpm'de örnek tüpleri karşılıklı olucak şekilde 5 dakika santrifüj edildi. Ara faza ve organik faza değdirmeden yalnızca üstteki sulu fazdan 100 µl pipet yardımıyla mümkün olduğundan fazla miktarda alındı ve temiz bir tüpe aktarıldı. Bir sonraki basamakta ise yeni tüpe aktarılan miktarın 1/10'u (örneğin; 200 µl 20 µl) kadar 3 M Na_2OAC (pH:5.2) eklendi.Toplam hacmin 2-2,5 katına soğuk saf etanol eklendi ve tüpler kapatılarak nazikçe çalkalandı. Daha sonraki işlem ise, +4 ℃'de ve 12.000 rpm'de 30 dakika daha santrifüj işlemi yapıldı. Bu yüzden işlem tamamlandıktan sonra içersindeki etanol tamamen alındı ve DNA %70'lik oda

sıcaklığında etanol ile birkaç kez yıkandı. Tüpler oda sıcaklığına bırakılarak kurutuldu. Kuruma tamamladıktan sonra 100 µL saf su konularak DNA -20 ℃'de muhafaza edildi.

2.6.2. Elde edilen toplam DNA miktarlarının ölçülmesi

Örneklerin DNA'sının saflığını ve miktarı BMC Labtech SPECTRO star Nano Küvet portlu UV/Vis nanodrop spektrofotometrede ölçüldü. DNA saflığı polimeraz zincir reaksiyonu için uygun olmayan örnekler için bireylerden yeniden doku alınarak DNA izolasyonu işlemi tekrarlandı.

2.6.3. COI barkod nükleotid dizisinin PZR ile çoğaltılması

PZR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) ile barkod bölgesinin çoğaltılması için 0.2 µl M derişimde HCO2198 5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3' - LCO1490 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3' primer çifti (Folmer ve diğ.,1994) kullanıldı. Kalıp DNA üzerinden ilgili bölge 33 ünite/mL Taq DNA Polymerase, 1,5 mM $MgCl_2$, 0,2 mM dNTPler içeren Quick-Load® Taq 2X Master Mix (New England Biolabs Inc.) çözeltisinde, Tablo 2.3'de belirtilen (Aksöyek ve diğ., 2017)'den uyarlanmış PZR döngüleri kullanılarak çoğaltıldı.

Tablo 2.3. Mitokondrial COI gen bölgesinin çoğaltılmasında kullanılan PZR döngüleri

İşlem	**Sıcaklık (°C)**	**Süre**	**Döngü Sayısı**
Ön Denatürasyon	95	2 dakika	1
Denatürasyon	94-95	30 saniye	5
Primer Bağlanması	46	1 dakika	
Uzama	72	1 dakika	
Denatürasyon	94	30 saniye	30
Primer Bağlanması	46	1 dakika	
Uzama	72	1 dakika	
Sonlanma	50-72	10 dakika	1

2.6.4. PZR ürünlerinin agaroz jelde yürütülmesi

PZR ürünleri %1'lik agaroz jel elektroforezinde yürütüldü. Agaroz jel, agaroz Tris Asetat ETDA (TAE) tamponu içinde çözülerek hazırlandı. Çözelti erimesi için mikrodalga fırında 300 nm dalgaboyunda 3 dk bekletildi. Eriyen agarozun sıcaklığı

50-55 ℃'ye düşene dek soğumaya bırakıldı. Çözeltinin içerisine 2 µl Safe-T-Stain (BioShop Kanada) jel boyası eklendi, jel tepsisine döküldü ve tarak yerleştirildi. Jel polimerleşmesi için iki saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra elektorforez düzeneğinin içerisine yerleştirildi. Bu işlemin ardından tarak dikey olarak jelden çıkarıldı. Kuyucukların ilkine 1 kb NEB (New England Biolabs Inc.) DNA markır, diğer kuyucuklara da PZR ürünleri eklendi. Eletroforezin kapağı kapatılarak elektrotlara kablolar bağlandı. Doğrusal akım verilerek 80 voltta 1 saat yürümeye bırakıldı. Bu işlem tamamlandıktan sonra UV-Transilluminator ECX-F20.L (Vilber Lourmat)'de PZR ürünlerinin oluşturduğu bantlar kontrol edildi.

2.6.5. DNA dizi analizi

PZR ürünleri çift yönlü (Forward ve Reverse) DNA dizi analizi için ExoSAP-IT™ kiti ile saflaştırıldıktan sonra ABI 3730XL DNA Analyzer (Applied Biosystems, Foster City, CA) cihazında Macrogen Hollanda laboratuvarında BigDye Terminator v3.1 Dizileme kiti (Applied Biosystems) ile dizilendi. Bu işlem hizmet alınarak yapıldı.

2.6.6. Kromatogram kontrolü ve hizalama

DNA dizilemesi sonucunda elde edilen kromatogramlar Geneious Prime 2019 v.2019.3.0 (Kearse ve diğ.,2012; Biomatters Inc.,USA) sürümde tek tek kontrol edildi. İleri ve geri yönde hatalı okunmuş baz varsa tamamlayıcı zincirle kontrol edilerek düzeltildi. Düzeltilmiş diziler BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) aracı ile NCBI GENBANK'ın taksonomi için özel bölümü BOLD: Barcode of Life (Ratnasingham ve Hebert, 2007) veri bankasından daha önce yüklenmiş dizilerle eşleştirilerek kontrol edildi. BOLD taksonomi veri bankasından *R. inquisitor*'da ait bildirilmiş tüm dizilerin kromatogramları indirildi ve ileri-geri yönteki diziler birlikte kontrol edilerek yanlış okunmış bazlar düzeltildi. Rusya'dan bir tek bölgeden BOLD taksonomi veri bankasına yükleme yapılmış olmasına rağmen, bu diziler çok kısa olmaları nedeniyle analizlere alınmadı. Her bir birey için kontrol edilen kromatogramlar Geneious Prime 2019'da "de novo assemble" komutu ile birleştirilerek en ortak (konsensus) diziler elde edildi. Yalnızca bu çalışmada elde edilen örnekler bir klasörde, hem bu çalışmadan hem veri bankasından indirilen örnekler, hem de dışgruplar topluca ayrı bir klasörde toplanarak hizalamalar için

hazır hale getirildi. Dış gruplarda aynı cinsten COLAT191-08 *Rhagium mordax* ve aynı tribustan olan BBCCM322-10 *Pidonia ruficollis* kullanıldı. Geneious programında önce MUSCLE (Multiple Sequence Alignment) ve daha sonra dizide insertsiyon delesyon olmadığından MAFFT (Multiple Alignment with Fast Fourier Transform) (Katoh ve diğ., 2002; Katoh ve Standley, 2013) aracıyla hizalama yapıldı. Hizalama için varsayılan parametreler olan algoritma: 200 PAM / k=2, Skor matriksi: 1.53, boşluk açık penaltı: 0.123 değerleri kullanıldı. Primer bölgeleri ve dizinin başından ve sonundan barkod dizisinin dışında uzun okunmuş bölgeler kesildi. Fransa'dan BOLD'a yüklenmiş örneklerde 654 bç olduğu için diğer dizilerin tamamında korunmuş olan baştan bir baz (A) sondan 3 baz (TTT) silindi. Hizalanan diziler dışa aktarılarak *.fasta ve *.nex formatlarında kayıt edildi.

2.6.7. Filogenetik analizler

Haplotip analizi ve genetik uzaklığı, toplam mutasyon sayısı (Eta), ayırıcı bölge sayısı (S), haplotip çeşitliliği (Hd) ve nükleotid çeşitliliği (Pi), DnaSP v6 (Rozas ve diğ., 2017) programında hesaplandı. Kocaeli havzasından olan haplotipler için Kimura-2-Parametresi (K2P) modeli kullanılarak (Kimura, 1980), MEGA-X (Kumar ve diğ., 2018) programında genetik uzaklıklar hesaplandı.

2.6.8. Filogenetik ağaçlar

Filogenetik ağaçların oluşturulmasında Kocaeli'den ve BOLD'dan indirilen tüm örnekler arasından her bir haplotip için bir temsilci ortak dizi seçildi ve ağaçlar bu dizilerle oluşturuldu. Neighbor Joining (NJ), Maximum Likelihood (ML), Bayesian Inference (BI) metotları kullanıldı. ML ve BI ağaçları için en uygun nükleotid yerdeğiştirme modelinin BIC (Bayesian Information Criteria) ve AICc (Akaike's information criteria corrected) ölçütlerine göre seçimi için JModelTest v.01 kullanıldı (Posada, 2008). NJ ağacı Mega-X programında Kimura 2-Parametre baz değişim modeline göre bootstrap metoduyla 10.000 tekrarla, transversiyon ve transisyonlar dâhil, tüm kodon poziyonlarını kapsayacak şekilde yapıldı (Kimura, 1980). ML ağacı Mega-X programında 10.000 tekrarla General Time Reversible (GTR) modeline göre Gamma(G) dağılımı ve varsayılan başlangıç ağacıyla yapılandırıldı. BI için GTR+G yer değiştirme modeline göre Geneious programı içinde Bayesian eklentisi kullanılarak MCMC (Monte Carlo Markov chain) modeli

kullanılarak zincir uzunluğu 2.000.000 ve burn-in değeri 100.000 olarak yapılandırıldı. Bayesian ağacının düzenlenmesi FigTree v1.4.3'de yapıldı. (Rambaut, 2009). Median-Joining ağı, programın varsayılan ayarı epsilon 0 esas alınarak PopART 1.7'de çizildi (Leigh ve Bryant, 2015).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Haplotip Analizi ve Genetik Uzaklık

Çalışmada elde edilen mitokondrial COI dizileri ve BOLD'dan indirilen diziler birlikte hizalandı. Daha geniş coğrafi alandan örneklerin birlikte analiz edilebilmesi için dizi uzunluğu, 654 bç ile sınırlandı. DnaSP programıyla toplam 48 bireye ait diziden 16 haplotip belirlendi. Çeşitlilik gösteren baz sayısı 86 adet, haplotip çeşitliliği 0,874 (SS=0,027), nükleotid çeşitliliği (Jukes ve Cantor) JC(Pi) 0,04220 (SS=0,00525), toplam mutasyon sayısı (Eta) 92 adet olduğu belirlendi.

Tablo 3.1. Tüm haplotipler arasındaki mesafe

	H1	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**H7**	**H8**	**H9**	**H10**	**H11**	**H12**	**H13**	**H14**	**H15**	**H16**
H1	*															
H2	0,005	*														
H3	0,006	0,005	*													
H4	0,031	0,030	0,031	*												
H5	0,033	0,032	0,033	0,005	*											
H6	0,031	0,030	0,032	0,003	0,002	*										
H7	0,031	0,030	0,031	0,016	0,020	0,019	*									
H8	0,033	0,031	0,033	0,014	0,019	0,017	0,002	*								
H9	0,109	0,106	0,107	0,100	0,104	0,104	0,093	0,095	*							
H10	0,109	0,106	0,107	0,100	0,104	0,104	0,093	0,095	**0,003**	*						
H11	0,109	0,106	0,107	0,100	0,104	0,104	0,093	0,095	**0,003**	**0,003**	*					
H12	0,107	0,104	0,106	0,099	0,102	0,102	0,091	0,093	**0,002**	**0,002**	**0,002**	*				
H13	0,098	0,095	0,093	0,090	0,095	0,093	0,083	0,084	0,035	0,038	0,038	0,036	*			
H14	0,100	0,097	0,098	0,091	0,097	0,095	0,084	0,086	0,036	0,040	0,040	0,038	0,005	*		
H15	0,100	0,097	0,098	0,091	0,097	0,095	0,084	0,086	0,035	0,038	0,038	0,036	0,005	0,003	*	
H16	0,098	0,095	0,097	0,090	0,095	0,093	0,083	0,084	**0,035**	**0,038**	**0,038**	**0,036**	0,003	0,002	0,002	*

Kocaeli'nde çıkan haplotipler arası genetik mesafeler kalın karakterlerle gösterilmiştir. ''*'' karakteri haplotipin kendi aralarında farklılık olmadığını göstermektedir.

Genetik mesafe hesabı MEGA programında K2P modeline göre yapıldı. Kocaeli'deki H9, H10, H11 ile H12 haplotipleri arasındaki ortalama uzaklık: 0,01607 olup, tüm haplotipler arasındaki ortalama uzaklık 0,0621 olarak hesaplandı.. H1, H2 ve H3 haplotipleri kendi aralarında (≤%0,6), H4, H5 ve H6 **(**≤%0,5) kendi aralarında**,** H7 ve H8 **(**≤%0,2) kendi aralarında H9, H10, H11, H12 **(**≤%0,3) kendi aralarında

yakınlık H13, H14, H15 ve H16 **(**≤%0,5) kendi aralarında yakınlık gösterdiler. Kocaeli'deki H9, H10, H11, H12 haplotipleri arasındaki mesafenin H16'ya göre oldukça yakın olduğu belirlendi. H1-3 (Grup1)'ün, H4-6 (Grup2), H7-8 (Grup3), H9-12 (Grup4) H13-16 (Grup5) ile arasındaki mesafe sırasıyla %3, %3, %3, %10 ve %10; Grup2'nin Grup 3, Grup 4, Grup 5 ile arasındaki mesafe sırasıyla %2, %10, ve %9; Grup 3'ün Grup 4 ve Grup 5 ile arasındaki mesafe sırasıyla %9 ve %8; Grup 4 ve 5 arasındaki mesafe ise %4 olarak hesaplandı (Tablo 3.1). Türlerin tanımlanması için eşiklerin seçilmesi konusu, moleküler taksonomi için birincil bir endişe kaynağıdır (Hebert ve diğ., 2003).

Özellikle tür içi varyasyonun türlerarası varyasyondan daha büyük olduğu durumlarda. COI barkod bölgesinin tür tanımlama eşiği genellikle çok düşük (% 1'den az) (Hebert ve diğ., 2004) ve tür içi mesafe nadir taksonlarda % 2'den fazladır (Hebert ve diğ., 2003; Holmes ve diğ., 2009; Ratnasingham ve Waard ,2003; Ward ve diğ., 2005; Hajibabaei ve diğ., 2006; Ball ve diğ., 2005; Hebert ve diğ., 2004) Türler arası mesafelerin belirlendiği çalışmalar göz önünde bulundurulğunda, Grup1, Grup2-3, Grup4 ve Grup5'in morfolojik olarak aynı tür altında tamınlanıyor olsalar da, aslında kriptik türleşmenin olabileceği düşünülmektedir. Haplotip analizleri sonucunda, Kocaeli'den analizlere dahil edilen 26 birey içinde 4 tanesi yerel 1 tanesi Avrupa'dan olmak üzere toplam 5 tane haplotip tespit edildi.

H1-H6 haplotiplerine yalnızca Kanada sınırları içinde rastlanırken, H7 haplotipinin Alaska ve Kanada'da olduğu belirlendi. H8'e yalnızca Alaska'da H9'a yalnızca Gebze de rastlandı. H10'a Kandıra ve Gebze'de rastlanırken H11'e Başiskele hariç örnekleme yapılan tüm ilçelerde rastandı. H12 Gebze, Derince, Kartepe, İzmit, Başiskele ilçelerinde tespit edildi. Finlandiya'dan bildirilmiş olan iki birey de H13 ve H14 olmak üzere farklı haplotiplerdi. H 15 Fransa hariç hiç bir Avrupa ülkesinden bildirilmemişken, H16 Fransa, Almanya, İtalya ve Avusturya'dan bildirilmişlerdi (Pentinsaari ve diğ., 2017). H16 haplotipi Avrupa'da yaygın olmakla kalmayıp, Türkiye'de ithalat yapan bir tesisin kereste deposunda da tespit edildi.

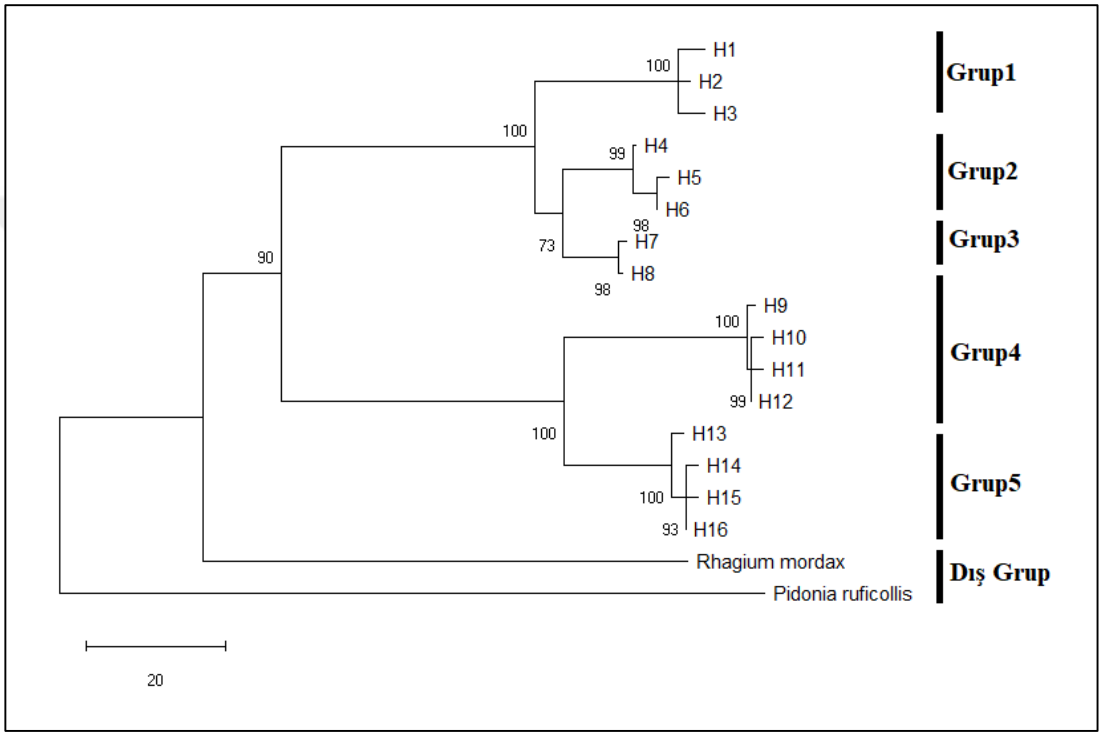
Tablo 3.2. Haplotiplerin Lokalitelere Göre Dağılımı

Haplotip Adı	BOLD erişim numarası	Müze Kodu	Lokalite
Haplotip 1 (H1)	COLAT076-08-3*		Kanada Nova Scotia Halifax Co*
Haplotip 2 (H2)	COLAT074-08*		Kanada Prince Edward Island Queens Co*.
Haplotip 3 (H3)	COLAT236-08*		Kanada Nova Scotia Halifax Co*
Haplotip 4 (H4)	CNBFJ058-15-2*		Kanada Alberta Banff National Park*
Haplotip 5 (H5)	CERPA095-08*		Kanada British Columbia*
Haplotip 6 (H6)	CNGLD610-13*		Kanada British Columbia Mount Revelstoke National Park*
	CNYOI155-15*		Kanada British Columbia Yoho National Park
Haplotip 7 (H7)	CERPA094-08*		Kanada British Columbia*
	UAMIC273-13-2		Amerika Birleşik Devletleri Alaska
Haplotip 8 (H8)	UAMIC177-13*		Amerika Birleşik Devletleri Alaska*
Haplotip 9 (H9)		24B*	Türkiye Kocaeli Gebze
		24C	Türkiye Kocaeli Gebze
		4C	Türkiye Kocaeli Gebze
Haplotip 10 (H10)		48A*	Türkiye Kocaeli Kandıra
		3A	Türkiye Kocaeli Gebze
Haplotip 11 (H11)		10A*	Türkiye Kocaeli İzmit
		139A	Türkiye Kocaeli İzmit
		3B	Türkiye Kocaeli Gebze
		1005A	Türkiye Kocaeli Kandıra
		42A	Türkiye Kocaeli İzmit
		20A	Türkiye Kocaeli Kartepe
		71A	Türkiye Kocaeli Derince
		25D	Türkiye Kocaeli Gebze
		40D	Türkiye Kocaeli Gebze
		48B	Türkiye Kocaeli Kandıra
		1A	Türkiye Kocaeli Derince
Haplotip 12 (H12)		27B*	Türkiye Kocaeli Gebze
		40A	Türkiye Kocaeli Gebze
		12B	Türkiye Kocaeli Derince
		25B	Türkiye Kocaeli Gebze
		20A(2)	Türkiye Kocaeli Kartepe
		25A	Türkiye Kocaeli Gebze
		43A	Türkiye Kocaeli İzmit
		1A	Türkiye Kocaeli Kartepe
		53B	Türkiye Kocaeli Başiskele
Haplotip 13 (H13)	COLFB235-12*		Finlandiya Kainuu
Haplotip 14 (H14)	COLFB914-12*		Finlandiya Lapland
Haplotip 15 (H15)	FBCOG1227-12*		Fransa Grand Est Alsace Vogesen
Haplotip 16 (H16)		33A*	Türkiye Kocaeli Gebze
	PSFOR435-13		Fransa Gard
	PSFOR083-13		Fransa Occitanie Languedoc-Roussillon
	FBCOC122-10		Almanya Bavaria Oberbayern
	FBCOF221-12		Almanya North Rhine-Westphalia Niederrheinische Bucht
	GBCOU488-13		Almanya Berlin
	GBCOU1577-13		İtalya Trentino-Alto Adige Sudtirol Etschtal
	GBCOU2412-13		Avusturya Tirol Villgratental
	GCOL2232-16		Almanya Germany Thuringia Wartburgkreis
	GCOL4408-16		Almanya Bavaria Coburg

* ağaçlarda ve ağda haplotipi temsil eden diziyi göstermektedir.

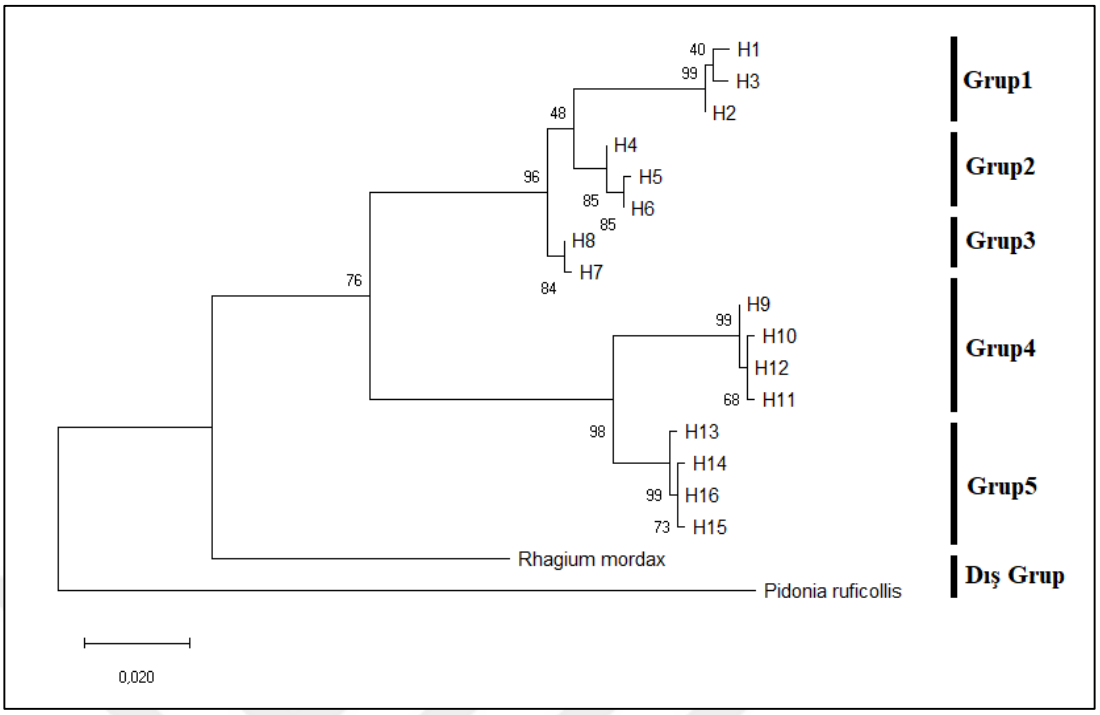
3.2. Filogenetik Ağaçlar

Kanada, ABD (Alaska) , Finlandiya, Fransa, Almanya, İtalya'dan (Pentinsaari ve diğ., 2017) taksonomi arşivine yüklenmiş ve bu çalışma kapsamında Kocaeli'den toplanan örneklerin 654 bç COI barkod bölgesinin MEGA programında K2P baz değişim modeli kullanılarak 10.000 tekrarlı NJ ağacı oluşturuldu. Dış grup olarak aynı cins *Rhagium mordax* ve aynı tribustan *Pidonia ruficollis* kullanıldı (Şekil 3.1.).



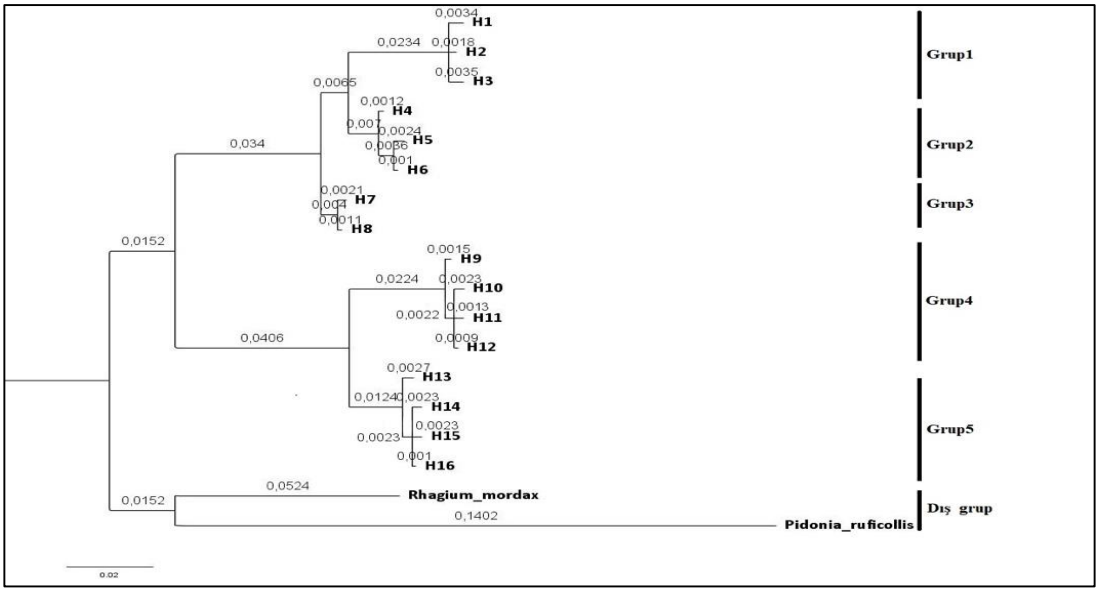
Şekil 3.1. Hem BOLD örnekleri hem de Kocaeli'den haplotipler arasındaki ilişkilerin Neighbor-Joining metodu K2P modeli ile evrimsel ilişkileri

H1-3 (Grup1), H4-6 (Grup2), H7-8 (Grup3), H9-12 (Grup4) H13-16 (Grup5) birbirlerinden %100'lük bootstrap değerleri ile 5 haplogruba ayrıldı (Şekil 3.1). Haplotiplerin GTR+G baz değişim modeli ve Maksimum likelihood metodu ile yapılan filogenetik analiz için *Rhagium mordax* ve *Pidonia ruficollis* dış grup olarak kullanıldı. MEGA programında yapılan ML analizi 10.000 tekrarla yapıldı ve ağaç topolojisi NJ ile aynı sonuçlandı. ML ağacına göre de haplotipler, H1-3, H4-6, H7-8, H9-12 H13-16 olmak üzere 5 gruba ayrıldı (Şekil 3.2).



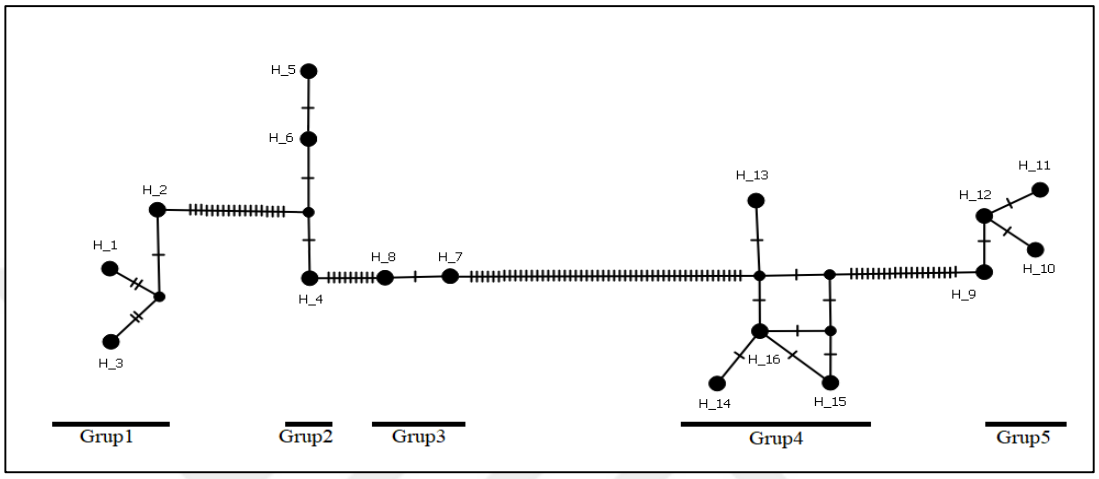
Şekil 3.2. ML metodu GTR+G modeli ile 10.000 tekrarla haplotiplerin moleküler filogenetik analizi

Bayesian Inference analizi Geneious programında Mr. Bayes 3.1 eklentisi kullanılarak 2.000.000 nesil (200.000 burn-in), *Rhagium mordax* ve *Pidonia ruficollis* dış grup olarak kullanılarak gerçekleştirildi. BI haplogrupları da NJ ve ML'dekine benzer şekilde beşe ayrıldı (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Bayesian Inference metodu GTR+G modeli ile haplotiplerin filogenetik analizi.

R. inquisitor'un intraspesifik soyhatlarınınn belirlenmesi için POPART 1.7 programında BOLD taksonomi arşivi ve bu çalışmadaki tüm haplotipleri içeren ağ analizi Median-Joining metodu ile yapıldı. Haplotip ağı, NJ, ML ve BI ağaçlarının topolojileri ile benzer sonucu vererek, haploiplerin 5 gruba ait olduğunu destekledi (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Median joining metodu ile haplotip ağı

Filogenetik ve ağ analizleri Kocaeli'den toplanmış olan H16 haplotipi Grup5 altında yer aldı. Haplotip analizleri, genetik uzaklık hesabı, NJ, ML ve BI ağaç topolojileri ile MJ ağı sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, hepsinin birbiriyle uyumlu olduğu, Kocaeli'de mevcut 5 haplotipten 4 tanesinin yerel, bir tanesinin ithalatla taşınmış olduğu, yerel haplotiplerin aynı grup altında toplanmasına karşın taşınmış haplotipin Avrupa haplotipleri ile aynı grupta toplandığı görüldü. Grup1 ve Grup2 altında toplanan tüm örneklerin yalnızca Kanada'dan bildirilmiş olduğu, Kocaeli'den analizlere dahil edilen 26 birey içinde 4 tanesi yerel 1 tanesi Avrupa'dan olmak üzere toplam 5 tane haplotip tespit edildi. H1-H6 haplotiplerine yalnıca Kanada sınırları içinde rastlanırken, H7 haplotipinin hem Kanada hem de Alaska'da olduğu ve yalnızca Alaska'da var olan H8 ile aynı soyhattında olduğu belirlendi. Avrupa'dan örneklerin toplanmış olduğu Grup 4, Türkiye'den örnekleri içeren Grup5 ile aynı soy hattında bulundu. Çalışmada en yaygın olan haplotipin H16 olduğu belirlendi. Bu durum, H16'nın anavatanı olan ülkenin diğer tüm ülkelere kereste satışı yapıyor olduğunun bir işareti olarak değerlendirilebilir. Tüm haplotiplerin birbirleri ile ve kendi gruplarındaki ilişkileri değerlendirildiğinde, *R. inquisitor*'un coğrafi engeller sebebiyle allopatrik kriptik türleşme göstermiş olduğu sonucuna varılabilir.

3.3. Morfometrik Analizler

Morfometrik ölçümlerin ANOVA sonuçları değerlendirildiğinde 49 dişi ve 50 erkek olmak üzere toplam 99 bireyden elde edilen sonuçlarda, Şekil 2.3 ve Tablo 2.2'de belirtilen morfolojik karakterlerin boyutu üzerine cinsiyetin bir etkisi olmadığı görüldü ($P<0.05$, Tablo 3.3).

Bu nedenle iklim etkisi, endüstri ve orman alanların karşılaştırılması ve yaygın haplotiplerin karşılaştırılmasında, cinsiyet bir faktör olarak değerlendirilmeksizin tek yölü varyans analizi analizleri yapıldı.

Ormanlar ile endüstri bölgeleri arasındaki fark değerlendirildiğinde, anten segmentlerinden 5, 6, 8 ve 9. flagella segmentlerinde ve ön, orta ve arka bacak femurlarında farklılık olduğu belirlendi. Endüstri bölgesindeki bireylerin 5-9 flagella segmentleri ve femurların çapları doğal orman alanlarında olanlardan daha dardı.

Endüstri bölgesinde F5W kodlu 5. flagellumun segmentinin çapı 0.31±0.04 mm ortalamayla 0.30-0.33 mm değerleri arasında iken, orman alanlarından toplanan bireylerde 0.33±0.05 mm ortalamayla 0.32-0.35 mm değerlerindeydi. Benzer şekilde endüstri bölgesinde F6 kodlu flagellum çapı 0.28±0.04 mm ortalamayla 0.27-0.29 mm değerleri arasında, orman alanlarından toplanan bireylerde 0.31±0.04 mm ortalamayla 0.29-0.32 mm değerleri arasında oldu.

Aynı durum F8 ve F9 segmentlerinde de geçerli oldu. F8 endüstriyel alanlarda 0.25±0.03 mm ortalama, 0.24-0.26 mm aralığında değerler alırken orman alanlarındaki bireylerde ortalama 0.27±0.05 mm ortalama, 0.25-0.28 mm aralığındaydı. F9 endüstriyel alanlarda 0.24±0.03 mm ortalama ile 0.23-0.25 mm değerler alırken orman alanlarında 0.26±0.04 mm ortalama ile 0.24-0.27 mm değerleri arasında belirlendi (Tablo 3.4., $P<0,05$).

F6 ve F8 segmentleri arasında kalan F7 segmentinde bir fark gözlenmemesi, ölçümlerde bir hata olabileceği veya bu segmentin özel bir işlevinin olabileceğini akla getirmektedir.

Tablo 3.3. Dişi erkek arasındaki değerler

Karakter (mm)	Dişi (n=49)		Erkek (n=50)	
	Genişlik	Ort±SS	Genişlik	Ort±SS
ID	1,10-1,19	1,15±0,15	1,13-1,22	1,17±0,16
PAW	1,47-1,68	1,57±0,37	1,46-1,71	1,58±0,45
PML	2,10-2,21	2,16±0,2	2,05-2,21	2,13±0,28
PBW	1,71-1,87	1,79±0,28	1,71-1,92	1,82±0,37
EW	3,62-3,85	3,74±0,41	3,54-3,81	3,68±0,48
EL	6,70-7,30	7,00±1,05	6,66-7,14	6,90±0,85
TOTALL	10,41-11,10	10,75±1,20	10,33-11,03	10,68±1,23
SL	1,03-1,08	1,05±0,1	0,99-1,09	1,04±0,18
SW	0,36-0,39	0,38±0,06	0,37-0,41	0,39±0,06
PL	0,15-0,17	0,16±0,04	0,15-0,17	0,16±0,04
PW	0,21-0,23	0,22±0,04	0,21-0,26	0,23±0,09
F1L	0,50-0,55	0,53±0,09	0,50-0,55	0,52±0,09
F1W	0,26-0,29	0,27±0,05	0,26-0,29	0,27±0,05
F2L	0,46-0,51	0,48±0,08	0,45-0,50	0,48±0,08
F2W	0,25-0,28	0,27±0,05	0,26-0,28	0,27±0,05
F3L	0,78-0,83	0,80±0,09	0,76-0,82	0,79±0,10
F3W	0,36-0,39	0,37±0,05	0,36-0,39	0,38±0,05
F4L	0,51-0,56	0,53±0,08	0,50-0,55	0,53±0,08
F4W	0,32-0,34	0,33±0,05	0,32-0,35	0,34±0,05
F5L	0,50-0,54	0,52±0,08	0,50-0,54	0,52±0,08
F5W	0,31-0,33	0,32±0,04	0,31-0,34	0,33±0,05
F6L	0,41-0,45	0,43±0,07	0,40-0,44	0,42±0,07
F6W	0,28-0,30	0,29±0,04	0,29-0,31	0,30±0,05
F7L	0,34-0,38	0,36±0,06	0,34-0,38	0,36±0,07
F7W	0,26-0,28	0,27±0,03	0,26-0,28	0,27±0,04
F8L	0,29-0,33	0,31±0,06	0,28-0,32	0,30±0,07
F8W	0,24-0,26	0,25±0,04	0,25-0,28	0,27±0,05
F9L	0,46-0,51	0,49±0,08	0,45-0,50	0,47±0,09
F9W	0,24-0,25	0,25±0,03	0,24-0,26	0,25±0,04
PrFeL	2,74-3,03	2,88±0,50	2,88-3,06	2,97±0,31
PrFeW	0,78-0,85	0,82±0,12	0,78-0,86	0,82±0,14
PrTiL	2,86-3,03	2,95±0,31	2,81-2,99	2,90±0,31
PrTaL	1,98-2,15	2,06±0,29	1,98-2,13	2,06±0,27
MsFeL	3,33-3,58	3,45±0,42	3,14-3,50	3,32±0,62
MsFeW	0,78-0,84	0,81±0,11	0,79-0,84	0,81±0,10
MsTiL	3,15-3,37	3,26±0,39	3,01-3,27	3,14±0,46
MsTaL	2,04-2,22	2,13±0,30	2,00-2,18	2,09±0,31
MtFeL	4,02-4,32	4,17±0,52	4,01-4,33	4,17±0,55
MtFeW	0,75-0,81	0,78±0,10	0,75-0,82	0,78±0,12
MtTiL	3,90-4,19	4,05±0,50	3,94-4,21	4,07±0,47
MtTaL	2,23-2,45	2,34±0,38	2,21-2,40	2,31±0,33

Tabloda karakterler arasında anlamlı farklılık olmadığı görülmektedir. ($P<0,05$)

Antenlerin çiftleşme, yiyecek arama ve arama gibi hayati rolleri ve coleoptean böceklerde tipik reseptör dağılımına sahip olduğu (Hu ve diğ., 2009; Crook ve diğ., 2003; Zhang ve diğ., 2011), ve genel olarak antenin uzunluğu ve genişliği, üzerinde bulunan sensilla sayısıyla doğru orantılıdır göz önünde bulundurulduğunda (Smallegange ve diğ., 2008; Spaethe ve diğ., 2007) anten boyutu ile sensilla sayısı arasındaki pozitif korelasyon, anten boyutunun temel gereksinimlere ulaşma yeteneğini etkileyebileceğini akla getirir.

Flagellumda bulunan bazikonik reseptörler termosensitif, higrosensitif özelliklere ve koku alma işlevine sahiptirler (Altner ve Prillinger 1980; Zacharuk, 1985; Lopes ve diğ., 2002) bunlardan biri termo ve/veya higrosensitiftir (Altner ve diğ., 1981; Hallberg, 1982). Böceğin tüm bacaklarının femurlarında da antenlere benzer şekilde endüstri bölgesinde olanlarda, ormanlarda olanlara nazaran incelme vardı.

Endüstri alanlarında ön, orta ve arka femur ortamalamaları sırasıyla 0.79±0.13 mm, 0.78±0.10 mm ve 0.76±0.11mm iken en yüksek ve en düşük değerleri sırasıyla 0.75-0.83 mm, 0.75-0.81 mm ve 0.72-0.79 mm olarak belirlendi. Orman alanlarında ise ön PrFeW, MsFeW orta ve MtFeW arka femur ortalamaları sırasıyla 0.85±0.12 mm, 0.85±0.10 mm ve 0.81±0.11 mm, iken en yüksek ve en düşük değerleri sırasıyla 0.81-0.89 mm, 0.82-0.88 mm ve 0.77-0.84 mm olarak belirlendi (Tablo 3.4, $P<0,05$).

Femur doğrulma davranışları ve titreşim algılamada (Frantsevich, 2004), özellikle orta femurdaki femoral kondotonal organ ve düşük frekanslı titreşimleri tespit etmekten sorumlu olan kütiküler apodem, bulunur ve bu organlar yaklaşan avcıların ve konspesifik bireylerin algılanmasında görev alır (Takanashi ve diğ., 2016).

Antenlerin çiftleşme, yiyecek arama, konak algılama (Hu ve diğ., 2009; Zhang ve diğ., 2011) femurun haberci titreşimleri algılama görevi bu organların tür içi (sosyal, cinsel, saldırganlık) ve türler arası (konak belirleme, av-avcı, rekabet) ilişki ve davranışlarda etkili hayati rollere sahip olduğunu (Cocroft ve Rodríguez, 2005; Breidbach, 1986), endüstriyel bölgelerde genişliğin azalmasına bağlı olarak reseptör sayılarının da azalacağını dolayısıyla tür içi rekabet şartlarını orman alanlarnda yaşayanların lehine değiştireceğini düşündürmektedir.

Tablo 3.4. Endüstri bölgesi ile orman alanları arasındaki anlamlı farklılık

Karakter (mm)	Endüstri Bölgesi (n=45)		Orman (n=46)	
	Genişlik	Ort±SS	Genişlik	Ort±SS
ID	1,10-1,18	1,14±0,14	1,14-1,24	1,19±0,17
PAW	1,43-1,72	1,57±0,47	1,47-1,67	1,57±0,35
PML	2,08-2,23	2,16±0,24	2,07-2,22	2,14±0,26
PBW	1,69-1,90	1,80±0,35	1,72-1,92	1,82±0,32
EW	3,50-3,78	3,64±0,46	3,69-3,94	3,82±0,41
EL	6,54-7,07	6,80±0,88	6,84-7,44	7,14±1,00
TOTALL	10,18-10,91	10,55±1,21	10,57-11,26	10,92±1,15
SL	0,96-1,06	1,01±0,17	1,05-1,11	1,08±0,11
SW	0,35-0,39	0,37±0,06	0,37-0,41	0,39±0,07
PL	0,15-0,17	0,16±0,04	0,15-0,17	0,16±0,04
PW	0,20-0,26	0,23±0,09	0,21-0,23	0,22±0,04
F1L	0,48-0,53	0,51±0,09	0,51-0,57	0,54±0,09
F1W	0,25-0,29	0,27±0,06	0,26-0,29	0,28±0,05
F2L	0,45-0,49	0,47±0,08	0,46-0,51	0,48±0,08
F2W	0,25-0,27	0,26±0,05	0,26-0,29	0,28±0,05
F3L	0,75-0,81	0,78±0,09	0,78-0,85	0,82±0,10
F3W	0,36-0,38	0,37±0,04	0,37-0,40	0,38±0,05
F4L	0,50-0,55	0,53±0,08	0,51-0,56	0,53±0,08
F4W	0,31-0,34	0,32±0,05	0,33-0,36	0,34±0,05
F5L	0,49-0,54	0,52±0,07	0,50-0,55	0,53±0,09
F5W	**0,30-0,33[a]**	**0,31±0,04**	**0,32-0,35[b]**	**0,33±0,05**
F6L	0,40-0,44	0,42±0,06	0,41-0,45	0,43±0,07
F6W	**0,27-0,29[a]**	**0,28±0,04**	**0,29-0,32[b]**	**0,31±0,04**
F7L	0,34-0,37	0,35±0,06	0,34-0,39	0,37±0,07
F7W	**0,26-0,27[a]**	**0,26±0,03**	**0,27-0,29[b]**	**0,28±0,04**
F8L	0,29-0,32	0,31±0,06	0,28-0,32	0,30±0,07
F8W	**0,24-0,26[a]**	**0,25±0,03**	**0,25-0,28[b]**	**0,27±0,05**
F9L	0,46-0,50	0,48±0,07	0,44-0,51	0,48±0,10
F9W	**0,23-0,25[a]**	**0,24±0,03**	**0,24-0,27[b]**	**0,26±0,04**
PrFeL	2,82-3,02	2,92±0,33	2,81-3,11	2,96±0,51
PrFeW	**0,75-0,83[a]**	**0,79±0,13**	**0,81-0,89[b]**	**0,85±0,12**
PrTiL	2,77-2,98	2,87±0,35	2,90-3,07	2,99±0,28
PrTaL	1,98-2,15	2,07±0,29	1,96-2,12	2,04±0,26
MsFeL	3,18-3,44	3,31±0,43	3,24-3,62	3,43±0,64
MsFeW	**0,75-0,8[a]**	**0,78±0,10**	**0,82-0,88[b]**	**0,85±0,10**
MsTiL	3,04-3,26	3,15±0,36	3,08-3,39	3,24±0,51
MsTaL	1,95-2,14	2,04±0,31	2,07-2,24	2,16±0,29
MtFeL	3,95-4,30	4,12±0,57	4,09-4,39	4,24±0,51
MtFeW	**0,72-0,79[a]**	**0,76±0,11**	**0,77-0,84[b]**	**0,81±0,11**
MtTiL	3,84-4,16	4,00±0,53	3,98-4,26	4,12±0,46
MtTaL	2,27-2,50	2,38±0,38	2.,8-2,37	2,28±0,33

Aynı satırdaki harfler (a,b), o karakterdeki endüstri bölgesi ve orman alanlarındaki anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir. ($P<0,05$)

Tablo 3.5. CSA ve CFA iklim tipleri arasındaki fark

Karakter (mm)	CSA (n=15)		CFA (n=14)	
	Genişlik	Ort±SS	Genişlik	Ort±SS
ID	1,11-1,34	1,23±0,20	1,06-1,17	1,11±0,10
PAW	1,50-2,03	1,76±0,48	1,35-1,78	1,56±0,37
PML	2,00-2,30	2,15±0,27	2,01-2,25	2,13±0,21
PBW	1,69-1,95	1,82±0,24	1,61-1,84	1,72±0,20
EW	**3,57-4,01[a]**	**3,79±0,41**	**3,21-3,67[b]**	**3,44±0,40**
EL	6,39-7,60	7,00±1,09	6,09-7,16	6,63±0,92
TOTALL	9,88-11,19	10,54±1,18	9,73-11,45	10,59±1,49
SL	0,99-0,11	1,05±0,11	1,02-1,10	1,06±0,07
SW	0,35-0,40	0,38±0,04	0,36-0,41	0,38±0,04
PL	0,13-0,17	0,15±0,04	0,15-0,18	0,17±0,03
PW	0,19-0,23	0,21±0,04	0,18-0,24	0,21±0,05
F1L	0,47-0,55	0,51±0,08	0,46-0,57	0,52±0,09
F1W	0,23-0,30	0,27-0,06	0,24-0,28	0,26-0,04
F2L	0,43-0,52	0,47-0,08	0,45-0,53	0,49-0,07
F2W	0,24-0,30	0,27-0,05	0,23-0,27	0,25-0,04
F3L	0,74-0,85	0,79-0,10	0,75-0,86	0,80-0,09
F3W	0,36-0,39	0,37-0,03	0,33-0,38	0,36-0,04
F4L	0,46-0,57	0,51-0,10	0,48-0,59	0,54-0,09
F4W	0,30-0,35	0,32-0,05	0,30-0,35	0,32-0,05
F5L	0,45-0,55	0,50-0,09	0,47-0,58	0,53-0,09
F5W	0,30-0,34	0,32-0,03	0,29-0,33	0,31-0,03
F6L	0,37-0,47	0,42-0,08	0,35-0,45	0,40-0,09
F6W	0,27-0,31	0,29-0,04	0,26-0,31	0,28-0,04
F7L	0,30-0,38	0,34-0,07	0,31-0,40	0,36-0,08
F7W	0,25-0,28	0,26-0,03	0,23-0,28	0,25-0,04
F8L	0,26-0,33	0,30-0,06	0,26-0,35	0,31-0,07
F8W	**0,25-0,27[a]**	**0,26-0,02**	**0,21-0,25[b]**	**0,23-0,04**
F9L	0,41-0,52	0,47-0,09	0,44-0,52	0,48-0,07
F9W	0,23-0,26	0,25-0,02	0,21-0,26	0,23-0,04
PrFeL	2,68-3,11	2,89-0,39	2,67-2,89	2,78-0,19
PrFeW	0,67-0,84	0,76-0,16	0,78-0,85	0,82-0,06
PrTiL	2,80-3,14	2,97-0,30	2,74-3,00	2,87-0,23
PrTaL	1,87-2,17	2,02-0,27	1,88-2,33	2,11-0,39
MsFeL	3,17-3,70	3,43-0,47	3,27-3,69	3,48-0,37
MsFeW	0,77-0,88	0,82-0,10	0,75-0,83	0,79-0,07
MsTiL	2,65-3,48	3,06-0,75	3,11-3,38	3,25-0,23
MsTaL	1,95-2,39	2,17-0,39	1,99-2,22	2,10-0,20
MtFeL	3,71-4,41	4,06-0,63	3,77-4,32	4,04-0,48
MtFeW	0,70-0,81	0,76-0,10	0,77-0,85	0,81-0,07
MtTiL	3,63-4,23	3,93-0,54	3,89-4,20	4,05-0,26
MtTaL	1,97-2,43	2,20-0,42	2,17-2,53	2,35-0,31

Aynı satırdaki harfler (a,b), o karakterdeki anlamlı CSA ve CFA iklim tipleri arasındaki farklılık olduğunu göstermektedir. ($P<0,05$)

Tablo 3.6. En yaygın görülen iki haplotip arasındaki fark. (Bu haplotipler her bölgeden bulundular)

Karakter (mm)	Haplotip-11 (n=11)		Haplotip-12 (n=9)	
	Genişlik	Ort±SS	Genişlik	Ort±SS
ID	**1,06-1,18[a]**	**1,12±0,09**	**1,14-1,39[b]**	**1,27±0,17**
PAW	1,43-1,99	1,71±0,47	1,27-2,01	1,64±0,48
PML	1,94-2,23	2,08±0,24	1,82-2,27	2,05±0,29
PBW	1,54-1,88	1,71±0,28	1,21-2,40	1,81±0,77
EW	3,43-3,81	3,62±0,32	2,84-4,08	3,46±0,81
EL	6,31-7,73	7,02±1,17	6,06-8,20	7,13±1,39
TOTALL	9,74-11,50	10,62±1,46	9,29-11,74	10,51±1,60
SL	0,97-1,11	1,04±0,12	0,95-1,17	1,06±0,14
SW	0,33-0,41	0,37±0,07	0,33-0,42	0,38±0,05
PL	0,13-0,18	0,16±0,05	0,13-0,19	0,16±0,04
PW	0,20-0,25	0,23±0,04	0,16-0,24	0,20±0,06
F1L	0,47-0,57	0,52±0,08	0,45-0,61	0,53±0,10
F1W	0,23-0,30	0,27±0,06	0,22-0,28	0,25±0,04
F2L	0,42-0,52	0,47±0,09	0,43-0,55	0,49±0,07
F2W	0,23-0,29	0,26±0,05	0,21-0,28	0,25±0,05
F3L	0,73-0,83	0,78±0,08	0,69-0,86	0,78±0,11
F3W	0,33-0,40	0,36±0,06	0,33-0,39	0,36±0,04
F4L	0,46-0,55	0,51±0,07	0,44-0,58	0,51±0,09
F4W	0,28-0,35	0,32±0,06	0,29-0,36	0,32±0,04
F5L	0,47-0,56	0,51±0,08	0,45-0,57	0,51±0,08
F5W	0,28-0,33	0,31±0,04	0,27-0,34	0,31±0,05
F6L	0,37-0,46	0,42±0,07	0,36-0,48	0,42±0,07
F6W	0,26-0,31	0,28±0,04	0,24-0,32	0,28±0,06
F7L	0,35-0,41	0,38±0,05	0,29-0,40	0,35±0,07
F7W	0,24-0,27	0,26±0,02	0,24-0,31	0,27±0,04
F8L	0,24-0,34	0,29±0,08	0,24-0,34	0,29±0,07
F8W	0,21-0,25	0,23±0,04	0,22-0,29	0,25±0,04
F9L	0,41-0,52	0,46±0,09	0,39-0,55	0,47±0,10
F9W	0,21-0,25	0,23±0,03	0,21-0,26	0,24±0,03
PrFeL	2,75-3,16	2,96±0,34	2,61-3,16	2,89±0,36
PrFeW	0,69-0,87	0,78±0,15	0,66-0,91	0,78±0,17
PrTiL	2,70-3,14	2,92±0,36	2,58-3,18	2,88±0,39
PrTaL	1,83-2,32	2,07±0,41	1,78-2,32	2,05±0,35
MsFeL	2,54-3,66	3,10±0,92	2,96-3,90	3,43±0,61
MsFeW	0,73-0,83	0,78±0,08	0,72-0,91	0,82±0,12
MsTiL	2,96-3,42	3,19±0,38	2,82-3,53	3,17±0,46
MsTaL	1,92-2,40	2,16±0,39	1,87-2,49	2,18±0,40
MtFeL	3,49-4,23	3,86±0,61	3,78-4,52	4,15±0,48
MtFeW	0,70-0,85	0,78±0,12	0,68-0,89	0,79±0,13
MtTiL	3,60-4,28	3,94±0,56	3,54-4,40	3,97±0,56
MtTaL	2,13-2,65	2,39±0,42	1,99-2,63	2,31±0,42

Aynı satırdaki harfler (a,b), o karakterdeki en yaygın görülen iki haplotip arasındaki farklılık olduğunu göstermektedir. ($P<0,05$)

Elitranın işlevi yalnızca uçuş değil, sırt üstü düşmeden sonra doğrulma, üzerindeki özelleşmiş Lehr organı reseptörleri sayesinde aerodinamik kuvvet üretimi ile yön belirleme ve hedefe ilerleme gibi faaliyetlerde görevlidir. (Nachtigall, 1964; Schneider ve Hermes, 1976; Le ve diğ., 2010; Sitorus ve diğ., Han, 2010; Schneider ve Krämer, 1974). Ayrıca, yarı-statik aerodinamik kuvvetler üretir ve hedeflenen yöne doğru ilerleme sağlar.

Lehr'in alanının büyüklüğü elitranun büyüklüğü ile orantılıdır (Frantsevich ve diğ., 2014). Yırtıcı hayvanlara, kuraklığa ve anlık sıcaklık değişikliklerine karşı böcekleri korumak elitranın bir diğer görevidi. (Jolivet, 1998; Linz ve diğ., 2016). Elitra renklenmesi, avcılara karşı kimyasal savunma ve cinsel birleşmeye hazır olma durumu hakkında habercidir (Bezzerides ve diğ., 2007). Elitranın balmumu tabakası eşey feromonu hidrokarbonları içerir (Howard ve Blomquist, 2005). Aynı zamanda, elitra boyutu doğurganlık ile de ilişkidir. Daha büyük elitraya sahip bireyler daha fazla yumurta üretme kabiliyetine sahiptir (Matsumoto ve Irianto, 1998).

İklim tiplerindeki farklılık elitra genişliği üzerinde etki oldu. CSA iklim tipindeki bireylerde elitra ortalama genişliği 3.79±0.41 mm, değer aralığı 3.57-4.01 mm iken CFA iklim tipindeki bireylerde ortalama genişlik 3.44±0.40 mm, değer aralığı ise 3.21-3.67 mm olarak belirlendi (Tablo 3.5). Bu durum, Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yaşayan bireylerin, nemli subtropical iklime göre, doğurganlık, hedefe yönelme, sıcaklık değişimlerine ve kuraklığa karşı korunma açısından daha avantajlı durumda olduğunun göstergesi olabilir.

En yaygın görülen iki haplotipin tespit edildiği örneklerin morfolojik sonuçları incelendiğinde, aralarındaki tek farkın iki göz arasındaki mesafedeki değişiklik olduğu görülmektedir. H11'in ID bölgesi H12'ye göre daha dardı (Tablo 3.6).

Bu sonuç, evrimsel açıdan gözler arasındaki mesafenin etkileri hakkında yeterli çalışmaya rastlanmadığından değerlendirmesi zor bir sonuçtur. Ancak, COI haplotiplerindeki farklılıkların morfololojik bir karakterlerle paralel farklılık göstermesi, simpatrik türleşmenin bir habercisi olarak değerlendirilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ormanlarımızda sıklıkla rastlanan *Rhagium inquisitor* orman ekosisteminde önemli bir rol üstlenen ancak populasyonu arttığında ve ham keresteler için tehlikeli olan bir türdür. Kereste ithalatı sırasında uluslararası biyogüvenliğin sağlanması için 2000/29 EC (Avrupa Komisyonu, Konsey Direktifi), ISPM 15 (bitki sağlığı önlemleri için uluslararası standart) gibi yönerge ve uygulamalar olmasına rağmen, böceklerin taşınması hala bir tehlikdedir. Kocaeli ili, Avrupa ile Asya kıtası arasında yer almakta olup yüksek uluslararası ticaret hacmine sahiptir. Dünyanın birçok ülkesinden, özellikle Avrupa ve Afrika ülkelerinden endüstriyel odun, kereste ve ahşap ambalaj malzemeleri 37 liman üzerinden ülkeye giriş yapmaktadır. Ahşap malzemelerin bir kısmı Kocaeli'deki kereste depolarında tutulmaktadır. Bu durum potansiyel istilacı zararlıların orman alanlarına girmesini kolaylaştırmaktadır.

Morfolojik karakterler bir türün yaşam mücadelesindeki gücünü belirleyici özelliklere sahiptir. Antenler üzerlerinde taşıdıkları duyu almaçları sayesinde avcıyı farketme, eş arama, haberleşme, besine yönelme gibi davranışlarını düzenlerken, elitra eşleşme olgunluğunun belirteci, avcıya tehlike sinyalleri verme, kuraklık ve soğuktan korunma, uçma yönünün ve hızının belirlenmesi gibi roller üstlenmiştir. Bacaklar yürümenin yanı sıra, üzerideki reseptörler sayesinde titreşimi algılama, sırüstü düşmeden sonra tekrar denge sağlama ve doğrulma davranışı gibi hayati rollere sahiptir. Hem genetik hem de morfolojik çeşitliliğin araştırıldığı bu çalışma sonucunda, günümüze dek Dünya'dan bildirilen bireyler arasına genetik analizler yapılmış ve bunların 5 gruba ayrılan 16 haplotip olduğu belirlenmiştir. Gruplar coğrafi olarak yakın bölgelerden örneklerden oluşmaktadır. Kanada ve Amerika haplotipleri yakın gruplanırken, Avrupa ve Türkiye örnekleri birbirlerine yakın gruplanmıştır.

Gruplar arasındaki COI'ye dayalı genetik mesafenin değişken olduğu görüldü. H1-3 (Grup1)'ün, H4-6 (Grup2), H7-8 (Grup3), H9-12 (Grup4) H13-16 (Grup5) ile arasındaki mesafe sırasıyla %3, %3, %3, %10 ve %10; Grup2'nin Grup 3, Grup4,

Grup5 ile arasındaki mesafe sırasıyla %2, %10, ve %9; Grup 3'ün Grup 4 ve Grup5 ile arasındaki mesafe sırasıyla %9 ve %8; Grup 4 ve Grup 5 arasındaki mesafe ise %4 olarak hesaplandı. COI barkod bölgesinin tür tanımlama eşiği genellikle % 1'den az ve tür içi mesafe nadir taksonlar hariç % 2'den azdır. Bu duruma göz önünde bulundurulduğunda, Grup1, Grup2-3, Grup4 ve Grup5'in morfolojik olarak aynı tür altında tamınlanıyor olsalar da, aslında kriptik türler olduğu sonucuna varılabilir. Ayrıca türleşmenin coğrafi engellere uygun şekilde gerçekleşmiş olması, allopatrik türleşme olduğu sonucuna götürmektedir. Öte yandan haplotiplerin yalnızca bir bölgede sınırlı kalmayıp, diğer bölgelerde rastlanmış olması, türleşme gerçekleştikten sonra, muhtemelen uluslararası ticaretin yoğunlaştığı son bir kaç yüzyılda taşınmış olduğunu göstermektedir. H16 haplotipinin hem Türkiye'ye hem de diğer Avrupa ülkelerinde görülmesi, muhtemelen fazla kereste ihraç eden bir Avrupa ülkesinin yaptığı uygulamanın yetersiz olduğu, böcekleri Avrupa ve Asya'ya geçişini sağladığı fikrini doğurmaktadır. Öte yandan alıcı ülkelerin de yeterince denetim yapmayarak türlerin girişini kolaylaştırdığı söylenebilir. *R. inquisitor* bu durumda bir örnek teşkil etmektedir. Bunun gibi bir çok tür ülkemize giriş yapıyor olabilir. Öte yandan soğuk Avrupa şartlarında yaşayan böcekler, ülkemizin ılımlı ikliminde baskın hale gelip, ormanlarımıza bulaşabilirler.

Morfolojik karakterlerin yaşam mücadesinde hayati rol oynar. Femur doğrulma davranışları ve titreşim algılamada, koşmada, sıçramada rol oynar. Antenlerin çiftleşme, yiyecek arama, konak algılamada, elitra doğrulma, aerodinamik kuvvet üretimi, yön belirleme de görevlidir. Bu organların büyüklüklerindeki değişimler üzerlerindeki reseptör sayını etkiler ve tür içi femurun haberci titreşimleri algılama görevi bu organların tür içi (sosyal, cinsel, saldırganlık) ve türler arası (konak belirleme, av-avcı, rekabet) ilişki ve davranışlarda farklılıklara sebep olur. Endüstriyel bölgelerde anten ve femur genişliğin azalmasına bağlı olarak reseptör sayılarının da azalacağını dolayısıyla tür içi rekabet şartlarını orman alanlarnda yaşayanların lehine değiştireceğini düşündürmektedir. İklim tiplerindeki farklılığın etkisi elitra üzerinde görüldü. CSA iklim tipindeki bireylerin CFA iklim tipinde yaşayanlara göre kuraklığa daha dayanıklı olabileceği sonucuna varıldı. En yaygın görülen iki haplotipin sonuçları incelendiğinde, aralarındaki tek farkın iki göz arasındaki mesafedeki değişiklik olduğu görülmektedir.H11'in ID bölgesi H12'ye

göre daha dardı. Bu sonuç, evrimsel açıdan gözler arasındaki mesafenin etkileri hakkında yeterli çalışmaya rastlanmadığından değerlendirmesi zor bir sonuçtur. Ancak, COI haplotiplerindeki farklılıkların morfololojik bir karakterlerle paralel farklılık göstermesi, simpatrik türleşmenin bir habercisi olarak değerlendirilebilir. Küçük bir coğrafi alan içinde, morfolojik karakterlerin çeşitlililik göstermesi, daha büyük coğrafi alanda genetik olarak allopatrik türleşme gösterme ihtimali yüksek olan *R. inquisitor*'un morfolojik anahtarlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Ayrıca barkod bölgesindeki çeşitliliğin türleşme olduğunun bir habercisi olduğu, bunun kontrolü için genetik mesafesi uzak haplotiplerin verimli döl verip veremeyeceğinin de test edilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

Aksöyek E., İbiş O., Özcan S., Moradi M., Tez C., DNA Barcoding of Three Species (*Canis aureus*, *Canis lupus* and *Vulpes vulpes*) of Canidae, Mitochondrial DNA Part A, 2017, **28**(5), 747-755.

Ball S.L., Hebert P.D.N., Burian SK., Webb JM: Biological Identifications of Mayflies (Ephemeroptera) Using DNA Barcodes, J N Am Benthol Soc. 2005, **24**(3), 508-524.

Basham J.T., Belyea R. M., Death and Deterioration of Balsam Fir Weakened By Spruce Budworm Defoliation in Ontario, Part 111. The Deterioration of Dead Trees, Forest Science, 1960, **6**(1), 78-96.

Berkov A., "The Impact of Redefined Species Limits in Palame (Coleoptera: Cerambycidae: Lamiinae: Acanthocinini) on Assessments of Host, Seasonal and Stratum Specificity, Biological Journal of the Linnean Society, 2002, **76**(2), 195-209.

Bezzerides A. L., McGraw K. J., Parker R. S., Husseini J., Elytra Color as a Signal of Chemical Defense in The Asian Ladybird Beetle *Harmonia axyridis*, Behavioral Ecology and Sociobiology, 2007, **61**(9), 1401-1408.

Bozkurt A.Y., Göker Y., Erdin N., Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, I. Orman Fakültesi Yayınları. İÜ Yayın, 1993, 3779.

Breidbach O., Studies on the Stridulation of *Hylotrupes bajulus* (L.)(Cerambycidae, Coleoptera) Communication Through Support Vibration—Morphology and Mechanics of the Signal, Behavioural Processes, 1986, **12**(2), 169-186.

Chen J. M., Qiao H. L., Chen J., Xu C. Q., Liu S., Lian Z. M., Guo K., Observation of Antennal Sensilla in *Xylotrechus grayii* (Coleoptera: Cerambycidae) With Scanning Electron Microscopy, Microscopy Research and Technique, 2014, **77**(4), 264-273.

Cocroft R. B., Rodríguez, R. L., The Behavioral Ecology of Insect Vibrational Communication, Bioscience, 2005, **55**(4), 323-334.

Collins R. A., Armstrong K. F., Meier R., Yi Y., Brown S. D., Cruickshank R. H., Johnston C., "Barcoding and Border Biosecurity: Identifying Cyprinid Fishes in the *Aquarium Trade*". PloS one, 2012, **7**(1), e28381.

Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Crook D. J., Higgins R. A., Ramaswamy S. B., Antennal Morphology of The Soybean Stemborer *Dectes texanus LeConte* (Coleoptera: Cerambycidae). Journal of The Kansas Entomological Society, 2003, **76**(3), 397-405.

Daı H. G., Honda H., Sensilla on The Antennal Flagellum of the Yellow Spotted Longicorn Beetle, *Psacothea hilaris* (Pascoe)(Coleoptera: Cerambycidae), Applied Entomology and Zoology, 1990, **25**(2), 273-282.

Daly P. J., Ryan M. F. Ultrastructure of Antennal Sensilla of *Nebria brevicollis* (Fab.)(Coleoptera: Carabidae), International Journal of Insect Morphology and Embryology, 1979, **8**(3-4), 169-181.

Dincă V., Zakharov E. V., Hebert P. D., Vila R., "Complete DNA Barcode Reference Library for a Country's Butterfly Fauna Reveals High Performance for Temperate Europe", Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 2011, **278**(1704), 347-355.

Dyer L. J., Seabrook W. D., Sensilla on The Antennal Flagellum of The Sawyer Beetles *Monochamus notatus* (Drury) and *Monochamus scutellatus* (Say)(Coleoptera: Cerambycidae), Journal of Morphology, 1975, **146**(4), 513-531.

Eker İ., Vural M., Aslan S., Ankara İlinin Damarlı Bitki Çeşitliliği ve Korumada Öncelikli Taksonları, Bağbahçe Bilim Dergisi, 2016, **2**(3), 57-114.

Esenin A. V., Ma W. C., Heavy Metals (Cd, Cu, Zn) in Wood and Wood-Feeding Insects and Other Invertebrates Associated with Decaying Pine Trees, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2000, **64**(2), 242-249.

Felsenstein J., Confidence Limits on Phylogenies: An approach Using the Bootstrap, Evolution, 1985, **39**(4), 783-791.

Foit J., Čermák V., Colonization of Disturbed Scots Pine Trees By Bark- and Wood- Boring Beetles, Agricultural and Forest Entomology, 2014, **16**(2), 184-195.

Foit J., Distribution of Early- Arriving Saproxylic Beetles on Standing Dead Scots Pine Trees, Agricultural and Forest Entomology, 2010, **12**(2), 133-141.

Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R., Vrijenhoek R., DNA Primers for Amplification of Mitochondrial Cytochrome C Oxidase Subunit I from Diverse Metazoan Invertebrates, Mol Mar Biol Biotechnol, 1994, **3**(5)294–299.

Frantsevich L., Gorb S., Radchenko V., Gladun D., Polilov A., Lehr's Fields of Campaniform Sensilla in Beetles (Coleoptera): Functional Morphology, I. General part and allometry, Arthropod Structure and development, 2014, **43**(6), 523-535.

Frantsevich L., Righting Kinematics in Beetles (Insecta: Coleoptera). Arthropod Structure and Development, 2004, **33**(3), 221-235.

Friedman A. L. L., Rittner O., Chikatunov V. I., Note: Five New Invasive Species of Longhorn Beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in Israel, Phytoparasitica, 2008, **36**(3),242-246.

Gilbert M. T. P., Moore W., Melchior L., Worobey M., DNA Extraction from Dry Duseum Deetles Without Conferring External Morphological Damage, PloS one, 2007 **2**(3), e272.

Gözcelioğlu B., Yabancı Türler ve Biyolojik İstila (Karadakiler), Bilim ve Teknik, 2009, 84-85.

Grimaldi D., Engel M., Evolutıon Of The Insects, Cambridge University Press, New York and Cambridge, xv + 755 pp, 2005.

Gunay F., Alten B., Simsek F., Aldemir A., Linton Y. M., "Barcoding Turkish *Culex mosquitoes* to *Facilitate Arbovirus* Vector Incrimination Studies Reveals Hidden Diversity and New Potential Vectors"Acta Tropica, 2015, 143, 112-120.

Haack R. A., Britton K. O., Brockerhoff E. G., Cavey J. F., Garrett L. J., Kimberley M., Vasilaky K. N., "Effectiveness of The International Phytosanitary Standard ISPM No. 15 on Reducing Wood Borer Infestation Rates In Wood Packaging Material Entering The USA", PLoS One, 2014, **9**(5), e96611.

Hajibabaei M., Smith M. A., Janzen D. H., Rodriguez J. J., Whitfield J. B., Hebert P. D., A Minimalist Barcode can Identify a Specimen whose DNA is Degraded, Molecular Ecology Notes, 2006, **6**(4), 959-964.

Hausmann A., Haszprunar G., Segerer A. H., Speidel W., Behounek G., Hebert P. D., "Now DNA-Barcoded: The Butterflies and Larger Moths of Germany" Spixiana, 2011, **34**(1), 47-58.

Hebert P. D N., Ratnasingham S., Zakharov E.V., Telfer AC., Levesque-Beaudin V., Milton MA., deWaard JR., "Counting Animal Species With DNA Barcodes: Canadian Insects." Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, 2016, **371** (1702): e1001127.

Hebert P. D. N., Dewaard J. R., Landry J.F., "DNA Barcodes for 1/1000 of The Animal Kingdom." Biology Letters, 2010, **6**(3) 359–62.

Hebert P. D. N., Ratnasingham S., de Waard J. R., Barcoding Animal Life: Cytochrome C Oxidase Subunit 1 Divergences Among Closely Related Species, Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 2003, **270**(1), 96-99.

Hebert P. D. N., Zakharov E. V., Prosser S. W., Sones J. E., McKeown J. T., Mantle B., La Salle J., "A DNA 'Barcode Blitz': Rapid Digitization and Sequencing of a Natural History Collection". PLoS One, 2013, **8**(7), e68535.

Hebert P.D.N., Cywinska A., Ball SL., de Waard JR., Biological Identifications Through DNA Barcodes, P Roy Soc Lond B Bio. 10.1098/rspb.2002.2218. 2003, **(270)** 313-321.

Hebert P.D.N., Penton EH., Burns JM., Janzen DH., Hallwachs W., Ten Species in one: DNA Barcoding Reveals Cryptic Species in the Neotropical Skipper Butterfly *Astrapes fulgerator*, P Natl Acad Sci USA. 2004, **101** (41), 14812-14817.

Hebert P.D.N., Ratnasingham S., de Waard JR., Barcoding Animal Life: Cytochrome C Oxidase Subunit 1 Divergences Among Closely Related Species, Proceedings of the Royal Society of London. Series B Biological Sciences, 2003, **270**(1), 96-99.

Hebert P.D.N., Stoekle M., Zemlak T., Francis C.M., Identification of Birds Through DNA Barcodes, PLoS Biology, 2004, **2**(10), 1657-1668.

Holmes BH., Steinke D., Ward RD., Identification of Shark and Ray Fins Using DNA Barcoding, Fish Res, 2009, **95**(2), 280-288.

Holzmueller E. J., Jose S., "Invasion Success of Cogongrass, an Alien C4 Perennial Grass, in The Southeastern USA: Exploration of The Ecological Basis", Biological Invasions, 2011, **13** (2), 435–42.

Howard R. W., Blomquist G. J., Ecological, Behavioral, and Biochemical aspects of İnsect Hydrocarbons, Annu. Rev. Entomol., 2005, 50, 371-393.

Huemer P., Mutanen M., Sefc K.M., Hebert P.D.N., "Testing DNA Barcode Performance in 1000 Species of European Lepidoptera: Large Geographic Distances Have Small Genetic Impacts". PLoS ONE, 2014, **9** (12) 1–22.

Hulme P. E., "Trade, Transport and Trouble: Managing Invasive Species Pathways in An Era of Globalization", Journal of Applied Ecology, 2009, **46** (1), 10–18.

Hurst G. D., Jiggins F. M., "Problems With Mitochondrial DNA as a Marker in Population, Phylogeographic and Phylogenetic Studies: the Effects of Inherited Symbionts", Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 2005, **272**(1572), 1525-1534.

Huş S., İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Orman Mahsülleri Kimyası, 1969, **50**(2).

Karabulut A., Türkiye Orman Ürünleri Sanayisinde ISPM 15 Standardına Göre Isıl İşlem Uygulayan İşletmeler Üzerine Bir Araştırma, Yüksek LisansTezi, Bartın Üniverssitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2014, 269298

Katoh K., Misawa K., Kuma K. I., Miyata T., MAFFT: A Novel Method for Rapid Multiple Sequence Alignment Based on Fast Fourier Transform, Nucleic Acids Research, 2002, **30**(14), 3059-3066.

Katoh K., Standley D.M.; MAFFT Multiple Sequence Alignment Software Version 7: Improvements in Performance and Usability, Molecular Biology and Evolution, Volume 30, Issue 4, 1 April 2013, Pages 772–780, https://doi.org/10.1093/molbev/mst010.

Kayahan A., Karaca İ., Biyolojik Mücadelede Önemli Entomofag Kuşlar, Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 2015, **6**(1), 51-65.

Kearse M., Moir R., Wilson A., Stones-Havas S., Cheung M., Sturrock S., Thierer T., Geneious Basic: An Integrated and Extendable Desktop Software Platform for

The Organization and Analysis of Sequence Data, Bioinformatics, 2012, **28**(12), 1647-1649.

Kenis M., Auger-Rozenberg M. A., Roques A., Timms L., Péré C., Cock M., Settele J., Lopez-Vaamonde C., Ecological Effects of Invasive Alien Insects, Biological Invasions, 2009, **11**(1), 21-45.

Kimura M., A Simple Method for Estimating Evolutionary Rate of Base Substitutions Through Comparative Studies of Nucleotide Sequences, Journal of Molecular Evolution 1980, **16**(2), 111-120.

Korczyński I., Kuźmiński R., Łabędzki A., Mazur A., Szczepańska D., Species Composition of Secondary Invaders and Accompanying Insects On thinning brush wood in pine stands, Acta Scientiarum Polonorum, Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria, 2007, **6**(1), 37-44.

Kress W. J., Erickson D. L., DNA Barcodes: Genes, Genomics, and Bioinformatics, Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008, **105**(8), 2761-2762.

Kristiansen E., Pedersen S., Ramløv H., Zachariassen K. E., Antifreeze Activity in The Cerambycid Beetle *Rhagium inquisitor*, Journal of Comparati and Physiology B, 1999, **169**(1), 55-60.

Kumar S., Stecher G., Li M., Knyaz C., Tamura K., MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms, Molecular Biology and Evolution, 2018, **35**(6), 1547-1549.

Le T. Q., Byun D., Ko J. H., Park H. C., Kim M., Numerical Investigation of the Aerodynamic Characteristics of a Hovering Coleopteran Insect, 2010, *Journal of Theoretical Biology*, **266**(4), 485-495.

Leigh J. W., Bryant D., Popart: full- feature Software for Haplotype Network Construction, Methods in Ecology and Evolution, 2015, **6**(9), 1110-1116.

Levinson H. Z., Levinson A. R., Jen T. L., Sex Recognition By a Pheromone in the Colorado Beetle, Naturwissenschaften, 1979, **66**(9), 472-473.

Liu X. H., Luo Y. Q., Cao C. J., Zong S. X., Scanning Electron Microscopy of Antennal Sensible of *Anoplistes Halodendri halodendri* and *Anoplistes halodendri ephippium* (Coleoptera: Cerambycidae), Microscopy Research and Technique, 2012, **75**(3), 367-373.

Lopes O., Barata E. N., Mustaparta H., Araújo J., Fine Structure of Antennal *Sensilla Basiconica* and Their Detection of Plant Volatiles in The *Eucalyptus woodborer*, *Phoracantha semipunctata* Fabricius (Coleoptera: Cerambycidae), Arthropod Structure and Development, 2002, **31**(1), 1-13.

Lowenstein J. H., Burger J., Jeitner C. W., Amato G., Kolokotronis S. O., Gochfeld M., "DNA Barcodes Reveal Species-Specific Mercury Levels in Tuna Sushi That Pose a Health Risk to Consumers", Biology Letters, 2010, **6**(5), 692-695.

MacKay C. A., Sweeney J. D., Hillier N. K., Morphology of Antennal Sensilla of the Brown Spruce Longhorn Beetle, *Tetropium fuscum* (Fabr.)(Coleoptera: Cerambycidae), Arthropod Structure and Development, 2014, **43**(5), 469-475.

Matsumoto K., Irianto R. S., Adult Biology of the Albizia Borer, *Xystrocera festiva thomson* (Coleoptera: Cerambycidae), Based on Laboratory Breeding, With Particular Reference to Its Oviposition Schedule, Journal of Tropical Forest Science, 1998, 367-378.

Mayra Perez-Sandi C., Addressing The Threat Of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), to Opuntia in Mexico. Florida Entomologist, 2001, **53**(15), 499-502.

Michelsen A., Observations on the Sexual Behaviour of Some Longicorn Beetles, Subfamily Lepturinae (Coleoptera, cerambycidae), Behaviour, 1963, **22**(1-2), 152-166.

Miller D. R., Allison J. D., Crowe C. M., Dickinson D. M., Eglitis A., Hofstetter R. W., Sweeney J. D., Pine Sawyers (Coleoptera: Cerambycidae) Attracted to α-pinene, Monochamol, and Ipsenol in North America, Journal of Economic Entomology, 2016, **109**(3), 1205-1214.

Miller D. R., Crowe C. M., Dodds K. J., Galligan L. D., De Groot P., Hoebeke E. R., Sweeney J. D., Ipsenol, Ipsdienol, Ethanol, and α-pinene: Trap Lure Blend for Cerambycidae and Buprestidae (Coleoptera) in Pine Forests of Eastern North America, Journal of Economic Entomology, 2015, **108**(4), 1837-1851.

Moritz C., "Applications of Mitochondrial DNA Analysis in Conservation: A Critical Review." Molecular Ecology, 1994, **3**(4), 401-411.

Mutanen M., Kivelä S. M., Vos R. A., Doorenweerd C., Ratnasingham S., Hausmann A., Vila R., Species-Level Para-and Polyphyly in DNA Barcode Gene Trees: Strong Operational Bias in European Lepidoptera. Systematic Biology, 2016, **65**(6), 1024-1040.

Özdikmen H., Atak Ş., First Detection of *Phryneta leprosa* (Fabricius) in Turkey (Coleoptera: Cerambycidae). Munis Entomology and Zoology, 2017, **12**(1), 38-40.

Özdikmen H., The Longhorned Beetles That Originally Described From Whole Territories of Turkey (Coleoptera: Cerambycoidea) Part III-Cerambycidae (Dorcadioninae). Munis Entomology ve Zoology, 2012, **7**(2), 759-779.

Özen F., Acemi A., Pelin E. G., Ergül H. A. Assessment of Macrophyte Plant Distribution and PAH Contamination in Selected Aquatic Habitats from an Industrialized City; Kocaeli, Turkey. Biomonitoring, 2017, **4**(1), 27-33.

Öztürk M.Z., Çetinkaya G., Aydın S, Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri, Journal of Geography, DOI: 10.26650/JGEOG295515.

Posada D.,jModelTest: Phylogenetic Model Averaging, Molecular Biology and Evolution, 2017, **25**(7), 1253-1256.

Ratnasingham S.,Hebert P. D. N., "BARCODING, BOLD : The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org)". Molecular Ecology Notes, 2007, **7**(3) 355–64.

Reitz S. R., Trumble J. T., Competitive Displacement Among Insects and Arachnids, Annual Review Of Entomology, 2002, **47**(1), 435-465.

Roderick G. K.,"Geographic Structure of Insect Populations Gene Flow, Phylogeography and Their Uses", Annual Review of Entomology, 1996, **41**(1), 325-352.

Roman J., Darling J. A., Paradox Lost: Genetic Diversity and The Success of Aquatic Invasions, Trends in Ecology ve Evolution, 2007, **22**(9), 454-464.

Roque-Albelo L., Causton C. E., Mieles A., Population Decline of Galapagos Endemic Lepidoptera on Volcán Alcedo (Isabela Island, Galapagos Islands, Ecuador): An Effect of The Introduction of The Cottony Cushion Scale, Bulletin De L'Institut Royal Des Sciences Naturelles De Belgique, **73**(1), 2003, 177-180.

Rozas J., Ferrer-Mata A., Sánchez-DelBarrio J. C., Guirao-Rico S., Librado P., Ramos-Onsins S. E., Sánchez-Gracia A., DnaSP 6: DNA Sequence Polymorphism Analysis of Large Data Sets, Molecular Biology and Evolution, 2017, **34**(12), 3299-3302.

Rulik B., Eberle J., Von der Mark L., Thormann J., Jung M., Köhler F., Fritzlar F., Using ;Taxonomic Consistency with Semi- Automated Data Pre- Processing for High Quality DNA Barcodes, Methods in Ecology and Evolution, 2017, **8**(12), 1878-1887.

Sabri Ü., Küçük Ö., Ölü Ağaçlarda Yaşayan Böcek (Coleoptera) Türleri ve Orman Ekosistemindeki Önemi, Turkish Journal Of Forestry, 2009, 123-133.

Saitou N., Nei M., The Neighbor-Joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees, Molecular Biology and Evolution, 1987, **4**(4), 406-425.

Sakai A. K., Allendorf F. W., Holt J. S., Lodge D. M., Molofsky J., With K. A., McCauley D. E., The Population Biology of Invasive Species, Annual Review Of Ecology and Systematics, 2001, **32**(1), 305-332.

Sarı R., Isparta Ormanlarında Zararlı Lepıdoptera ve Hymenoptera Türleriyle Mücadelede Biyoteknik Yöntemlerin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2008, 179752.

Schneider P., Hermes M., Die Bedeutung der Elytren Bei Vertretern des Melolontha-Flugtyps (Coleoptera) J. Comp. Physiol., 1976, **106**(1), 39-49.

Schneider P., Krämer B., Die Steuerung des Fluges Beim Sandlaufkäfer (Cicindela) und Beim Maikäfer (Melolontha) J. Comp, Physiol., 1974, **91**(4), 377-386.

Simon C., Frati F., Beckenbach A., Crespi B., Liu H., Flook P., Evolution, Weighting, and Phylogenetic Utility of Mitochondrial Gene Sequences and a Compilation of Conserved Polymerase Chain Reaction Primers, Annals of the Entomological Society of America, 1994, **87**(6), 651-701.

Sitorus P.E., Park H.C., Byun D., Goo N.S., Han C.H., The Role of Eytra in Beetle flight: I. Generation of Quasi-Static Aerodynamic Force, J. Bionic Eng., (2010), **7**(4), 354-363.

Smallegange R. C., Kelling F. J., Otter C. J. D., Types and Numbers of Sensilla on Antennae and Maxillary Palps of Small and Large Houseflies, *Musca domestica* (Diptera, Muscidae), Microscopy Research and Technique, 2008, **71**(12), 880-886.

Spaethe J., Brockmann A., Halbig C., Tautz J., Size Determines Antennal Sensitivity and Behavioral Threshold to Odors in Bumblebee Workers, Naturwissenschaften, 2007, **94**(9), 733-739.

Sun F., Li X., Liu X., Zhang Q., Ultrastructure of Six Types of Antennal Sensilla in *Monochamus alternatus*, Chinese Bulletin of Entomology, 2010, **47**(2), 347-354.

Szentgyörgyi H., Moroń D., Nawrocka A., Tofilski A., Woyciechowski M., Forewing Structure of the Solitary Bee Osmia Bicornis Developing on Heavy Metal Pollution Gradient, Ecotoxicology, **26**(8), 1031-1040.

Şen S., Hafızoğlu H., Kanat M., Bazı Bitkisel Ekstraktların ve Tanenlerin İnsektisit Olarak Odun Koruyucu Etkilerinin Araştırılması, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 2002, **5**(1), 86-98.

Takanashi T., Fukaya M., Nakamuta K., Skals N., Nishino H., Substrate Vibrations Mediate Behavioral Responses Via Femoral Chordotonal Organs in a Cerambycid Beetle, Zoological Letters, 2016, **2**(1), 18.

Tezcan S., Uzun A., Yayılmacı Yabancı Böcek Türleri ve Önemi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2017, **19**(2), 1-12.

Ünal, S., Sıvacıoğlu, A., Ayan S., Öner N., Ilgaz Dağları Ormanlarındakġ fırtına Devrikleri ve Entomolojik Sonuçları, Ulusal Çevre Sempozyumu, Mersin, Türkiye, 18 - 21 Nisan 2007.

Victorsson J., Semi- Field Experiments Investigating Facilitation: Arrival Order Decides The Interrelationship Between Two Saproxylic Beetle Species, Ecological Entomology, 2012, **37**(5), 395-401.

Vrijenhoek R., DNA Primers for Amplification of Mitochondrial Cytochrome C Oxidase Subunit I from Diverse Metazoan invertebrates, Mol Mar Biol Biotechnol, 1994, **3**(5), 294-9.

Ward RD., Zemlak TS., Innes BH., Last PR, Hebert PDN: DNA Barcoding Australia`s Fish species, Philos T Roy Soc B. 2005, 360: 1847-1857. 10.1098/rstb.2005.1716.

Zachariassen K. E., Seasonal Variation in Hemolymph Osmolality and Osmotic Contribution of Glycerol in Adult *Rhagium inquisitor* L.(Col., Cerambycidae), Norwegian Journal of Entomology, 1973, **20**(2), 259-262.

Zahiri R., Lafontaine J. D., Schmidt B. C., Zakharov E. V., Hebert P. D., "A Transcontinental Challenge—A Test of DNA Barcode Performance for 1,541 Species of Canadian Noctuoidea (Lepidoptera)". PloS one, 2014, **9**(3), e92797.

Zhang J., Guan L., Ren, B., Fine Structure and Distribution of Antennal Sensilla of Longicorn Beetles *Leptura arcuata* and *Leptura aethiops* (Coleoptera: Cerambycidae). Annals of the Entomological Society of America, 2011, **104**(4), 778-787.

Zverlov V.V., Höll W., Schwarz W. H., Enzymes for Digestion of Cellulose and Other Polysaccharides in The Gut of Longhorn Beetle Larvae, *Rhagium inquisitor* L.(Col., Cerambycidae), International Biodeterioration and Biodegradation, 2003, **51**(3), 175-179.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Çakmak Y., Soydabaş H., Uçkan F., Native and Non Native *Rhagium inquisitor* (Coleoptera: Cerambycidae) Haplotypes of Kocaeli Based on COI., *The 4th International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, Kiev, Ukrayna, 3-6 July 2018.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Zonguldak Yeşiltepe İÖO'unda tamamladı. Lise öğrenimini Zonguldak Erdemir Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2011 sensinde girdiği Kocaeli Üniversitesi biyoloji bölümünden 2016 yılında mezun oldu. Aynı sene içerisinde Kocaeli Üniversitesi Biyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.