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

ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra)* VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris*) GENÇLEŞTİRME MEŞCERELERİNDE KONTROLLÜ YAKMA UYGULAMALARININ TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE MİKROEKLEMBACAKLILARI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

AYŞEGÜL GÖZDE TİRYAKİ GÜNGÖR

DOKTORA TEZİ

PROF. DR. ÖMER KÜÇÜK

OCAK - 2024
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Ayşegül Gözde TİRYAKİ GÜNGÖR tarafından hazırlanan "**Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Gençleştirme Meşcerelerinde Kontrollü Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Ve Mikroeklembacaklıları Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **11.01.2024** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Gonca Ece ÖZCAN Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK Artvin Çoruh Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Meriç ÇAKIR Çankırı Karatekin Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Özkan EVCİN Kastamonu Üniversitesi	.....

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

Enstitü Müdürü Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ .....

TAAHHÜTNAME

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

Ayşegül Gözde TİRYAKİ GÜNGÖR

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ANADOLU KARAÇAMI (*Pinus nigra*) VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris*) GENÇLEŞTİRME MEŞCERELERİNDE KONTROLLÜ YAKMA UYGULAMALARININ TOPRAK ÖZELLİKLERİ VE MİKROEKLEMBACAKLILARI ÜZERİNE OLAN ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

AYŞEGÜL GÖZDE TİRYAKİ GÜNGÖR

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. ÖMER KÜÇÜK

Kontrollü yakma doğal yangın rejimlerini kontrol etmek, yanıcı madde miktarını yönetmek, şiddetli orman yangınları riskini azaltmak gibi farklı ormancılık faaliyetleri için yönetim aracı olarak kullanılmaktadır. Özellikle toprak üzerindeki yanıcı madde miktarının azaltılması ile mineral toprak açığa çıkmaktadır. Bu durum toprağı fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak etkilemektedir.

Bu çalışmada Anadolu karaçamı ve sarıçam gençleştirme meşcerelerinde kontrolü yakmanın toprak özellikleri ve mikroeklembacaklılar üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrollü yakma sonrası örtü yangını geçirmiş alan, üzerindeki kül rengi ve miktarına göre az şiddetli, orta şiddetli ve şiddetli olmak üzere toplamda 9 deneme alanı oluşturulmuştur. Toprak işlemesi yapılan alanlar ile kontrol alanlarından da örnekler alınmıştır. Örneklerde saturasyon, pH, EC, organik madde, N, C/N, P, Ca, Mg, K, Na ve toplam kireç gibi bitki besin elementlerinin analizleri yapılmıştır. Toprak mikroeklembacaklıların belirlenmesinde ise örnekleme yanmış alanın içinden üç (kenar etkisi, orta, üst) ve bir kontrol alan dahil toplam dört deneme alanı koridorlar oluşturularak kurulmuştur. Canlılar modifiye berlesse hunisi ile ekstrakte edilmiştir. Ayrıca mikroeklembacaklı örneklemesi yapılan alandan alınan toprak örneklerinde sıcaklık, pH ve EC analizleri de yapılarak mikroeklembacaklıların yaşamsal faaliyetleri tespit edilmiştir.

Kontrollü yakma uygulamasında ortalama yangın şiddeti değeri Anadolu karaçam meşceresinde 621 kW/m ve sarıçam meşceresinde 156 kW/m olarak gerçekleşmiştir. Her iki meşcerede yangın şiddetlerinin düşük olması toprak özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca toprak üzerindeki istiflenmiş ölü örtü tabakası kaldırılmış tohumun direk toprakla buluşması sağlanmıştır. Yakma uygulaması düşük şiddetli olsa bile toprak ölü örtüsünü uzaklaştırdığı için mikroeklembacaklıların beslenme kaynaklarının azaltmış, yaşamsal faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemiştir. Mikroeklembacaklılar çalışma süresince karaçam meşceresinde %36 kontrol, %16 kenar etkisi, %24 orta ve %24 üst, sarıçam meşceresinde ise %41 kontrol, %22 kenar etkisi, %20 orta ve %17 üst alanlara gelebilmişlerdir. Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinin her birinde 10 taksona ait 10 familya tespit edilmiştir.

Bu araştırma kapsamında, yangın ekolojisinde orman yangını sonrası biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilmesinde alanın rehabilitasyonu da yangın yöneticilerine katkı sağlayacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Kontrollü yakma, Doğal gençleştirme, Toprak özellikleri, Toprak mikroeklembacaklıları

Ocak 2024, 199 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF PRESCRIBED BURNING APPLICATIONS ON SOIL PROPERTIES AND MICRO ARTHROPOD IN ANATOLIAN BLACK PINE (*Pinus nigra*) AND SCOTS PINE (*Pinus sylvestris*) REGENERATION STANDS

AYŞEGÜL GÖZDE TİRYAKİ GÜNGÖR

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING
SUPERVISOR: PROF. DR. ÖMER KÜÇÜK

Prescribed burning is used as a management tool for a variety of forestry activities, such as controlling natural fire regimes, managing the amount of flammable material and reducing the risk of severe forest fires. In particular, reducing the amount of combustible material on the ground releases mineral soil. This situation affects the soil physically, chemically and biologically.

This study investigated the effects of prescribed burning on soil properties and microarthropods in Anatolian black pine and Scots pine regeneration stands. A total of 9 experimental plots were set up in the area that received a cover fire after prescribed burning, classified as low, moderate and high, depending on the colour and amount of ash on the cover fire. Samples were also taken from the soil cultivation and control plots. Plant nutrition elements such as saturation, pH, EC, organic matter, N, C/N, P, Ca, Mg, K, Na and total lime were analysed in the samples. For the determination of soil microarthropods, a total of four experimental plots, from inside the field three (edge effect, middle, top) and one control plot, were established by creating corridors within the burned area for sampling. Organisms were sampled using a modified Berlesse funnel. In addition, soil samples from the microarthropod sampling area were analysed for temperature, pH and EC to determine the vital activities of microarthropods.

In the prescribed burning treatment, the average fire intensity value was 621 kW/m in the Anatolian black pine stand and 156 kW/m in the Scots pine stand. Low fire intensities in both stands had a positive effect on soil properties. In addition, the layer of dead cover on the soil was removed, allowing the seed to meet the soil directly. Even at low intensities, burning reduces the food resources of microarthropods and negatively affects their vital activities by removing the soil dead cover. During the study, microarthropods could reach 36% control, 16% edge effect, 24% middle and 24% top in the Anatolian black pine stands and 41% control, 22% edge effect, 20% middle and 17% top in the Scots pine stand. 10 families belonging to 10 taxa were identified in the Anatolian black pine and Scots pine stands.

As part of this research, the rehabilitation of the area will also help fire managers to protect and maintain biodiversity after a wildfire in terms of fire ecology.

KEYWORDS: Prescribed burning, Natural regeneration, Soil properties, Soil micro arthropods

January 2024, 199 Page

TEŞEKKÜR

"Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Gençleştirme Meşcerelerinde Kontrollü Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri ve Mikroeklembacaklıları Üzerine Olan Etkilerinin Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Entomolojisi ve Koruma Ana Bilim Dalı Programı'nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın başlatılması, gerçekleştirilmesi ve sonuca ulaştırılmasında deneyimini, bilgisini ve desteğini esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK'e şükranlarımı sunarım.

Değerli görüş ve fikirlerinden yararlandığım hocalarım Sayın Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK'e, Sayın Doç. Dr. Meriç ÇAKIR'a, Sayın Doç. Dr. Gonca Ece ÖZCAN'a, Sayın Arş. Gör. Dr. Ferhat BOLAT'a teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen Kastamonu Orman Bölge Müdürü Sayın Fahri SÖNMEZOĞLU'na ayrıca Araç ve Daday Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde çalışan orman teşkilatı mensuplarına teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmanın gerçekleşmesinde TÜBİTAK 1001 122O425 numaralı proje ile destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında her türlü yardım ve desteği esirgemeyen, tez çalışmam boyunca her zaman yanımda olan değerli eşim Araç Orman İşletme Müdür Yardımcısı Engin GÜNGÖR'e sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim. Bu süreçte çocuklarım Göktuğ Uras ve Selim Mert'in göstermiş olduğu anlayış ve sabır için onlara da ayrıca teşekkürlerimi belirtmek isterim. Eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim kıymetli annem, babam ve abime her zaman yanımda olduklarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Değerli dostum, kardeşim Ümit AYDINER'e desteğinden dolayı teşekkür ederim.

Çalışmanın ileride benzer konularda yapılacak çalışmalara, bilim dünyasına, araştırmacılara yapacağı katkı, benim için büyük önem taşımaktadır.

AYŞEGÜL GÖZDE TİRYAKİ GÜNGÖR

Kastamonu, 2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xiv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xv**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Problemin Tespit Edilmesi 3
1.2 Çalışmanın Gerekçesi 4
1.3 Çalışmanın Amacı 5
2. GENEL BİLGİLER **6**
2.1 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Orman Ekosistemleri Üzerindeki Ekolojik Etkileri 7
2.1.1 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri 7
2.1.1.1 Kontrollü yakma uygulamalarının toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkileri 8
2.1.1.2 Kontrollü yakma uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkileri 9
2.1.1.3 Kontrollü yakma uygulamalarının toprağın biyolojik özellikleri üzerine etkileri 13
2.1.2 Orman Yangınlarının Toprak Faunası Üzerine Etkileri 14
2.1.2.1 Toprak mikroeklembacaklıları 16
2.1.2.2 Orman yangınlarının toprak mikroeklembacaklıları üzerine etkisi 26
3. MATERYAL VE YÖNTEM **30**
3.1 Alanın Tanıtımı 30
3.2 Deneme Alanlarının Belirlenmesi 31
3.3 Kontrollü Yakma Uygulaması Öncesi Yapılan Ölçümler 34
3.3.1 Deneme Alanlarındaki Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi 34
3.3.2 Yangın Öncesi Toprak Örneklerinin Alınması 36
3.3.3 Yangın Öncesi Toprak Örneklerinin Analizi 36
3.3.4 Yanıcı Madde Özelliklerinin Belirlenmesi 37
3.3.5 Emniyet Şeritlerinin Oluşturulması 38
3.3.6 Meteorolojik Verilerin Alınması 39
3.4 Kontrollü Yakma Uygulaması Esnasında Yapılan Çalışmalar 42
3.4.1 Kontrollü Yakma Uygulaması 42
3.5 Kontrollü Yakma Uygulamasından Sonra Yapılan Çalışmalar 46
3.5.1 Yanıcı Madde Tüketiminin Belirlenmesi 46
3.5.2 Yangın Şiddetinin Belirlenmesi 47

3.5.3 Kontrollü Yakma Uygulaması Yapılan Alanlarının Sınıflandırılması ve Toprak Örneklerinin Alınması 48
3.5.4 Toprak Mikroeklembacaklıların Örneklenmesi 54
3.5.5 İstatistik Analizler 59
4. BULGULAR 61
4.1 Kontrollü Yakma Yapılan Alanlarda Toplam Yanıcı Madde Miktarı ve Yangın Şiddetine Ait Bulgular 61
4.1.1 Şerifebacı Orman İşletme Şefliğindeki Yanıcı Madde Miktarı ve Yangın Şiddetine Ait Bulgular 61
4.1.2 Göktepe Orman İşletme Şefliğindeki Yanıcı Madde Miktarı ve Yangın Şiddetine Ait Bulgular 62
4.2 Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular 64
4.2.1 Şerifebacı Orman İşletme Şefliği Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresindeki Kontrollü Yakmaların Toprak Özelliklerine Etkisi 64
4.2.1.1 Saturasyon 64
4.2.1.2 Toprak reaksiyonu (pH) 65
4.2.1.3 Elektriksel iletkenlik (EC) 66
4.2.1.4 Organik madde 67
4.2.1.5 Toplam azot (N) 68
4.2.1.6 Karbon/azot oranı (C/N) 69
4.2.1.7 Fosfor (P) 70
4.2.1.8 Kalsiyum (Ca) 71
4.2.1.9 Magnezyum (Mg) 72
4.2.1.10 Potasyum (K) 73
4.2.1.11 Sodyum (Na) 74
4.2.1.12 Toplam kireç 75
4.2.2 Göktepe Orman İşletme Şefliğindeki Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Meşceresindeki Kontrollü Yakmaların Toprak Özelliklerine Etkisi 76
4.2.2.1 Saturasyon 76
4.2.2.2 Toprak reaksiyonu (pH) 77
4.2.2.3 Elektriksel iletkenlik (EC) 78
4.2.2.4 Organik madde 79
4.2.2.5 Toplam azot (N) 80
4.2.2.6 Karbon/azot oranı (C/N) 81
4.2.2.7 Fosfor (P) 82
4.2.2.8 Kalsiyum (Ca) 83
4.2.2.9 Magnezyum (Mg) 84
4.2.2.10 Potasyum (K) 86
4.2.2.11 Sodyum (Na) 86
4.2.2.12 Toplam kireç 88
4.3 Toprak Mikroeklembacaklılarına İlişkin Bulgular 89
4.3.1 Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Yıllık Ortalama Değişimi 89
4.3.2 Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Aylık Değişimleri 92
4.3.3 Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Yıllık Ortalama Değişimi 102

4.3.4 Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Aylık Değişimleri 105
4.3.5 Karaçam Meşceresinde Tespit Edilen Bireylerin Miktar ve Çeşitlilikleri 115
4.3.6 Sarıçam Meşceresinde Tespit Edilen Bireylerin Miktar ve Çeşitlilikleri 116
4.3.7 Karaçam ve Sarıçam Meşcerelerindeki Toprak Mikroeklembacaklıların Kontrollü Yakma Uygulaması ile İlişkileri 118
4.3.8 Karaçam Meşceresinde Bolluk (Redundancy) Analizi 122
4.3.9 Sarıçam Meşceresinde Bolluk (Redundancy) Analizi 123
5. TARTIŞMA 125
5.1 Kontrollü Yakma Uygulamaları ve Yangın Şiddeti İlişkisi 125
5.2 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi 127
5.3 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Mikroeklembacaklılar Üzerine Etkisi 138
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 142
KAYNAKLAR 148
EKLER 179
EK A. Karaçam ve Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklı Sayılarının (m^{-2}) Alanlara Göre Dağılımı 180
EK B. Karaçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Yıllık Toplam Birey Sayısı (m^{-2}) İstatistik Verileri 181
EK C. Karaçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Mevsimsel Dağılım İstatistik Verileri 182
EK D. Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Yıllık Toplam Birey Sayısı (m^{-2}) İstatistik Verileri 189
EK E. Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Mevsimsel Dağılım İstatistik Verileri 190
EK F. Karaçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Birey Sayıları ve Çeşitliliklerine Ait İstatistik Verileri 197
EK G. Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Birey Sayıları ve Çeşitliliklerine Ait İstatistik Verileri 198
ÖZGEÇMİŞ 199

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Toprak canlılarının boyutsal sınıflandırması 15
Şekil 2.2 Collembola 17
Şekil 2.3 Başlıca Collembola familyaları a) Entomobriyidae, b) Tomoceridae, c) Isotomidae, d) Hypogastruridae, e) Onychiuridae, f) Neanuridae, g) Sminthuridae 19
Şekil 2.4 Bazı akar alttakımları a) Oribatida, b) Prostigmata, c) Mesostigmata 20
Şekil 2.5 Protura 22
Şekil 2.6 Diplura 23
Şekil 2.7 Pseudoscorpionida 23
Şekil 2.8 Symphla 24
Şekil 2.9 Diplopoda 25
Şekil 2.10 Chilopoda 25
Şekil 2.11 Araneae 26
Şekil 2.12 Çalışmanın Akış Diyagramı 29
Şekil 3.1 Çalışma alanının Türkiye haritası üzerindeki konumu 30
Şekil 3.2 Karaçam gençleştirme sahasının meşcere haritası ve uydu görüntüsü 31
Şekil 3.3 Sarıçam gençleştirme sahasının meşcere haritası ve uydu görüntüsü 31
Şekil 3.4 İdare süresini doldurmuş ve gençleştirme programına alınmış karaçam meşceresi 32
Şekil 3.5 İdare süresini doldurmuş ve gençleştirme programına alınmış sarıçam meşceresi 33
Şekil 3.6 Karaçam meşceresinde makineli toprak işlemesi yapılan alan 33
Şekil 3.7 Meşcere özelliklerinin belirlenmesi 35
Şekil 3.8 Kontrollü yakma uygulaması öncesi yanıcı madde örneklemesi 38
Şekil 3.9 Kontrollü yakma uygulama öncesi emniyet şeritlerinin açılması 39
Şekil 3.10 Kontrollü yakma uygulaması şeritler halinde yakma tekniği 44
Şekil 3.11 Karaçam meşceresinde kontrollü yakma uygulaması 44
Şekil 3.12 Sarıçam meşceresinde kontrollü yakma uygulaması 45
Şekil 3.13 Alev boyu ve sıcaklığı ölçümü 45
Şekil 3.14 Kontrollü yakma uygulaması sonrası yanıcı madde örneklemesi 47
Şekil 3.15 Kontrollü yakma uygulaması yapılan alanlar için tabelaların hazırlanması 49
Şekil 3.16 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında yangın şiddetine göre yanmanın en şiddetli olduğu alan 49
Şekil 3.17 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında yangın şiddetine göre orta şiddetli olduğu alan 50
Şekil 3.18 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında yangın şiddetine göre düşük şiddetli olduğu alan 50
Şekil 3.19 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında araziden toprak örneklerinin alınması 52
Şekil 3.20 Kontrollü yakma uygulaması sonrası kış mevsimi toprak örneklerinin alınması 52
Şekil 3.21 Kontrollü yakma uygulaması sonrası yaz mevsimi toprak örneklerinin alınması 53

Şekil 3.22 Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi 54
Şekil 3.23 Mikroeklembacaklıların arazide örnekleme modeli 55
Şekil 3.24 Karaçam meşceresi mikroeklembacaklı deneme alanları 56
Şekil 3.25 Sarıçam meşceresi mikroeklembacaklı deneme alanları 56
Şekil 3.26 Mikroeklembacaklı örneklerinin araziden alınması (a. Topraktan çelik silindirle örneklerin alınması b. Toprak sıcaklığının ölçümü c. Taşıma kasası ve toprak örnekleri)..... 57
Şekil 3.27 Modifiye Berlesse Hunisi 58
Şekil 3.28 Mikroeklembacaklıların Modifiye Berlesse Hunisi ile ekstrakte edilmesi ve tüp örnekleri 58
Şekil 4.1 Karaçam meşceresinde mikroeklembacaklıların yıllık değişimi 91
Şekil 4.2 Karaçam meşceresinde Acarina alttakımının zamansal değişimi 93
Şekil 4.3 Karaçam meşceresinde collembola familyalarının zamansal değişimi 95
Şekil 4.4 Karaçam meşceresinde Collembola familyalarının zamansal değişimi..... 96
Şekil 4.5 Karaçam meşceresinde yırtıcıların zamansal değişimi 98
Şekil 4.6 Karaçam meşceresinde çürükçüllerin zamansal değişimi..... 99
Şekil 4.7 Karaçam meşceresinde otçulların zamansal değişimi..... 100
Şekil 4.8 Karaçam meşceresinde hepçillerin zamansal değişimi..... 101
Şekil 4.9 Karaçam meşceresinde diğer canlı bireylerin zamansal değişimi 102
Şekil 4.10 Sarıçam meşceresinde yıllık ortalama değişimi..... 104
Şekil 4.11 Sarıçam meşceresinde Acarina alttakımının zamansal değişimi 106
Şekil 4.12 Sarıçam meşceresinde Collembola familyalarının zamansal değişimi... 109
Şekil 4.13 Sarıçam meşceresinde Collembola familyalarının zamansal değişimi... 110
Şekil 4.14 Sarıçam meşceresinde yırtıcıların zamansal değişimi 111
Şekil 4.15 Sarıçam meşceresinde çürükçüllerin zamansal değişimi..... 112
Şekil 4.16 Sarıçam meşceresinde otçulların zamansal değişimi..... 113
Şekil 4.17 Sarıçam meşceresinde hepçillerin zamansal değişimi 114
Şekil 4.18 Sarıçam meşceresinde diğer canlı bireylerin zamansal değişimi..... 115
Şekil 4.19 Karaçam meşceresinde alanlara göre toplam birey sayısı 115
Şekil 4.20 Karaçam meşceresinde alanlara göre mikroeklembacaklı biyoçeşitliliği..... 116
Şekil 4.21 Sarıçam meşceresinde alanlara göre toplam birey sayısı..... 117
Şekil 4.22 Sarıçam meşceresinde alanlara göre biyoçeşitlilik 117
Şekil 4.23 Karaçam meşceresindeki mikroeklembacaklıların bolluk analizi ile örnek alanlara göre dağılımı ve bazı değişkenlerle olan ilişkileri..... 123
Şekil 4.24 Karaçam meşceresindeki mikroeklembacaklıların bolluk analizi ile örnek alanlara göre dağılımı ve bazı değişkenlerle olan ilişkileri..... 124

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Şerifebacı-Göktepe Orman İşletme Şefliklerinin meşcere özellikleri 36
Tablo 3.2 Şerifebacı Orman İşletme Şefliği meteorolojik veriler (2013-2021)..... 41
Tablo 3.3 Göktepe Orman İşletme Şefliği meteorolojik veriler (2013-2021) 42
Tablo 3.4 Yangın şiddet sınıflarına bağlı olarak yangınların ağaçlar üzerine etkileri, yangın türü ve yangınla mücadele zorluğu 48
Tablo 3.5 Çalışma alanlarından alınan toprak örnek sayısı 51
Tablo 4.1 Karaçam Meşceresinde Kontrollü Yakma Uygulamasına Ait Veriler 62
Tablo 4.2 Sarıçam Meşceresinde Kontrollü Yakma Uygulamasına Ait Veriler..... 63
Tablo 4.3 Karaçam meşceresi topraklarına ait saturasyon değerleri..... 65
Tablo 4.4 Karaçam meşceresi topraklarına ait pH değerleri..... 66
Tablo 4.5 Karaçam meşceresi topraklarına ait EC değerleri..... 67
Tablo 4.6 Karaçam meşceresi topraklarına ait organik madde değerleri..... 68
Tablo 4.7 Karaçam meşceresi topraklarına ait azot değerleri 69
Tablo 4.8 Karaçam meşceresi topraklarına ait karbon/azot oranları..... 70
Tablo 4.9 Karaçam meşceresi topraklarına ait fosfor değerleri 71
Tablo 4.10 Karaçam meşceresi topraklarına ait kalsiyum değerleri 72
Tablo 4.11 Karaçam meşceresi topraklarına ait magnezyum değerleri 73
Tablo 4.12 Karaçam meşceresi topraklarına ait potasyum değerleri 74
Tablo 4.13 Karaçam meşceresi topraklarına ait sodyum değerleri 75
Tablo 4.14 Karaçam meşceresi topraklarına ait toplam kireç değerleri..... 76
Tablo 4.15 Sarıçam meşceresi topraklarına ait saturasyon değerleri..... 77
Tablo 4.16 Sarıçam meşceresi topraklarına ait pH değerleri 78
Tablo 4.17 Sarıçam meşceresi topraklarına ait EC değerleri..... 79
Tablo 4.18 Sarıçam meşceresi topraklarına ait organik madde değerleri 80
Tablo 4.19 Sarıçam meşceresi topraklarına ait toplam azot değerleri 81
Tablo 4.20 Sarıçam meşceresi topraklarına ait karbon/azot oranı 82
Tablo 4.21 Sarıçam meşceresi topraklarına ait fosfor değerleri 83
Tablo 4.22 Sarıçam meşceresi topraklarına ait kalsiyum değerleri 84
Tablo 4.23 Sarıçam meşceresi topraklarına ait magnezyum değerleri 85
Tablo 4.24 Sarıçam meşceresi topraklarına ait potasyum değerleri 86
Tablo 4.25 Sarıçam meşceresi topraklarına ait sodyum değerleri 87
Tablo 4.26 Sarıçam meşceresi topraklarına ait toplam kireç değerleri..... 89
Tablo 4.27 Karaçam meşcere çalışma alanında geliştirilen doğrusal karma modellerde varyans bileşenlerinin karşılaştırılması 119
Tablo 4.28 Sarıçam meşcere çalışma alanında geliştirilen doğrusal karma modellerde varyans bileşenlerinin karşılaştırılması 120
Tablo 4.29 Karaçam meşceresinde en başarılı parametre modellerinin sonuçları... 121
Tablo 4.30 Sarıçam meşceresinde en başarılı parametre modellerinin sonuçları 122
Tablo 5.1 British Columbia eyaleti Orman Bakanlığı Yangın Şiddeti Sınıflandırması 126

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

Arac : Arachnida
AŞ : Az şiddetli
C : Karbon
C/N : Karbon'un Azota Oranı
Ca : Kalsiyum
Chilo : Chilopoda
Çk : Karaçam
Çs : Sarıçam
Diplo : Diplopoda
Diplu : Diplura
Ec : Elektriksel İletkenlik
Ento : Entomobryidae
H' : Shannon Çeşitlilik İndisi
H : Yangın Şiddeti Reaksiyon Sabiti
Hym : Hymenoptera
Hypo : Hypogastrirudae
Iso : Isotomidae
K : Kontrol Alanı
K : Potasyum
KE : Kenar Etki Alanı
Meso : Mesostigmata
Mg : Magnezyum
N : Toplam Azot
Na : Sodyum
Nea : Neanuridae
O : Orta Alan
OGM : Orman Genel Müdürlüğü
Ony : Onychiuridae
Ori : Oribatid
OŞ : Orta Şiddetli
Oth : Diğer
P : Fosfor
pH : Toprak Reaksiyonu
Pros : Prostigmata
Prot : Protura
Psudoscr : Pseudoscorpionida
RDA : Bolluk Analizi (Redundancy Analysis)
Sminth : Sminthuridae
Symp : Sympla
Ş : Şiddetli
T : Toprak Sıcaklığı
Tİ : Toprak işlemesi
Tom : Tomoceridae

Ü	**:** Üst Alan
W	**:** Toprak Nemi
Y	**:** Kontrollü yakma
YMM	**:** Yanıcı Madde Miktarı
YO	**:** Yayılma Oranı
YŞ	**:** Yangın Şiddeti

1. GİRİŞ

Ormanların doğal dengeyi sağlaması, insan yaşamına katkısı, ekosistem hizmetlerinin devam ettirilebilmesi ve ekonomik açıdan farklı sektörlere katkı sağlaması gibi son derece önemli işlevleri bulunmaktadır. Bununla birlikte ormanlar çok sayıda biyotik ve abiyotik zararlıların tehdidi altındadır. Bunların en önemlilerinden birisi de orman yangınlarıdır (Certini, 2021; Küçük ve Sevinç, 2023). 21. yüzyılda büyük oranda orman yangınlarının orman ekosistemini ve yangın rejimini önemli derecede etkileyeceği, yanıcı maddeye ait özelliklerin, topoğrafyanın ve iklim faktörlerini içinde barındıran hava hallerinin farklılık göstereceği bu durumunda yangınların büyüme ve gelişimine etki edeceği ifade edilmektedir (Bilgili vd., 2021; Pakdemirli ve Küçük, 2021; Pausas ve Keeley, 2009; Summers vd., 2011). Bu durum tüm dünyada küresel iklim değişiminin etkilenmesine hatta etkilerinin şiddetlenerek artmasına, bu olayın da küresel bir iklim krizi olarak adlandırılmasına sebep olmuştur. Hükümetler arası İklim Değişikliği Panelindeki (IPCC, 2021) rapora göre iklim krizi gelecekte tüm dünyada aşırı sıcaklık ve kuraklık ile beraber orman yangın sıklığını artıracağı tahmin edilmektedir (Bilgili vd., 2021). Özellikle son yıllarda yangına hassas birçok ülkede görülen orman yangınlarının (2019 Endonezya ve Sibirya; 2020 Avustralya; 2021 Kanada, ABD ve Akdeniz ülkeleri) şiddeti ve tahrip gücü daha sık bir şekilde ortaya çıkan orman yangınlarının başladığını göstermektedir (Duane vd., 2021). Orman yangınlarının değişen sıklık, şiddet ve zamanlarda meydana gelmesi orman ekosistemlerinin etkilenmesine sebep olmaktadır (Archibald vd., 2013; Bilgili vd., 2021; Paveglio vd., 2015; To vd., 2021). Yangınlar ülkemizde olduğu gibi diğer Akdeniz ülkelerinde, Avustralya ve ABD'nin bazı bölgelerinde de ormanların geleceğini tehdit etmektedir (Avcı ve Korkmaz, 2021).

Yangınlar yakın geçmişe kadar ekosisteme zarar veren, yok eden bir yaklaşımla değerlendirilirken, günümüzde yangınlar daha çok ekosistemin bir parçası, hatta hayati bir bileşeni olarak değerlendirilmektedir (Aber ve Melillo, 1991; Augustine vd., 2014; Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2021). Yangını sistem dışına çıkaran politikalar gereği doğal kaynak yöneticileri orman yangınlarını büyük oranda ekosistemlerden uzaklaştırmış, yangın rejimini değiştirerek meşcere yapısı ve tür kompozisyonlarında

değişimlere neden olmuşlardır. Uzun dönem sonucu olarak yangın rejimindeki bu değişimler biyoçeşitlilikte azalmaları meydana getirmiştir. Ekosistem dinamiklerinin anlaşılması ile birlikte yöneticiler kolay, ekonomik ve doğal bir yöntem olan kontrollü yakmayı amenajman aracı olarak kullanmışlar, dolayısıyla ekosistemin doğal yapısını koruyabileceği gibi farklı yapı ve kompozisyona dönüşmesini de sağlamışlardır (Baysal vd., 2016; Bilgili vd., 2021; Franklin, 1993; Gauthier vd., 1996; McKenney vd., 1994).

Yangınlar, çam türlerinin hâkim olduğu ekosistemlerde sistemin devamlılığı açısından önemli bir ekolojik faktördür (Agee, 1998). İğne yapraklı türler orman yangınlarında yapraklı türlere oranla daha hassastır (Bilgili, 2014; Çanakçıoğlu, 1985; O'Brien vd., 2008). İğne yapraklı türler içinde ışık ağacı olması, reçine içeriğinin fazla olması ve kurak yetişme bölgelerinde saf ve büyük meşcereler oluşturması yangından çam türlerinin en çok zarar görme nedenlerindendir. Ülkemizde doğal yayılış gösteren Anadolu karaçamı (*Pinus nigra*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) türleri sırasıyla 4.199,623 ha ve 1.410,177 ha'lık alanlara sahip, ibreli, genellikle aynı yaşlı meşcere özelliğinde (OGM, 2020a), yangına hassas ancak kısmen adapte olmuş (Christopoulou vd., 2014; Fule´ vd., 2008; Hille, 2006) yangınlara bağlı ancak farklı yangın rejimlerine sahip türlerdendir (Bilgili vd., 2021; Fernandes vd., 2008). Karaçam ve sarıçam meşcereleri sık aralıklarla meydana gelen yangınlardan olumsuz yönde etkilenmektedir (Fernandes vd., 2012). Buna rağmen düşük şiddetli örtü yangınlarının yıkıcı yangın etkilerini tolere edebilen çam türleridir (Christopoulou vd., 2013; Fule´ vd., 2008; Touchan vd., 2012; Valor vd., 2015). Bu türlere ait ekosistemlerde, yangınların ekolojik etkilerinin ortaya konması bakımından uygulamaya yönelik yeterli çalışma bulunmamaktadır (Fernandes vd., 2013; Usta vd., 2022).

Çok sık görülen orman yangınları, sadece toprak üstü kısmını tahrip etmemekte, toprak katmanında da (bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin) bitki büyümesini olumsuz etkileyecek şekilde değişmesine sebep olmaktadır (Kimmins, 1997; Şengönül, 1993). Orman yangınları oluşturduğu ekolojik etkiler bakımından toprakta kimyasal, fiziksel ve biyolojik değişimler meydana getirmektedir (Certini, 2005; Kaptanoğlu vd., 2018; Neary vd., 2005; Zavala vd., 2014). Bu değişimlerin bilinmesi orman ekosistemlerinin sürekliliği ve verimliliği bakımından büyük öneme sahiptir

(DeBano ve Neary, 1987; Pereira vd., 2018). Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki bozulma süreci kalite ve nicelikleri azaltır veya toprak işlevinin kaybına sebep olur (López, 2002). Orman yangınları nedeniyle toprağın bozulmasının boyutu, büyük ölçüde yangının şiddetine, süresine ve sıklığına, tüketilen yanıcı madde miktarına ve toprak özelliklerine bağlıdır. Bununla beraber belirtilen faktörlerin toprak özellikleri üzerindeki etki karmaşık olup bu faktörlere bağlı olarak farklı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir (Alex vd., 2022). Yangınların toprak özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda, benzer yangın koşullarında (yanıcı madde tüketimi ve yangın şiddeti) çoğu toprak özelliğinin dahi farklı şekillerde etkilendiği tespit edilmiştir (Agbeshie vd., 2022; Alcañiz vd., 2018). Kontrollü yakmaların toprak özellikleri üzerindeki uzun dönem etkilerinin belirlenmesi konusunda az çalışma yapılmış (Alcañiz vd., 2016), orman topraklarında kısa mesafeler arası değişebilen özelliklerinden dolayı (toprak, bitki örtüsü, topoğrafya) daha fazla araştırma ile desteklenmesi gerekmektedir (Alcañiz vd., 2018). Bununla beraber yangınların sadece toprak özelliklerine değil vejetasyon ve yaban hayatına özellikle toprak canlıları üzerinde de etkileri son derece önemlidir. Özellikle biyoçeşitlilikte sistemin bir bileşeni olan ve hakkında yeterli bilgi olmayan toprak içi fauna kısmında çalışmalara ve araştırma sonuçlarına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu hususta yeterli çalışma olmadığı gibi çam türlerindeki yangınların toprakta yaşayan mikroeklembacaklılar üzerine etkisini ortaya koyan çalışma ülkemizde maalesef bulunmamaktadır.

Orman yangınlarının ağaçlar üzerinde doğrudan etkisinin olduğu bunun yanı sıra orman faunasını da olumlu ya da olumsuz etkilediği görüşleri bulunmaktadır. Orman faunası üzerine ile orman yangınları arasındaki ilişkinin araştırılması son yıllarda daha fazla önem kazanmıştır. Bu çalışmaların doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için, uzun yıllar gözlem ve veri analizlerinin yapılması da bir ihtiyaç olarak değerlendirilmektedir (Özkazanç ve Ertuğrul, 2011).

1.1 Problemin Tespit Edilmesi

Orman ekosisteminin yapısında var olan değişimlerin bilinmesi; orman yangınlarının ekolojik etkileri, yapılacak planlamalar, orman varlığımızın sürdürülebilirliği ve korunması için oldukça önemlidir. Bu doğrultuda kontrollü yakma uygulamaları

önemli bir amenajman aracı olarak kullanılmaktadır. Kontrollü yakma uygulamaları, yanıcı madde miktarındaki azalma, kesim artıklarının alandan uzaklaşması, tohumlama ve dikim için sahanın hazır hale gelmesi, böcek-hastalıkların ve türler arasındaki rekabetin kontrolü, hareketin kolaylaştırılması, yangına tabii türlerin devamlılığının sağlanması gibi farklı ormancılık amaçları için kullanılmaktadır (Alcañiz vd., 2018; Bilgili vd., 2021; Francos vd., 2019; Lucas-Borja vd., 2016).

Ülkemizde her yıl gençleştirmeye konu olan binlerce hektar orman alanı bulunmaktadır. Bu alanlarda yapılan silvikültürel uygulamalar ve toprak işleme çalışmaları zaman ve de maliyet açısından büyük bir yük oluşturmaktadır. Gençleştirmeye konu sahalarda hem daha kısa zamanda hem de maliyet açısından çok daha düşük maliyetlerle kontrollü yakma tekniği ile işletme amaçlarına ulaşmak mümkün olabilmektedir. Ancak kontrollü yakmaların bu tür sahalarda nasıl bir etki oluşturduğu uygulayıcılar tarafından bilinmemektedir.

1.2 Çalışmanın Gerekçesi

Doğal yangınların ekosistem üzerinde oluşturduğu etkileri ortaya koyan çok sayıda çalışma mevcut iken, kontrollü yangınların ekolojik etkilerini ele alan çalışma sayısı maalesef oldukça sınırlıdır. Kontrollü yakma uygulaması düşük şiddetli eğiliminde olduğu göz önüne alındığında, etkileri birikmiş yanıcı madde türü ve miktarı ile toprak nemine bağlıdır ve yüksek şiddetli yangınlarla ormanlık alanlardaki toprak özellikleri bozulabilir (Úbeda vd., 2005). Ancak, düşük şiddetli kontrollü yangınlarda, yangının toprak üzerindeki olumsuz etkileri en aza inmektedir (Scharenbroch vd., 2012). Orman faunası ile orman yangınları arasındaki ilişkinin araştırılması son yıllarda daha fazla önem kazanmasına rağmen yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Özellikle yangın-toprak mikroorganizması ilişikleri konusunda çok sınırlı çalışmalar bulunmakta olup, farklı ağaç türlerinde ve farklı yangın şiddetlerinde bu ilişkinin araştırıldığı bir çalışma ülkemizde yapılmamıştır. Bu çalışmalarda arzu edilen sonuçlara ulaşılabilmesi için, uzun yıllar gözlem ve veri analizlerinin yapılması da gerekmektedir.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada doğal gençleştirmeye konu olmuş, idare süresini tamamlamış Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü yakma uygulaması ile yangının toprak özellikleri ve toprak mikroeklemebacaklılarına etkisi araştırılmıştır. Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır

- ✓ Örtü yangını olarak gerçekleştirilen kontrollü yangınların az, orta ve şiddetli olmak üzere toprak özellikleri üzerine olan etkileri ortaya konulmuştur. Kontrollü yakmalar ile orman zemini üzerinde istiflenmiş yanıcı madde miktarının düşürülmesi ve yakma sonrasında oluşan külün toprağa karışması sonucunda toprak özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi sağlanmıştır.

- ✓ Kontrollü yakma uygulamasının toprak mikroeklembacaklılar üzerine olan etkileri de farklı izolasyon seviyelerini temsil eden alanlar oluşturmak suretiyle yaşamsal faaliyetleri ortaya konulmuştur. Alanlarda yakma uygulamalarından sonra mikroeklembacaklılardaki birey sayılarındaki değişim ve bu alanlara tekrar gelebilme durumları ortaya konulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

Kontrollü yakma, belirli yönetim hedeflerine ulaşmak için kullanılan düşük şiddetli yangınlardır (Francos ve Úbeda 2021; Hiers vd., 2020). Kontrollü yangın, olası bir orman yangınını önlemek ya da yangın şiddetini azaltmak amacıyla ormanlık alanlardaki yanıcı madde miktarı yönetiminde bilimsel bir araç olarak kullanılmaktadır (Bento-Gonçalves vd., 2012). Birçok ülkede yönetim aracı olarak kontrollü yakma uygulamaları kullanıldığı, ancak ülkemizde çok sınırlı uygulamalar için kullanıldığı bilinmekte ve önemli bir eksiklik olarak düşünülmektedir.

Yanıcı madde miktarının azaltılmasına (Fernandes ve Botelho, 2004; Haines vd., 2001) yönelik yapılan kontrollü yakma uygulamalarının mevsimi dışında yapılması (Neyişci vd., 2002) örtü yangınının tepe yangınına geçiş potansiyelini önemli ölçüde azaltmaktadır (Küçük vd., 2009). Yanlış mevsimde planlanmış kontrollü yakma uygulamasında yangın şiddeti çok yüksek olabilmekte buna bağlı zararlı etkileri olmaktadır (Scharenbroch vd., 2012). Özellikle çam meşcerelerinde ibre miktarının ölü örtüde fazla olması ve gevşek yapıda istiflenmesi yangının daha hızlı ilerlemesine sebebiyet vermektedir (Bilgili, 1998). Ayrıca yanıcı maddenin yatay sürekliliğinin korunduğu, kesim artıklarının bulunduğu alanlarda çıkan örtü yangını tepe yangınlarından daha şiddetli ve tahrip edici boyutlara ulaşabilmektedir. Bu tür meşcerelerde kontrollü yangınların toprağa, vejetasyona etkileri daha fazla olabilmektedir (Kula, 2018; Küçük vd., 2008). Yangın öncesi ve sonrasında yanıcı madde özelliklerinin belirlenmesini zorunlu kılan kontrollü yakma uygulamaları, orman yangınlarının araştırılmasında ayrı bir önem taşımaktadır (Cheney vd., 1998; Cruz, 1999; Rothermel, 1991; Sağlam, 2002). Ancak bu tür çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır (Bilgili ve Sağlam, 2003; Butler vd., 2013; Küçük vd., 2008a; Mooney, 2013; Schroeder, 2010; Stocks vd., 2004). Kontrollü yakma uygulamaları, doğal yangın rejimlerini kontrol etmek, yanıcı madde miktarını yönetmek ve potansiyel yangın şiddetini azaltmak için Akdeniz'in bazı bölgelerinde ve Avustralya ile Kuzey Amerika'nın mevsimsel olarak kuru bölgelerinde bir yönetim aracı olarak kullanılmıştır (Burrows ve McCaw, 2013; Fernandes vd., 2013; Ryan vd., 2013).

2.1 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Orman Ekosistemleri Üzerindeki Ekolojik Etkileri

Kontrollü yakma uygulaması, orman yangını riskini azaltmak ve bir dizi ekolojik, ekonomik ve toplumsal hedefe ulaşmak için ekosistemleri yönetmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Kupfer vd., 2020; Riley vd., 2018). Kontrollü yakma uygulaması günümüzde en önemli amaçlarından olan tehlikeli yanıcı madde miktarlarını azaltmakta ve ekolojik süreçleri koruyarak, geliştirerek (veya bazen sınırlayarak) yüksek şiddetli yangınlara sebep olabilecek yanıcı maddenin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır (Santín ve Doerr, 2016). Bunun yanında vejetasyon restorasyonunda ve mozaik yapı oluşturulmasında yaban hayatına taze gıda sağlanmasın da kontrollü yangınlar kullanılabilmektedir.

2.1.1 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri

Orman yangınları toprakların biyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde etkiler (Panico vd., 2020; Ribeiro-Kumara vd., 2020). Yangının toprak özellikleri üzerindeki etkileri, yangın şiddetine, yanma derinliğine, maruz kalma süresine ve yangın sıklığına bağlıdır (Alcañiz vd., 2018; Fernández-García vd., 2021; Lucas-Borja vd., 2020). Orman yangınlarına bağlı olarak toprağın ısınması; yanıcı madde ve ölü örtü miktarı, yangın şiddeti ve toprağın bazı fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerine göre değişmektedir. Toprağın iletkenliğinin çok kötü olması yüzeydeki yüksek sıcaklıkların çoğu zaman daha derinlere (7-10 cm) ulaşmasını engellemektedir (Şengönül, 1985). Yangınlar, orman toprakları üzerindeki ölü-diri örtü olarak ifade edilen bitkisel kütleyi ortadan kaldırırken, toprağın da birçok özelliğini dolaylı veya doğrudan etkilemektedir. Çok sık çıkan orman yangınları hem toprak üstündeki bitkisel kütleyi tahrip etmekte hem de toprağın kimyasal (N, P, K, Mg, Ca gibi bitki besin maddelerinin miktarları, organik madde içeriği, pH) fiziksel (toprakların tekstür, strüktür, nemlilik) ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli değişiklikler oluşturmasına sebep olmaktadır (Şengönül, 1993; Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2021). Düşük dereceli orta şiddette orman yangınları, pH'ın, istenmeyen türlerin ve mevcut besinlerin geçici artışının ortadan kaldırılması yoluyla baskın bitki örtüsünün yenilenmesini desteklemektedir (Certini, 2005). Kontrollü yakma uygulamasında

yangın şiddetinin düşük olması nedeniyle, toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin genellikle olumlu olduğu belirtilmektedir (Dems vd., 2021; Fellows vd., 2018).

2.1.1.1 Kontrollü yakma uygulamalarının toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkileri

Kum topraklar genellikle kil topraklarına göre daha fazla ısınma eğilimindedirler ve ıslanmaz toprakların oluşma ihtimali daha yüksektir. Ayrıca nemli toprakların ısınması oldukça yavaş ve düşüktür. Toprak neminin %20 düzeyinde olduğu ve yüzey sıcaklığının 538°C olduğu koşullarda 1 cm toprak derinliğinde sıcaklık 83°C iken 3 cm toprak derinliğinde normal toprak ile bir farklılık olmadığı gözlemlenmektedir (DeBano vd., 1979). Toprak genellikle 500°C'nin altındaki sıcaklıklarda herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır (Tan vd., 1986). Ancak Afif ve Oliveira (2006) ile Granged vd. (2011b), kontrollü yakma uygulamasından sonra İspanya ve Avustralya'da kumlu balçık topraklarda önemli değişiklikler bulmuşlardır. Kararsız agregat oluşumundan dolayı kum içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Yine de Afif ve Oliveira (2006)'nın yangından yedi gün sonra kum içeriğinin yangın öncesi seviyelere geri döndüğünü gözlemlemişlerdir. Buna karşılık, Pierson vd. (2008), bir orman yangınından sonra Amerika Birleşik Devletleri'nin batısında yaptığı bir çalışmada kil içeriğinde yalnızca küçük bir azalma ve kum içeriği için daha büyük değerler gözlemlemişler, ancak kontrollü yakma uygulama alanında herhangi bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Kontrollü yakma uygulamasından sonra topraktaki değişikliklere odaklanan çalışmaların yeterli olduğu söylenemez (Alcañiz vd., 2018). Verma ve Jayakumar (2012), orman yangınlarının bazı toprak özelliklerine (fiziksel, kimyasal, biyolojik) etkisini belirlemek için yaptığı çalışmada; mineral toprak yüzeyinin yüksek sıcaklıklar hariç genellikle etkilenmediğini, kilin 400°C'de çökmeye başladığını, iç strüktürün tam yıkımının ise 700-800°C sıcaklıklarda olduğunu belirtmektedir.

2.1.1.2 Kontrollü yakma uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkileri

Orman yangınları özellikle yüzey topraklarını toprak reaksiyonu bakımından etkilenmektedir (Bilgili vd., 2000). Organik maddelerin yanmasıyla açığa çıkan bitki besin maddeleri (Viro, 1974) yüksek derecede çözünürlük özelliğine sahiptirler ve katyonların yapılarına bağlı olarak, toprak pH'sını farklı derecelerde etkilemektedirler (Bilgili, 2014; DeBano vd., 1977). Araştırmacılara göre kontrollü yakma ve doğal yangından sonra toprak pH'sında bir artış olduğunu (toprak asitliğinin azaldığı) belirtmişlerdir (DeByle, 1976; DeBano vd., 1979; Neyişçi, 1989; Pritchett, 1979; Scotter 1963; Tarrant, 1956; Viro, 1974). Bu artışı; yangın sonucunda organik maddelerdeki mineral besin maddelerinin özellikle K, Mg, Ca, Na gibi alkalilerin toprağa geçmesi, su kaybı ve değişebilir hidrojen katyonlarının azalması gibi durumlar olarak ifade etmişlerdir. Özellikle pH derecesi yüksek olan üst toprakta yangından sonra toprak reaksiyonu daha da alkalen olacağından, üst toprakta gelişen fideciklerin köklerinde beslenme güçlükleri olabileceği, bu durumdan doğabilecek sonuçlarında değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. (Bilgili, 2014; Çanakçıoğlu, 1993; Sağlam vd., 2017). Birçok çalışmada, kontrollü yakmadan sonra pH değerlerinin arttığı bildirilmektedir (Arocena ve Opio, 2003; Granged vd., 2011a; Neill vd., 2007; Scharenbroch vd., 2012; Sherman vd., 2005; Switzer vd., 2012; Úbeda vd., 2005). Ancak bazı araştırmacılar, pH değerlerinin değişmeden kaldığını bulmuştur (Afif ve Oliveira, 2006; Alcañiz vd., 2016; Brockway vd., 2002; Brye, 2006; Gundale vd., 2005; Lavoie vd., 2010; Meira-Castro vd., 2014; Neill vd., 2007; Switzer vd., 2012; Valkó vd., 2016). Normalde, pH değerlerini değiştirmeyen yangın olayları, periyodik olarak (2 yılda bir veya daha fazla) uygulanan düşük şiddetli kontrollü yangınlar olduğu belirtilmektedir (Alcañiz vd., 2018).

Orman yangınları toprak elektriksel iletkenliğini (EC) farklı derecede etkilemektedir. Genel olarak yapılan çalışmalarda orman yangından sonra EC özellikle toprağın üst tabakalarında arttığı görülmektedir (Berber vd., 2015; Hernández vd., 1997; Neyişçi, 1989). Toprak organik maddesinin yanması ve külün toprak içerisine karışması sırasında çözünür iyonların salınmasıyla orman yangınlarında olduğu gibi (Certini,

2005), kontrollü yakmalarda da hemen artma eğiliminde olduğu ifade edilmektedir (Alcañiz vd., 2016; Granged vd., 2011a).

Düşük şiddetli yangınlarda, kısmen yanmış ölü örtünün toprağa eklenmesi nedeniyle üst katmanlarda organik maddede artış meydana gelmektedir (Knicker vd., 2006). Yaklaşık 200°C sıcaklıkta çözünmeye başlayan organik madde 500°C'de tamamen ayrışmaktadır (Binkley ve Fisher, 2020). Genel olarak, kontrollü yakma uygulamaları toprak karbonunda bir artışa neden olurken ya da herhangi bir değişikliğe neden olmazken, orman yangınları toprak karbonunda bir azalmaya neden olmaktadır. Bu modeli açıklayan en önemli faktör yangın şiddeti olduğu düşünülmektedir (Johnson, 1992). Yangınlar ile tüketime uğrayan organik madde az etkilenmişse siyah, çok etkilenmiş ise beyaz kül birikintisi oluşmasından etki derecesi anlaşılmaktadır (Neary vd., 1999). Larroulet vd. (2016), önceden belirlenmiş bir yangından sonra 2,5 cm toprak derinliğinde toprak organik maddesinde bir artış olduğunu bildirmiştir. Ancak toprak içindeki organik madde miktarındaki değişiklik yangın etkisi ile ayni oranda olmamakta, özellikle toprağın 7,5 cm derinlikten sonraki kısmı çok az etkilenmektedir (Daubenmire, 1974). Yangın şiddetine bağlı olarak özellikle yüzey toprak tabakalarında, yangından hemen sonra organik madde miktarının azaldığı belirtilmiştir (Bilgili, 2014). Yangının toprak yapısı üzerindeki etkilerini araştıran birçok çalışma, 220°C'nin altındaki sıcaklıklara maruz kalan toprakların önemli bir değişiklik göstermediğini (Arcenegui vd., 2008; Jordan vd., 2011; Marcos vd., 2007; Zavala vd., 2010) hatta agregat kararlılığını arttırdığı gözlemlenmiştir (Giovannini ve Lucchesi, 1997; Guerrero vd., 2001; Mataix-Solera ve Doerr, 2004).

Toprak azot kaynağını organik maddeden almakta, birçok organik maddenin içeriğine önemli ölçüde katıldığı gibi madde değişimi ve büyüme ilişkilerini de büyük ölçüde etkilemektedir (Kantarcı, 2000). Bitki büyümesini sınırlayan besin maddelerinin başında gelen N yangın ya da kontrollü yakma sırasında yüksek sıcaklık derecesinin etkisiyle, kolaylıkla buharlaşıp uzaklaşabilmektedir. Uğradığı kimyasal değişimler sonucu kolaylıkla kullanılabilir forma geçen N, yakma uygulamalarından sonra özellikle azot bağlayabilen mikroorganizmalar yardımıyla toprağın tekrar kazandığı tek bitki besin maddesi olmaktadır (Bilgili, 2014, Dunn ve Debano, 1977; Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2021). Çoğu araştırmacı toplam azot içeriğinde yakmadan sonra, önce

azalma sonra da yükselme şeklinde değişim gözlemlemiştir (Heyward ve Bernette, 1934; Viro, 1974). Yanıcı maddenin yanmasıyla toprak sıcaklıkları 200°C'yi geçtiğinde (DeBano vd., 1979; Mataix-Solera ve Guerrero, 2007) buharlaşma sonucu toprakta azot kaybı olduğu bilinmektedir, ancak kontrollü yangınlarda toprak yüzeyinin 2 cm ile 3 cm'e altına ulaşılan sıcaklıklar toprakta önemli bir sıcaklık artışına neden olmamaktadır (Alexis vd., 2007). Trammell vd. (2004), Kentucky'nin merkezinde sert yapraklı ormanda ölü örtü tabakasındaki sıcaklık 500°C'yi aştığında bile toprak yüzeyindeki sıcaklığın asla 50°C'ye ulaşmadığını bulmuştur. Bu tekniğin düşük şiddetli kontrollü yangılar ile kullanılması sırasında mineral toprakta faydalı etkiler beklenmektedir (Alcañiz vd., 2018). Bazı çalışmaların bulgularına göre, kontrollü yakma uygulamalarından sonra mineral topraklardaki toprak azot içeriği artmakta (Afif ve Oliveira, 2006; Alcañiz vd., 2016; Shakesby vd., 2015) veya sabit kalmaktadır (Lavoie vd., 2010; Moghaddas ve Stephens, 2007; Neill vd., 2007; Roaldson vd., 2014; Switzer vd., 2012; Trappe vd., 2009). Azot bakımından zengin olan küllerin düşük sıcaklıklarla toprak içine geçmesini kolaylaştıran kontrollü yakma uygulamalarından sonra toplam azot artmaktadır (Afif ve Oliveira, 2006; Úbeda vd., 2005). Toprak üzerindeki organik maddenin yanması ile küllerin toprağa dahil olması, mineral toprağın ilk birkaç santimetresindeki C, N ve besin depolarında artış olduğunu anlamına gelmektedir (Lavoie vd., 2010).

Ölü örtü ayrışması ile bitkiler tarafından topraklardan alınan fosforun (P) büyük bir bölümü, organik maddeden oluşur, çoğunlukla buharlaşma yoluyla kaybolma eğilimi göstermemektedir (Agbeshie vd., 2022; Bilgili, 2014). Toprakta mevcut olan fosfor değişimi genellikle yangın sırasındaki toprak sıcaklığına bağlıdır aynı zamanda yanan topraklarda artma eğiliminde olmaktadır (Marcos vd., 2007; Parlak, 2012). Yanan topraktaki fosfor artışı külde fosfor kapsamının artması ve ısınma nedeniyle organik fosforun mineralizasyonu olmak üzere iki etkenle ilişkili olmaktadır (Parlak, 2018). Kontrollü yakma uygulamalarının ardından mineral toprakta fosfor ve diğer besin maddelerinde artış olması normal sayılmaktadır (Afif ve Oliveira, 2006; Alcañiz vd., 2016; Shakesby vd., 2015; Úbeda vd., 2005).

En fazla bulunan üçüncü bitki besin elementi kalsiyum (Ca) hücre duvarı yapısını düzenleyen bitki besin elementi olarak bilinmektedir (Kacar ve Katkat, 2010;

McCauley vd., 2009). Buharlaşma ısısı (1240°C) oldukça yüksek olduğundan yakma sırasında herhangi bir kalsiyum kaybı olmamakta, yangından hemen sonraki humus tabakası veya mineral toprak yüzeyindeki kül içinde yüksek oranda kalsiyum bulunmaktadır (Bilgili, 2014).

Magnezyum (Mg) fizyolojik bakımdan önemi, karmaşık yapılı klorofil moleküllerinin yapı taşlarından birini oluşturması ve enzimlerin aktif rol oynaması için gerekli bir madde olmasından kaynaklanmaktadır (Çepel, 1988). Yangından sonra toprakta ilk yıl gözlenen değiştirilebilir magnezyum artışı külden mineral toprağa yıkanma ve burada tutunmanın bir sonucu olduğu düşünülmektedir (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2021).

Toprakta bulunan mineral besin maddelerinden biri olan sodyumun (Na) iyonik potansiyeli düşüktür. Bu özelliğinden dolayı katyon değişim kompleksinde en zayıf olarak tutulan iyonlardan biri olmaktadır. Farklı araştırmacılar, yangın sonrasında değiştirilebilir sodyum miktarında istatistiksel açıdan önemli değişikliklerin meydana gelmediğini ileri sürmektedirler (Bilgili, 2014).

İncelenen çalışmaların çoğunda kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum gibi mevcut katyonların da kontrollü yakma uygulamalarından sonra artması (Arocena ve Opio, 2003; Kennard ve Gholz, 2001; Lavoie vd., 2010; Ritcher ve Ralston, 1982; Scharenbroch vd., 2012; Shakesby vd., 2015; Switzer vd., 2012) veya en azından düşük şiddetli bir yangının ardından konsantrasyonda değişiklik olmaması beklenmektedir (Brockway vd., 2002; Neill vd., 2007; Sherman vd., 2005).

Orman topraklarının kimyasal özelliklerini etkileyen faktörlerden birisi de ($CaCO_3$) kireçtir (Dikici ve Yılmaz, 2005; Kutiel ve Shaviv, 1992). Gavur gölü tundralık alan topraklarında 1965 ve 2001 yıllarında meydana gelen yangınların etkisiyle toprak özelliklerindeki değişikleri belirlemek için Dikici ve Yılmaz'ın (2005) yaptıkları bir çalışmada 1965 yılı değerleri, 2001 yılı değerleri ve yanmamış alanlardan ölçülen değerlerde, kireç ölçümlerinin yanmış alanlarda daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir. Kutiel ve Shaviv (1992), yapay orman yangınlarının toprak özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada Dikici ve Yılmaz (2005) gibi

yanmış alanlarda yanmamış alanlara kıyasla kireç miktarının daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

2.1.1.3 Kontrollü yakma uygulamalarının toprağın biyolojik özellikleri üzerine etkileri

Yangın, toprak biyolojik topluluğunu doğrudan (organizmaları öldürerek veya zarar vererek) veya dolaylı olarak (bitki süksesyonları, toprak organik madde dönüşümleri gibi uzun vadeli etkilerle) etkileyebilmektedir (Borchers ve Perry, 1990; Certini, 2005). Kontrollü yakma uygulamalarının ardından toprakların biyolojik özelliklerinde meydana gelen değişiklikler son yıllara kadar büyük bir oranda incelenmemiştir (Alcañiz vd., 2018). Yangının toprağın biyolojik özellikleri üzerindeki etkileri, esas olarak yangının kendi özelliklerine (yanma derinliği, maruz kalma süresi ve yangın şiddeti), yanıcı madde istiflenmesine, toprak nemine ve mikrotopografiye bağlıdır (Bellido, 1987). Islanmış bir toprakta, toprağın termal iletkenliğiyle yangın da meydana gelen sıcaklıklar derine gidildikçe azalmakta, doymuş bir toprakta artan ısı kapasitesi nedeniyle etkiler daha güçlü olmaktadır (Badía vd., 2017). Ancak kurumuş toprakta sıcaklık 200°C hatta 300°C'ye kadar çıkabilmektedir (Certini, 2005). Yangınlardan sonra ulaşılan sıcaklıklar nedeniyle tüm toprak organizmalarının yok olması oldukça normaldir (Barreiro vd., 2015; Choromanska ve DeLuca, 2001; Switzer vd., 2012; Williams vd., 2012); ancak, makro ve mezobiyotanın daha fazla hareketliliği dikkate alınırsa, bu organizmalar her zaman mikrobiyota kadar kötü etkilenmemektedir (Ahlgren ve Ahlgren, 1965; Certini, 2005; Scharenbroch vd., 2012; Trappe vd., 2009; Valkó vd., 2016). Örneğin Brand (2002), Collembola çeşitliliğinin, yanmamış topraklarda büyük ölçüde fazla olduğunu belirtmiştir. Yıllık kontrollü yakma uygulamalarında, toprağın organik tabakası tamamen yanmakta ve sonuç olarak toprak mikroorganizmaları üzerindeki etkileri önemli olmaktadır. Bununla birlikte, daha periyodik olarak kontrollü yakma uygulamaları, mikrobiyal biyokütlenin miktarını ve kalitesini kontrol alanlarına kıyasla belirli bir süre iyileştirdiği (Gray ve Dighton, 2009; Jorgensen ve Hodges, 1971) veya yalnızca mikrobiyal çeşitliliği etkilediği (Shen vd., 2016) anlaşılmaktadır. Ancak kontrollü yakma uygulamalarının yönetim aracı olarak kullanılabilmesi için kısa ve uzun vadeli sonuçlarına ilişkin

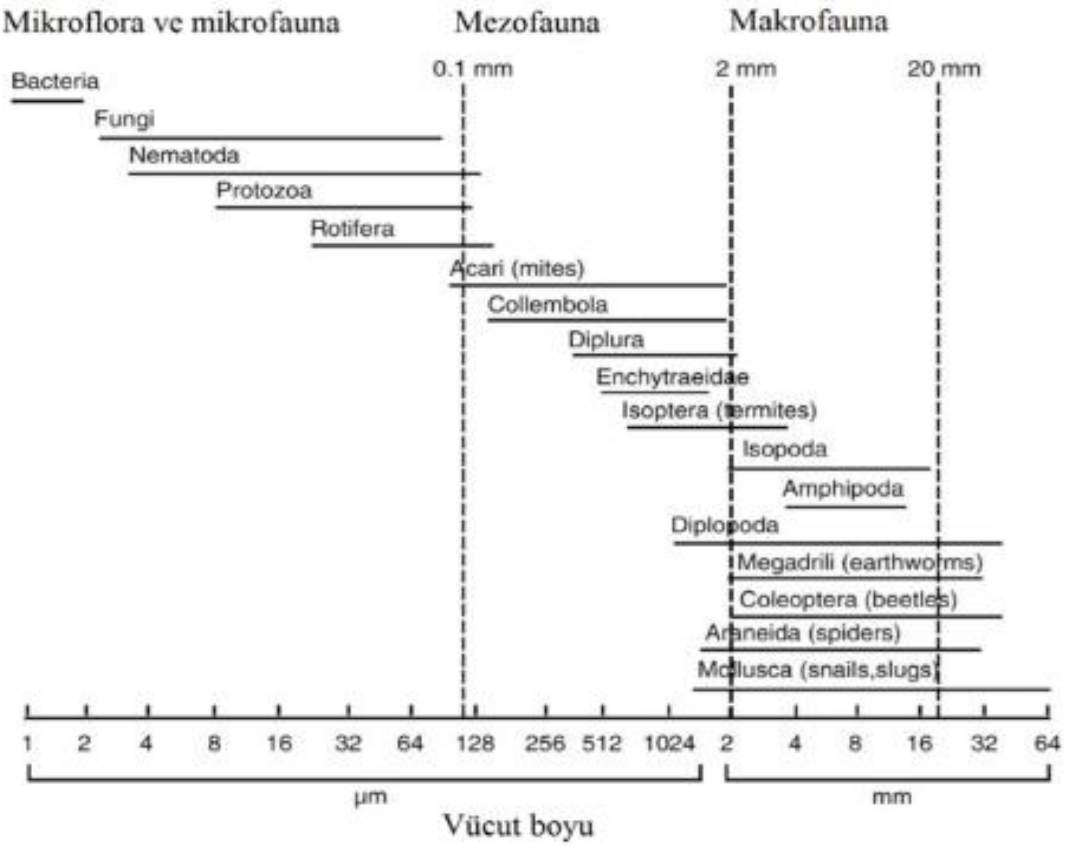
toprak kalitesini artırmaya yönelik daha çok araştırma yapılması gerekmektedir (Alcañiz vd., 2018).

2.1.2 Orman Yangınlarının Toprak Faunası Üzerine Etkileri

Karasal habitatlarda en fazla bulunan hayvanlar, ayrıştırıcıların da içerisinde yer aldığı omurgasızlardır. Buna rağmen toprak, halen en çok bilinmeyen içeren ve en az araştırılan habitattır (Coleman vd., 2004; Wolters, 2001). Özellikle bu canlılar bitkisel tabanlı organik maddenin ayrıştırılmasında görev alırlar. Besin döngüsü, ölü örtü ayrışması ve ekosistem devamlılığı açısından da oldukça önemlidir (Çakır, 2013). Ayrışma sürecinde çok önemli görevleri olan toprak ve ölü örtüde yaşayan eklembacaklılar orman ekosistemlerinin önemli bileşenlerindendir. Toprağın gözenek yapısı, infiltrasyonu, havalanması, toprak içerisindeki organik maddenin dağılımı gibi birçok önemli süreçte toprak ve ölü örtüde yaşayan canlılar etkilidirler (Bird vd., 2004). Bu canlılar aktif hale gelerek hızlı bir şekilde toprak neminin arttığı dönemlerde üremektedirler (Whitford, 1989). Toprak faunası içerisinde yer alan her canlının fizyolojik adaptasyonları ve nem ihtiyacı farklılık göstermektedir (Somme, 1995). Toprak ekosisteminde enerji girişi bitkisel tabanlı organik madde ile gerçekleşir. Karasal ve sulak alan ekosistemlerinde, ayrıştırıcılar, toprak ekosistemlerindeki birincil üreticilerin işini yaparlar (Çakır vd., 2011). Topraküstü ve toprakaltı ekosistem yapıları birlikte incelenirse, komünite ve ekosistem süreçlerinin daha iyi anlaşılması sağlanır. Toprak üstü canlılarının etkileri ve etkileşimleri birçok ekolojik çalışmada incelenmiş olmasına rağmen, bunların toprak altı canlıları ve ekosistem süreçleri üzerindeki etkileri yeteri kadar çalışılmamıştır (Çakır, 2013).

Toprak canlıları hayatlarının büyük bölümünü toprağa bağımlı ve toprak içerisinde yaşarlar. Araştırma konusuna göre toprak canlıları vücut boyutlarına, toprakta bulunuşlarına, fonksiyonellerine göre sınıflandırılırlar (Çakır ve Makineci, 2012). Swift vd. (1979) tarafından yapılan boyutsal sınıflandırma en çok kullanılan sınıflandırmadır. Vücut boyutlarına göre sınıflandırılan toprak canlıları mikroflora-mikrofauna (boyutları<100µm), mezofauna (boyutları 100µm-2mm) ve makro-megafauna (boyutları>2mm) olarak üç gruba ayrılmaktadır (Şekil 2.1). Toprak

içerisinde göreceli olarak mezofauna grubunda bulunan mikroeklembacaklılar sayıca en fazla bulunan canlılardandır.



Şekil 2.1 Toprak canlılarının boyutsal sınıflandırması (Swift vd., 1979)

Toprak üstünde bitki örtüsünde veya örtüde yaşayan daha az hareket kabiliyetine sahip canlılar, yangının neden olduğu ölüm ve yaralanmalara karşı en savunmasız olan canlılardır (Kiss ve Magnin, 2006). Yangın, yaşam için ölümcül olan sıcaklık derecelerinde hem toprak üstünde hem de toprak altındaki yüksek değerli bir biyotik mirası ciddi şekilde tehlikeye atmaktadır (Doamba vd., 2014; Swengel, 2001). Sık sık kontrolsüz çıkan yangınların hem toprağa hem de bitki örtüsüne zarar verdiği konusunda yaygın bir fikir birliği vardır (Sileshi ve Mafongola, 2006). Türlerin yangına dayanıklılığının ekosistemin yangın geçmişiyle yakından ilişkili olduğu (Bengtsson, 2002) aynı zamanda eklembacaklı türlerin yaşam öykülerinde farklılık gösterdiği ve bir yangın meydana geldiğinde canlıların farklı biyolojik evrelerinde (yumurta, larva vb.) olabileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, genel yaşam alanı, yangın nedeniyle kötü bir şekilde bozulabilir ve hayatta kalanların çoğu için değişken bir süre boyunca yaşanmaz hale gelebilmektedir (Massman vd., 2010).

Yangının mikroeklembacaklılar üzerindeki etkisini ele alan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Böyle bir organizma grubu için tam verimli örneklemenin olmaması ve metodolojilerin eksik olması bu konuda çalışmaların sınırlı olmasına sebep gösterilmektedir (André vd., 2002). Her hâlükârda, yangının mikroeklembacaklı topluluğunu önemli ölçüde azalttığı, kısa ve orta vadede bileşimini değiştirmekte, temel olarak kaynaklarının ve habitatlarının büyük bir kısmını, yani toprak üstü bitki örtüsü ve organik tabakası kaybolmaktadır (Broza ve Izhaki, 1997; Rutigliano vd., 2013). Mikroeklembacaklı çeşitliliğinin ve biyokütlesinin tür zenginliğine oranla yangından daha fazla etkilendiği belirtilmektedir (Gongalsky vd., 2012). Bununla birlikte Abbott (1984), Batı Avustralya'nın Jarrah ormanında orta şiddette bir yangından 3 yıl sonra toprakta ve ölü örtüde yaşayan omurgasızların çoğunluğunun yanmış ve bitişik yanmamış alanlar arasında yoğunluk bakımından önemli bir fark göstermediğini belirtmiştir.

2.1.2.1 Toprak mikroeklembacaklıları

Toprak, farklı beslenme seviyelerinde ve boyutlarda sayısız canlıyı barındırmaktadır (Coleman vd., 2018). Ölü örtü ve toprağın üst katmanlarında yaşayan, boyutları 100 µm ile 2 mm arasında olan canlılara mikroeklembacaklılar adı verilmektedir (Swift vd., 1979). Mikroeklembacaklılar birincil üretim, ayrışma ve besin döngüsü gibi ekosistem süreçlerinde önemli rol oynarken bunula birlikte toprak biyoçeşitliliğinin de büyük bir kısmını oluşturmaktadırlar (Cole vd., 2006; Wagg vd., 2014).

Çakır (2013) yaptığı çalışmada mikroeklembacaklıların Belgrad ormanı meşe ekosisteminde ölü örtü ve toprak içerisindeki toplam miktarları yaklaşık 160.000 bry.m^{-2} olarak tespit etmiştir. Çevresel faktörlerden kolay etkilenmeleri ve sayıca fazla olmaları sebebiyle çeşitlilikleri ile komünite yapıları gösterge olarak kullanılmaktadır (Longcore, 2003). Mezofaunayı oluşturan ana taksonlar Acari, Collembola, Diplura, Protura ve Symphla'dır. Mezofauna içerisinde miktarı ve çeşitliliği en fazla olan Acari taksonunun olduğu (Çakır, 2017; Krantz, 1978) ayrıca ölü örtü katmanında ve toprak içerisindeki boşluklarda yoğun olarak bulunduğu belirtilmektedir. Toprak içerisinde en fazla bulunan Acari taksonları Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata ve Astigmatadır (Cakir ve Makineci, 2013; Çakır, 2017). Acari taksonu toprak besin

ağında herbivor, fungivor, bakterivor ve predatör olarak her bir trofik seviyede bulunur. Collembola, altı bacaklı, kanatsız, antenli ilkel böceklerdir. Acari ile kıyaslandığında toprak içerisindeki miktarları birbirine yakın olsa bile çeşitlilikleri azdır (Çakır, 2017; Petersen ve Luxton, 1982), nem ve besin istekleri (fungi, alg ve bitki) daha sınırlıdır. Collembola ölü örtüde, toprak içindekideki boşluklarda yoğun olarak bulunurlar (Çakır, 2017; Petersen, 2002). Toprak mezofaunası, besin döngüsü gibi süreçlere patojenik organizmalar ile beslenerek hastalık ve zararlıların kontrolü ile katkı sağlarken makrofauna ile küçük omurgalıların besin kaynağını oluştururlar (Akkaya ve Uğurtaş, 2006; Çakır, 2017).

Bu bölümde mikroeklembacaklı olan kuyruklasıçrayanlar (entomobriyidae, tomoceridae, isotomidae, hypogastruridae, onychiuridae, neanuridae, sminthuridae) ve akarlar (oribatida, prostigmata, mesostigmata), diğer mikroeklembacaklılar (protura, diplura, pseudoscorpionida, symphla), makro eklembacaklılar (diplopoda, chilopoda, araneae) hakkında kısa bilgiler verilmektedir.

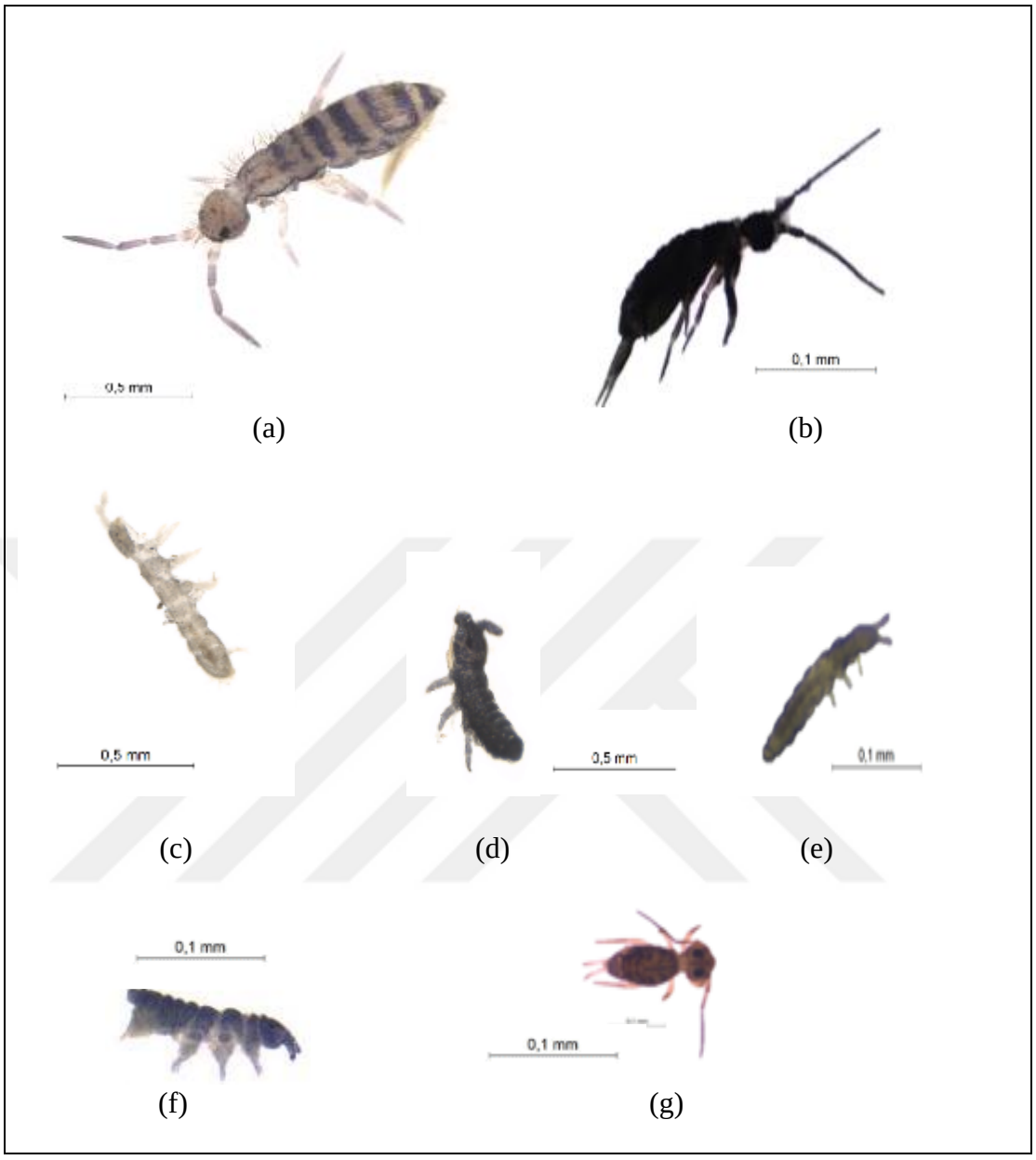
Collembola (Kuyruklasıçrayanlar)

Boyutları küçük (0,2–2,0 mm genişliğinde), bileşik veya basit gözlü, yumuşak vücutlu olarak gözlemlenmektedirler. Collembola'nın bilinen adı kuyruklasıçrayanlardır (Gullan ve Cranston, 2009). Karınlarının alt tarafında sıçramalarını sağlayan furkula olarak tanımlanan bir organ (her türde bulunmaz) bulunmaktadır (Şekil 2.2). Toprak faunasına bağlı olarak her yerde ve bol miktarda bulunmaktadırlar (Petersen, 2002).



Şekil 2.2 Collembola (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

Bazı türleri ölü örtü, mantar, mikroorganizma ve bitki kökleriyle beslenmesine rağmen (Deharveng ve Bedos, 2004; Larssen, 2007; Wiwatwitaya ve Takeda, 2005) genel olarak çürükçül sınıfta dahil edilmişlerdir (Medianero vd., 2007). Orman ekosistemi içerisinde (ağaç tepeleri, ölü örtü, toprağın derinlikleri) geniş bir yayılış gösterirler. Toprakta ve ölü örtü içinde yaşayan formlarda furkula genellikle iyi gelişmiş olarak bulunmaktadır. Toprağın derinliklerinde görülen türlerinde ise genel olarak furkula bulunmaz veya basit haldedir ayrıca gözleri ve renk pigmentleri genellikle yoktur (Bei-Bienko vd., 1967; Petersen, 2002). Akarlar gibi Collembolalar da daha çok karasal ekosistemde yaşayan toprak mezofauna elemanlarıyla birlikte bulunurlar ve önemli ekolojik işlevlerde rol alan büyük bir grupturlar (Castano-Meneses vd., 2004; Hopkin, 1997) (Şekil 2.3). Doğrudan çürümekte olan organik materyalle ilişkili olarak, bazı türler termit ve karınca yuvalarında bile yaşamaktadırlar. Toprağın fiziksel yapısı ve besin çevrimi bakımından işlevi önemli derecede etkin bir gruptur (Paul vd., 2011). Ekosistemin canlı bir fonksiyonu olarak, toprak kalitesi ve sağlığının sürdürülebilir olması bakımından orman ekosisteminde mezofaunanın en önemli grubu olarak görülmektedir (Özata, 2015). Toprak ekosistemindeki önemlerinin belirlenmesi için bozulmamış sistemle birlikte mevsim, nem, sıcaklık ve diğer canlılar ile olan ilişkileri gibi değişenlerin belirlenmesi gerekmektedir (Thimm vd., 1998).



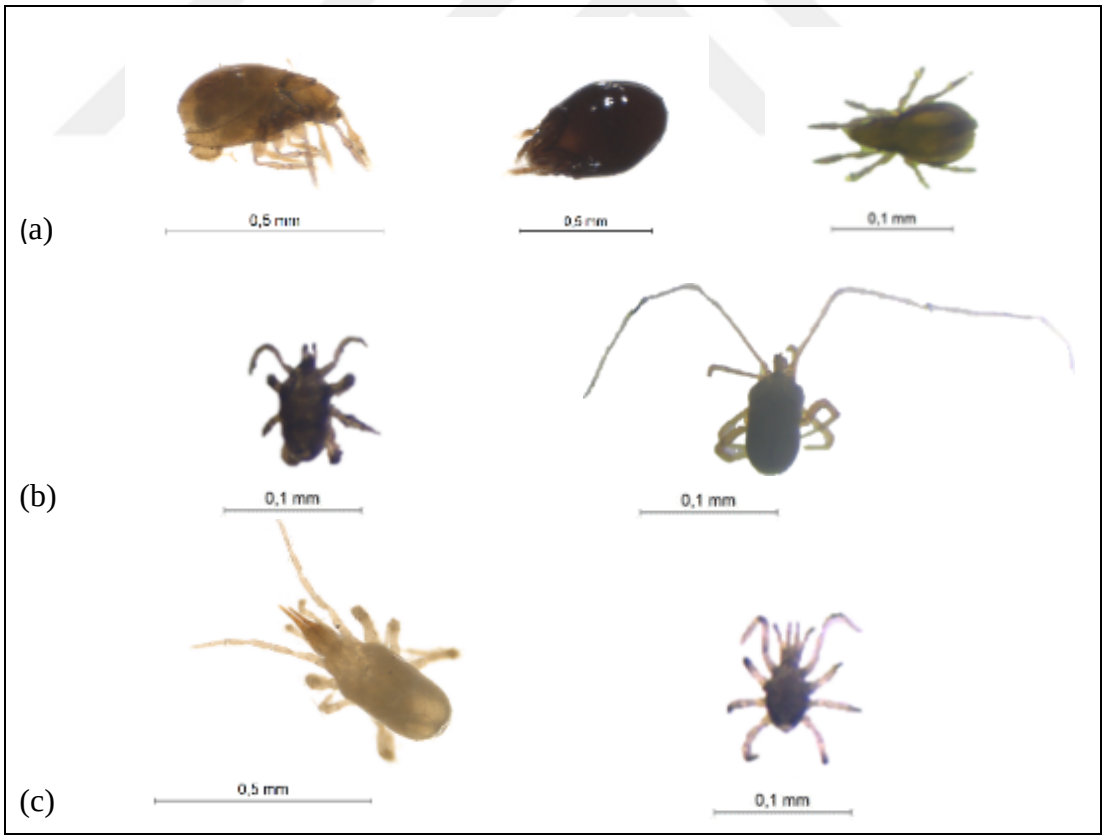
Şekil 2.3 Başlıca Collembola familyaları a) Entomobriyidae, b) Tomoceridae, c) Isotomidae, d) Hypogastruridae, e) Onychiuridae, f) Neanuridae, g) Sminthuridae (Foto: A.G. Tiryaki Güngör, M. Çakır)

Acarina (Akar)

Arachnida (Örümceksiler) sınıfının Acarina takımına ait toprakta yaşayan akarlar toprak mikroeklembacaklıların geniş dağılımlı bir grubudur (Franzluebbers, 2003). Her türlü doğal toprak yapısını işgal edebilmektedir. Mineral toprak yüzeyi ile toprak içinde 2-3 metre derinliğe kadar bulunabilmektedirler. Toprak akarları ılıman ormanlarda daha fazla (bir milyon bireye kadar) bulunmaktadır (Orgiazzi vd., 2016). Boyutlarının küçük olmasına rağmen toprak havalandırmasında önemli rolleri

bulunmaktadır. Toprakta meydana gelen geri dönüşüme katkı sağlamak amacıyla toprağı ve toprak mikroplarını karıştırıp, dağıtırak yardımcı olurlar (Hoy, 2011). Verimli orman topraklarında, Tullgren hunisi ile ekstrakt edilen akarlar için 100 g örnek içerisinde 100 cinse ait 500 birey bulunduğu gözlemlenmiştir. Genellikle ekologlar akarları öncelikle alttakım düzeyinde analiz ederler (Şekil 2.4) (Coleman, 2000; Dindal, 1990; Krantz, 1978).

Toprak içerisinde oribatida, prostigmata ve mesostigmata en çok görülen alttakımdır. Topraktaki akar türlerinin ekolojik gereksinimleri ile ilgili çok az bilgi bulunmaktadır. Bu alttakımlardan oribatida tipik toprak akarlarıdır, prostigmata ise geniş tür çeşitliliğine sahiptir (Sylvain ve Buddle, 2010). Toprak mikroeklembacaklı faunasının önemli bir kısmını oluşturan oribatidler içerisinde az sayıda yırtıcı bulunurken, prostigmata ve mesostigmata alttakımlarındaki türlerin büyük çoğunluğu yırtıcıdır (Ruf ve Beck, 2005).



Şekil 2.4 Bazı akar alttakımları a) Oribatida, b) Prostigmata, c) Mesostigmata (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

Oribatida: Toprak faunası içerisinde oribatida taksonu en fazla sayıya sahip mikroeklembacaklılardandır (Cao vd., 2011). Düşük doğurganlık, popülasyonlarını arttırmadaki düşük kapasitesite (ortamlarında çok yoğun bulunmalarına rağmen) ve böcek popülasyonlarına göre daha kararlı bir popülasyona sahiptirler (Lebrun ve Van Straalen, 1995). Genellikle kalsiyumca zengin dış iskeleti sahip olması ile diğer mikroeklembacaklılardan farklıdırlar. Bazı ilkel türlerinin hemen hemen renksiz olmasına yanında oribatidlerin çoğu kahverengidir (Coleman vd., 2004; Kuhnelt, 1961). Toprak nemi yüksek olan alanları genellikle tercih etmektedirler (Gergocs ve Hufnagel, 2009). Toprağın ilk 7-8 cm'i oribatid akarların en çok bulunduğu kısımdır ve toprak derinliği arttıkça oribatidlerin çeşitliliği ve yoğunluğu düşmektedir. (İnak vd., 2017). Oribatid akarlar en yaygın halini toprakta yaşamaktadırlar, bunun dışında ağaç kabukları, ölü örtü, kaya çatlakları, yosun, liken nadiren sucul ortamlarda da yaşarlar. Ayrıca çeşitli bitki kalıntıları, besin değeri yüksek bitki dokuları vb. olmak üzere geniş alanda besin tercih etmeleri oribatid akarların farklı habitatlarda yaşamasına bağlı olmaktadır. Oribatid akarlar orman tabanındaki ölü örtünün ayrışmasını ve besin döngüsünü etkileyerek veya dökülen bitki materyalinin parçalanmasını sağlayarak ayrışma sürecine katkıda bulunurlar (Coleman vd., 2004; Per ve Ayyıldız, 2005; Shimano ve Matsuo, 2002; Sylvain ve Buddle, 2010).

Prostigmata: Toprakta yaşayan çok çeşitli prostigmata türler vardır. Oribatidadan sonra toprak ekosisteminde en çok görülen akar alttakımıdır (Önen ve Koç, 2011). Geniş tür çeşitliliğine sahip olması ve beslenme habitatları ile prostigmataların stratejileri değişiklik göstermektedir (Sylvain ve Buddle, 2010). Toprak içerisinde yaşayan türlerinin birçoğu yırtıcıdır, bitki ve hayvanlar üzerinde parazit olarak beslenenler de görülmektedir (Kentley, 1990). Mantarla beslenen bazı türler fırsatçıdırlar, yani kaynakların değişmesi veya bozulması durumunda hızlı üreme yeteneğindedirler. Bazı küçük yırtıcı türler, çeşitli hallerde mantarla da beslenmektedirler (Walter, 1988).

Mesostigmata: Mesostigmata alttakımına ait bireylerin sayısı oribatida ve prostigmata alttakımlarına ait birey sayılarına oranla toprak içinde daha az bulunur (Krantz, 1978). Ölü örtüde ve humus katmanında daha çok görülmektedirler (Krantz ve Ainscough, 1990). Mesostigmata bireylerin hemen hemen hepsi mezofaunanın yırtıcıları olmasına

rağmen, birkaç türü mantar ile beslenir. Bazı durumlarda sayıları çok fazla olabilir (Gerson vd., 2003). Ölü örtü miktarının fazla olduğu orman tabanı çok çeşitli mesostigmatik akar içerir ve türler göreceli olarak büyüktürler. Toprak içerisinde yaşayanlar küçük ve renksiz görülmektedir. Toprak içinde yaşayan bireylerin boyutları küçüldükçe toprak derinliğindeki birey sayıları artmaktadır (Wallwork, 1976). Birçok mezostigmata türü, çeşitli böcek türleri ve toprak yetişme ortamı ile yakın ilişkilidir (Minor ve Cianciolo, 2007).

Diğer Mikroeklembacaklılar

Protura (Duyargabacaklılar): Kanatsız, küçük ve ilkel böceklerdir (Şekil 2.5). Antensiz ve gözsüz oluşlarından dolayı kolayca tanınırlar. Nadiren büyük sayılara ulaşırlar ve dünya genelinde çok çeşitli topraklarda (genellikle bitki kökleri ve ölü örtüde) bulunurlar. Birey Sayıları 1000 ile 7000 bry.m^{-2} arasında olduğu belirtilmiştir (Coleman vd., 2004; Evans vd., 2003). Her zaman yaprak döken ağaçların bulunduğu ormanlarda, nemli bölgelerde, yaprak ve humus altlarında bulunurlar (Meyer, 2016a). Mevsimsel değişimleri toprak nemine bağlı olan bu canlılar, toprağın üst kısımlarında, bazen ölü örtüde bulunurlar (Bogdanović ve Blesić, 2011). Proturaların ekolojisine, beslenmesine ait çok az bilgi bulunmaktadır. Bununla birlikte ölü akarlar, mikorizal mantarlar, mantar sporları üzerinde proturaların beslendiği belirlenmiştir (Tipping, 2013). Ayrıştırıcı kominitesinin bir üyesi olan Protura türleri organik maddelerin doğaya tekrar kazanımını sağlarlar, hiçbiri zararlı değildirler (Meyer, 2016a).



Şekil 2.5 Protura (Foto: M. Çakır)

Diplura (Çatalkuyruklular): Küçük, ilkel böceklerdir ve uzun antenlere sahiptirler (Şekil 2.6). Birçok diplura edafiktir. Bazıları ışığı sevmez, kabuk veya taşların altında, nemli topraklarda yaşamaktadırlar (Lock vd., 2010). Toprakta yaşayan böcek larvası, collembola türleri, akar ve diğer diplura bireylerini avlarlar, çoğu predatördür. (Meyer, 2016b).



Şekil 2.6 Diplura (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

Pseudoscorpionida (Yalancı Akrepler): Akreplerin yakın akrabalarıdır ve bunların küçük kopyalarıdır ancak kuyruk ve bu kuyruğa bağlı bir iğnesi yoktur (Beccaloni, 2009; Wallwork, 1976) (Şekil 2.7). Yalancı akrepler daha çok tropik, subtropik ve ılıman bölgeleri tercih eder, Akdeniz Bölgesi'nde ise büyük çeşitlilik gösterirler (Zaragoza, 2015). Yalancı akrepler ağaç kabuklarının ve taşların altında saklanırlar, bazen ölü örtü içerisinde görülebilirler (Muchmore, 1990). Yalancı akrepler yırtıcıdır ancak doğal besinleri hakkında çok fazla bilgi bulunmamaktadır. Bazıları akar, colembola, meyve sinekleri gibi eklem bacaklılarla ve böcek larvalarıyla beslenirler. Dişli kıskaçları ile avlarını yakalarlar, onları sindirmek için enzimler salgılarlar. Bu enzimlerle vücut dokusu sindirildikten sonra sıvı hale gelen içerikleri emilir (Einsenbeis ve Wichard 1987; Radea, 1993).



Şekil 2.7 Pseudoscorpionida (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

Symphyla (Yumuşak kırkayaklar): Gözsüz, beyaz, çok bacaklı, bir çift antene sahip eklembacaklılardır. Küçük çıyanlara benzerler (Edwards, 1990; Minelli ve Golovatch, 2001; Stoev vd., 2010) (Şekil 2.8). Yumuşak kırkayaklar edafik faunadandırlar. Bulabildikleri yumuşak, hayvan ve bitki dokularını yerler (Edwards, 1990).



Şekil 2.8 Symphla (Foto: M. Çakır)

Toprak Makroeklembacaklılar

Kırkayaklılar (Diplopoda): Her segmentinde iki çift bacak bulunan çok segmentli eklem bacaklılardır (Yüksel vd., 2020) (Şekil 2.9). Kalsiyum içeren dış iskeletleri ile yüksek yoğunluklara ulaştıklarında önemli kalsiyum deposu olabilirler. Kırkayaklar kurak ve yarı kurak alanlarda da bulunurlar, bulundukları yerde nispeten düşük nem içeriyor ise, epidermlerinin üstünde mumsu tabaka olmamasından dolayı hızlı bir şekilde kururlar. Bazıları tamamen toprakta yaşarken, diğerleri ölü örtü içerisinde veya cryptozoan olarak yaşarlar (Hoffman, 1990). Kırkayaklar dökülen yaprakların ana tüketicilerinden olup yapraklı ormanlardaki ölü örtüdeki kalsiyumun %15-25'lik kısmının girişini sağlayabilirler. Ayrışmaya olan katkıları ile azot mineralizasyonunu hızlandırırlar (Fujimaki vd., 2010). Orman topraklarındaki popülasyon yoğunluğu bazen metrekare başına 1000 bireyi aşan kırkayakların, ılıman ormanlarda yıllık yaprak dökümünün %10-15'ini tükettiği tahmin edilmektedir (Stoev ve Enghoff, 2008).



Şekil 2.9 Diplopoda (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

Çiyanlar (Chilopoda): Birden fazla karasal habitatta önemli bir yırtıcı grubudur (Shear vd., 1988) (Şekil 2.10). Çoğu türleri ölü örtüde ve toprakta yaşar veya ormanlarda taşların, ağaç kabuklarının veya ağaçların altında bulunurlar (Edgecombe, 2010; Levis, 2007). Ölü örtüde ve toprak içerisinde görülen çiyanlar avcı durumundadırlar. Kırkayaklar gibi çiyanlar da düşük nem koşullarında epidermlerinden su kaybederler, nemli habitatlar arayarak kurumadan kaçınırlar. Çiyanlar hızlı hareket eden canlılardır. Collembola gibi küçük avlarını aktif olarak takip ederler ve yakalarlar (Marx vd., 2012).



Şekil 2.10 Chilopoda (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

Örümcekler (Araneae): Aracnida sınıfı içerisinde akarlar takımından sonra en çok tür zenginliğine sahip takımlardır. Arachnida içinde örümcekler geniş bir yer tutmaktadırlar ve örümcekler Arachnida sınıfının 2/3 ünü oluşturmaktadırlar (Bayram, 1987) (Şekil 2.11). Kutuplar hariç bütün karasal ekosistemlerde yaşarlar. Yalnız yaşayan avcılardır. Birçok tür yerüstü habitatlarda yaşar, fakat bazı türler gizlenerek ölü örtü ve toprak içerisinde yaşamaktadır (Dondale, 1990; Wu vd., 2009).



Şekil 2.11 Araneae (Foto: A.G. Tiryaki Güngör)

2.1.2.2 Orman yangınlarının toprak mikroeklembacaklıları üzerine etkisi

Toprak ekosistemlerinin biyolojik çeşitliliğini ve topluluk yapısını yangınlar değiştirebilir (Kara ve Bolat, 2009; Ryan, 2002). Toprak mikroeklembacaklılarının topluluk yapısı üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri olabilir (Certini vd., 2021). Kontrollü yakma uygulamaları sırasında toprağın yüzey sıcaklığı 200°C'ye kadar çıkabilir. Bununla birlikte, >50°C sıcaklık mikroeklembacaklıların miktarını azaltabilirken, birçok toprak faunası için ölüm oranı %100'e ulaşabilir (Ahlgren, 1974; Gongalsky vd., 2012). Önceki çalışmalar, yangının genellikle birçok ekosistemdeki mikroeklembacaklıların miktarını azalttığını göstermiştir (Kim ve Jung, 2008; Malmström, 2010; Malmström vd., 2008; Mantoni vd, 2020). Yangınların şiddeti ve sıklığı, toprak faunasının direncini ve dayanıklılığını ciddi şekilde etkiler (Certini vd., 2021). Malmström vd. (2008), mikroeklembacaklı taksonlar için iyileşme oranı yaklaşık bir yıldan beş yıla kadar değişmektedir (Malmström vd., 2009). Bu durum, üreme ve dağılma hızlarından, yaşam öyküsü özelliklerinden, avcılardan ve besin kaynaklarından etkilenmektedir (Gongalsky vd., 2012; Malmström, 2012).

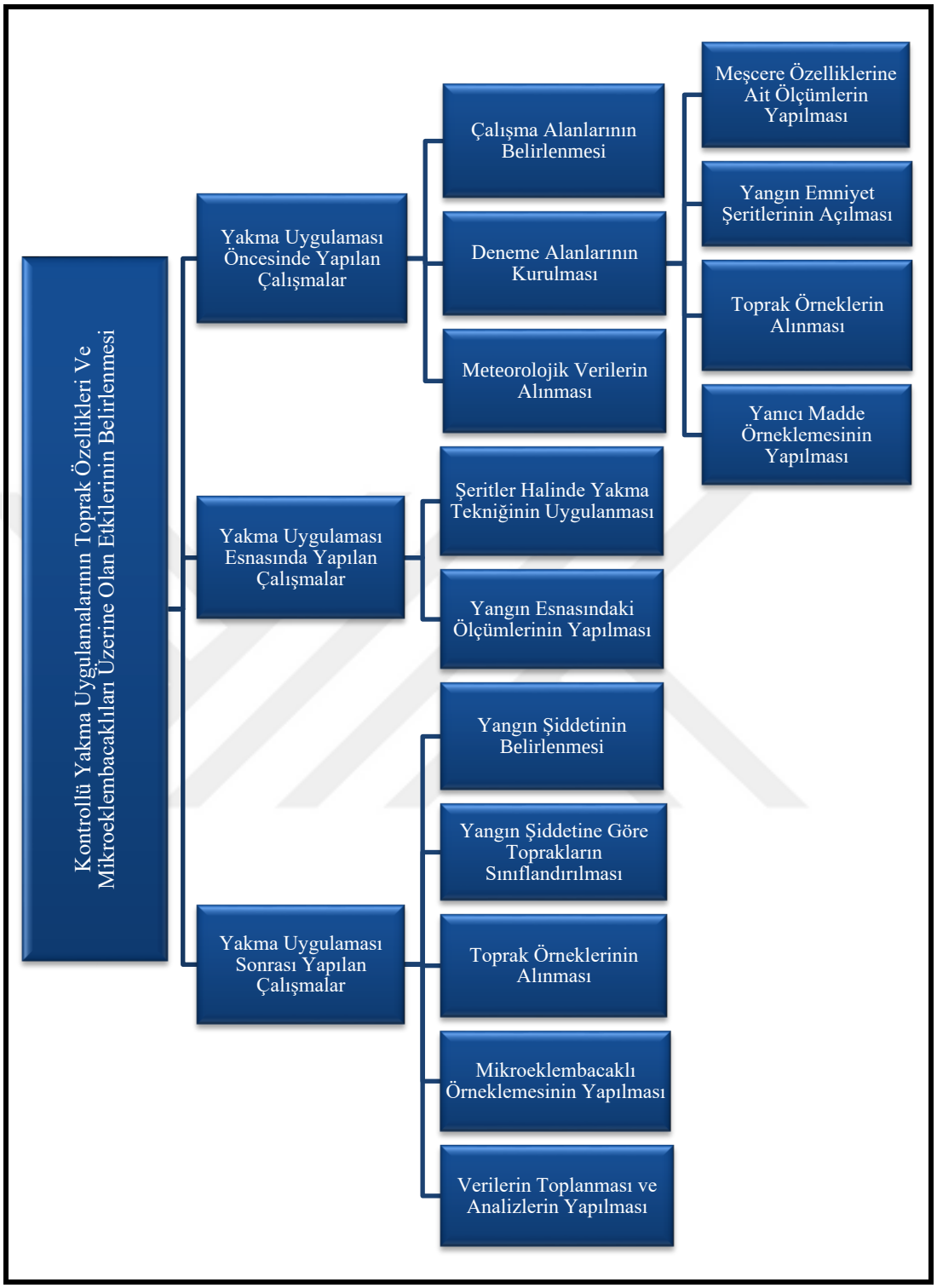
Murunga (2013), toprak eklembacaklılarının tür çeşitliliği, yanmamış alanda derinlikle birlikte azalırken, yanmış alanda derinlikle birlikte artmaktadır. En fazla sayıda toprak eklembacaklısı ölü örtü tabakasında, bunu sırasıyla 0-5 cm ve 5-10 cm toprak derinliği izlemektedir. Bu durum özellikle yanmamış alanda besin ve minerallerin var olma durumuna bağlanmaktadır. 5-10 cm toprak derinliğinde doğal yanmamış ve yanmış alanda sırasıyla 611 ve 255 birey görülürken, 0-5 cm toprak derinliğinde sırasıyla 530 ve 392 birey olmak üzere toprak eklembacaklısı belirtilmiştir. Doğal yanmamış alanlar en yüksek tür çeşitliliğine (n=21), yanmış alan ise daha düşük ve benzer tür

çeşitliliğine (n=17) sahip olduğu belirtilmiştir. Acarina takımı, hem doğal yanmamış bölgede (n=937) hem de yanmış bölgede (n=574) toplanan toprak eklembacaklı örneklerinin arasında en fazla olarak görülmüştür. Yanmış alanda diplura daha yüksek bir miktara sahipken (n=173), collembola doğal yanmamış bölgede (n=139) yüksekti olduğu belirlenmiştir. Hymenoptera takımı doğal yanmamış bölgede daha fazla (%4,27; n=55), yanmış bölgede daha az miktarda (%0,88; n=13) bulunmuştur. Yalancı akrepler, doğal yanmamış bölgede daha fazla bulunurken (%1,40; n=18), yanmış alanda daha az miktarda (%0,47; n=7) bulunmuştur. Proturalar en çok doğal yanmamış bölgede bol miktarda bulunmuştur (%5,67; n=73). Araneae doğal yanmamış alanda (%2,25; n=29) yanmış alana (%0,88; n=13) kıyasla daha fazla olarak bulunmuştur. Symphylla takımı, alan başına 1-5 birey arasında değişen en düşük birey sayısına sahip olduğu bilinmektedir.

Kamczyc vd. (2017), hem yangın hem de orman yaşının mesostigmata akar yoğunluğu üzerinde önemli bir etkisi olduğunu, yanmamış ve olgun sarıçam ormanlarında daha fazla birey (9-40 yaş arası, 83-101 yaşından küçük) olduğunu, akar çeşitliliğinin ise orman yaşları arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ancak yanmış ve kontrol arasında farklılık olmadığını göstermiştir. Grabczynska vd. (2009), kontrollü bir yangının toprak akarları üzerindeki kısa vadedeki etkileri Polonya'daki bir çam karışık ormanında hem yoğunluk hem de taksonomik çeşitlilik açısından paralel olduklarını ortaya koymuştur. Brand (2002), Illinois'deki bir arboretumun yanmış ve yanmamış alanlarındaki collembola tür zenginliğini, sıklığını ve yoğunluğunu karşılaştırmıştır. Yanan alanlarda, önemli ölçüde daha az colembola türü görülmüştür ve en yaygın 10 türden sekizinin sıklığı daha düşük olarak belirtilmiştir. Rus taygasında Saifutdinov vd., (2018), toplam colembola miktarının yanmaya değil orman alt bölgesine bağlı olduğunu değerlendirirken, yangın üreyen epiedafik colembolaların miktarının ortalama %40 azalttığını belirtmiştir. Bu azalma, yangının şiddeti ile pozitif, örtü kalınlığı ve toprağın su tutma kapasitesi ile negatif olarak ilişkilidir şeklinde yorumlanmıştır. Huebner vd., (2012), Quebec'in güneyindeki bir akçaağaç-meşe ormanındaki yangın sonrası colembola topluluklarının yangın sonrası durumu keşfetmek için farklı bir yangın geçmişine sahip yakın bölgeleri incelemiştir ve yüksek yoğunluklu yangınlardan sonra bulunan türlerin yanmamış alanlara göre boyut olarak daha küçük olduğunu kaydetmiştir. Colembolaların gözsüz, pigmentsiz oluşunu, bu

türlerin toprak üzerinde olmasından ve yangın kaynaklı ölü örtü kaybının büyük olasılıkla topluluk kompozisyonlarını değiştirdiklerinden itici güç olduğunu belirtmişlerdir.

Çakır vd., (2023) *Quercus frainetto* türünde yaptığı çalışmada mikroeklembacaklıların çeşitliliği yangın ile yıl sonunda %8 oranında önemli ölçüde azalmıştır ($P<0,05$). Ortalama yıllık mikroeklembacaklı yoğunluğu kontrol alanlarından 27 taksona ait toplam 61.351 birey ve yanmış alanlardan 23 taksona ait 16.995 birey olarak bulmuştur. Kontrollü yakma uygulamasında mikroeklembacaklıların ortalama yoğunluğu ilk yılın sonuna %72'lik bir azalmaya neden olmuştur ($P = 0,000$). Toplam mikroeklembacaklı popülasyonunun %69 acari ve %27 collembola olması yıllık ortalama değerleri bakımından topraktan elde edilen en bol mikroeklembacaklılar olmuştur. Ancak kontrollü yakma uygulaması ile kontrol alanları karşılaştırıldığında acari ve collembola'nın yoğunluğunu sırasıyla %72 ve %73 oranında azalttığını ifade etmektedir.



Şekil 2.12 Çalışmanın Akış Diyagramı

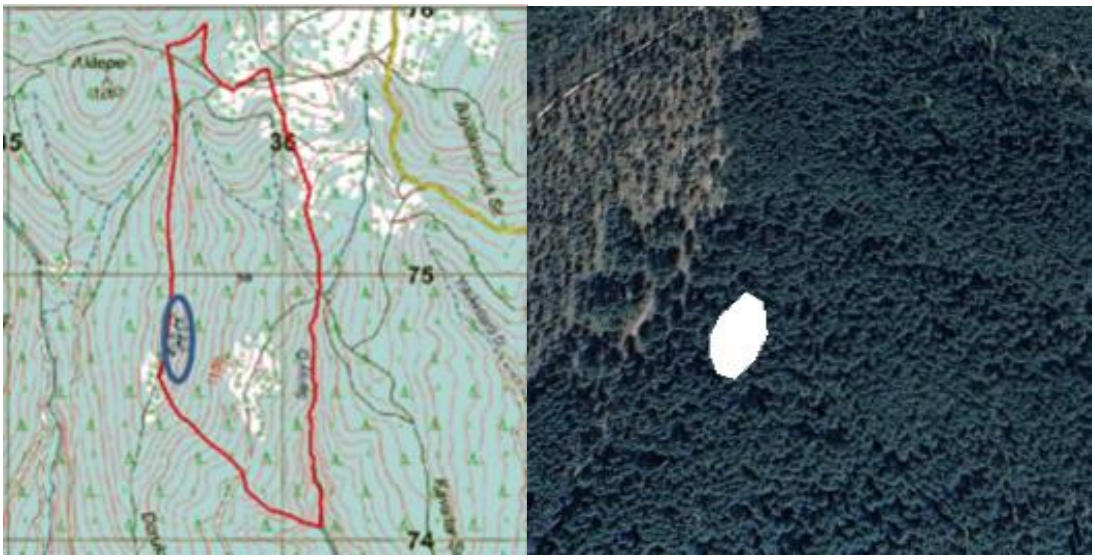
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Alanın Tanıtımı

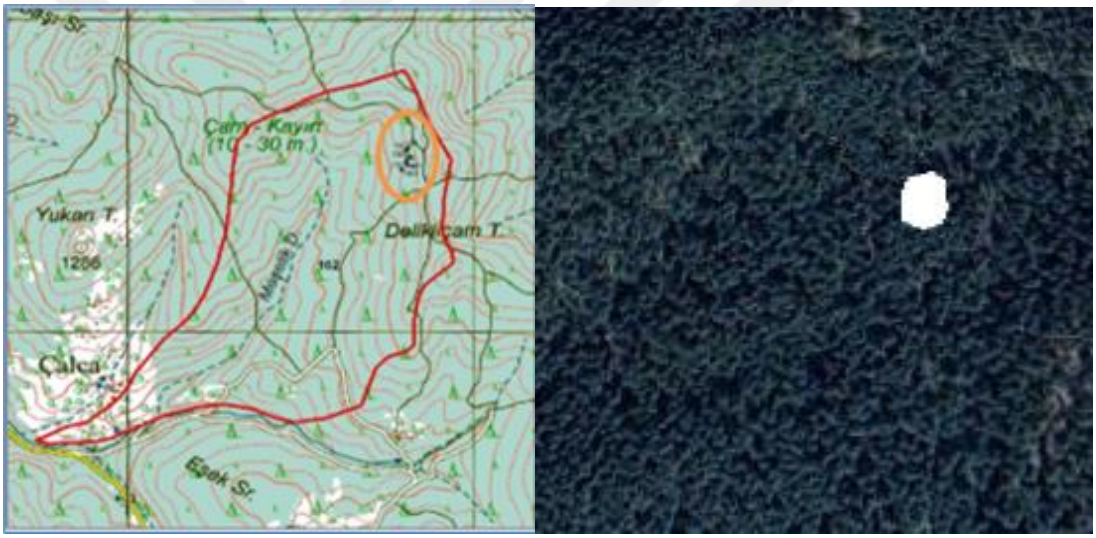
Çalışma alanları, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Araç Orman İşletme Müdürlüğü, Şerifebacı Orman İşletme Şefliği ve Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Daday Orman İşletme Müdürlüğü, Göktepe Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindedir. Araç Orman İşletme Müdürlüğü Şerifebacı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan 59 nolu bölme (Çkcd3) Anadolu karaçamı gençleştirme sahası ve Daday Orman İşletme Müdürlüğü Göktepe Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde kalan 162 nolu bölme (Çsd2) sarıçam gençleştirme sahası çalışma alanlarıdır. 59 nolu bölme (Çkcd3) Anadolu karaçamı gençleştirme sahası coğrafi koordinatları 41°19′26.15″ kuzey enlemleri ile 33°25′32.69″ doğu boylamları arasında, kapalılığı %50, yükseltisi 1214 m ve doğu bakıda yer almaktadır. 162 nolu bölme (Çsd2) sarıçam gençleştirme sahası coğrafi koordinatları 41°22′1.53″ kuzey enlemleri ile 33°29′17.07″ doğu boylamları arasında, kapalılığı %50, yükseltisi 1330 m ve kuzeybatı bakıda yer almaktadır. Türkiye haritası üzerindeki konumu Şekil 3.1'de 1/25000 ölçekli meşcere haritasındaki konumları Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Çalışma alanının Türkiye haritası üzerindeki konumu



Şekil 3.2 Karaçam gençleştirme sahasının meşcere haritası ve uydu görüntüsü



Şekil 3.3 Sarıçam gençleştirme sahasının meşcere haritası ve uydu görüntüsü

3.2 Deneme Alanlarının Belirlenmesi

Deneme alanları kurulurken çevresel faktörlerin (eğim, bakı vb.) etkisini en aza indirmek amacıyla düz ya da düze yakın alanlar tercih edilmiştir. Diri örtü sorunu olmayan ya da çok az olan, doğal dal budanması iyi ve orman yolu gibi kenar alanlara yakın olmayan yerler seçilmiştir. Bu şartlar altında idare süresini doldurmuş ve gençleştirme programında olan karaçam (Şekil 3.4) ve sarıçam (Şekil 3.5) meşcerelerinde 3 farklı duruma göre çalışma alanları oluşturulmuştur. Çalışma alanları;

- Hiçbir müdahalenin yapılmadığı kontrol alanı (tohumlama kesimi ve makineli toprak işlemesi yapılmamış alan) (K),

- Doğal gençleştirme çalışmalarında genel uygulamada kullanılan standart silvikültürel ve mekanik uygulamaların sürdürüldüğü toprak işleme alanı (tohumlama kesimi ve makineli toprak işlemesi yapılmış alan) (Tİ),

- Kontrollü yakma uygulaması alanı (tohumlama kesimi yapılmış fakat makineli toprak işlemesi yapılmamış yanacak alan) (Y) şeklindedir.



Şekil 3.4 İdare süresini doldurmuş ve gençleştirme programına alınmış karaçam meşceresi



Şekil 3.5 İdare süresini doldurmuş ve gençleştirme programına alınmış sarıçam meşceresi



Şekil 3.6 Karaçam meşceresinde makineli toprak işlemesi yapılan alan

Kontrol alanlarında (K) hiçbir müdahale yapılmamıştır. Kontrollü yakma uygulaması yapılacak alanlarda tohumlama kesimi yapılmış, kesim artıkları olduğu gibi bırakılmıştır. Alanda daha sonra yakma uygulaması yapılmıştır. Toprak işleme alanlarında (Tİ) ise, Orman İşletme Şefliklerince silvikültürel uygulamalar doğrultusunda tohumlama kesimi yapılmış ve sonrasında makineli toprak işlemesi

yapılarak (Şekil 3.6) alandan çıkılmıştır. Alanda kesim artıkları eş yükselti eğrilerine paralel olarak belirli aralıklarla toplatılmış ve öbekler halinde bırakılmıştır.

3.3 Kontrollü Yakma Uygulaması Öncesi Yapılan Ölçümler

Kontrollü yakma uygulaması öncesinde deneme alanlarına ait genel meşcere özelliklerinin belirlenmesi, toprak örneklerinin alınması, yanıcı madde örneklemesi, emniyet şeridinin oluşturulması ve meteorolojik verilerin alınması çalışmaları yapılmıştır.

3.3.1 Deneme Alanlarındaki Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi

Genel meşcere özelliklerini belirlemek için, çalışma alanlarında kontrollü yakma uygulamaları yapılmadan önce alanlara ait bazı tanımlayıcı ölçümler (koordinat değerleri, meşcere tipi, bakısı, yükseltisi, eğimi ve kapalılığı) yapılmıştır. Alanın tamamını temsil edecek şekilde, kapalılığa bağlı olarak deneme alanların büyüklükleri (1 kapalı 800 m^2 (r: 15,96 m), 2 kapalı 600 m^2 (r: 13,82 m) ve 3 kapalı 400 m^2 (r: 11,28 m) belirlenmiştir (OGM, 2020b). Ölçümlerin yapılacağı deneme alanlarında bulunan ağaçlar numaralandırılmış ve her bir ağaç için boy, çap, ağaç yaşı (meşcereyi temsil eden en az 5 ağaçta), tepe boyu, tepealtı yüksekliği (yaş dal yüksekliği), tepe çapı, merkez noktasına göre kuzeyle yaptığı açı ve deneme alanının merkez noktasına olan mesafesi belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Meşcere özelliklerinin belirlenmesi

Ağaçların çapı, bir çap ölçer yardımıyla birbirine dik iki ölçümle göğüs yüksekliği seviyesinden ($d_{1,30}$ cm) gerçekleştirilmiştir. Ağaç boyu, ağaç tepe boyu ve tepealtı yüksekliği Haglöf Vertex 4 elektronik boy ölçerle belirlenmiştir. Ağaçların tepe çapı, toprak yüzeyinden şerit metreyle ağaç tepelerinin yerdeki izdüşümü dikkate alınarak birbirine dik iki ölçüm yapılarak bulunmuştur. Ağaç yaşı tayini çap artım burgusu ile alınan artım kalemlerindeki yıllık halkaların sayılması ile belirlenmiştir. Ağaçların merkez noktasına göre kuzeyle yaptığı açı pusulayla ve merkez noktasına olan mesafesi şerit metreyle ölçülmüştür. Ölçümlere ait ortalama değerler Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Şerifebacı-Göktepe Orman İşletme Şefliklerinin meşcere özellikleri

	Şerifebacı Orman İşletme Şefliği		**Göktepe Orman İşletme Şefliği**	
	Alana Ait Özellikler			
Yükselti	1214		1330	
Bakı	Doğu		Kuzeybatı	
Eğim	0-15		0-10	
	Meşcere Özellikleri			
	Kontrol Alanı	**Kontrollü Yakma Yapılacak Alan**	**Kontrol Alanı**	**Kontrollü Yakma Yapılacak Alan**
Göğüs Çapı ($d_{1,30}$) (cm)	30	43	38	31
Meşcere Yaşı (yıl)	94	96	102	120
Ağaç Boyu (m)	23	24	25	24
Tepe Çapı (m)	4	9	6	6
Tepe Altı Yüksekliği(m)	14	16	13	13
Merkeze Mesafe (m)	8	9	7	8
Semt Açısı (°)	192	195	195	163
Kabuk Kalınlığı (mm)	5	6	3	3

3.3.2 Yangın Öncesi Toprak Örneklerinin Alınması

Kontrollü yakma uygulamasının yapıldığı alanlardan yakma uygulaması yapılmadan önce kontrol alanı haricinde başlangıç noktası olarak düşünülen ve alanı homojen olarak temsil edecek şekilde 9 örnekleme yapılmıştır. Her deneme alanından yangının etkisi göz önünde bulundurularak (0-5cm, 5-15cm) iki derinlik kademelerine ait toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler karaçam ve sarıçam meşcereleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. Karaçam ve sarıçam meşcerelerinden 18'er örnek olmak üzere toplam örnek sayısı 36 adettir.

3.3.3 Yangın Öncesi Toprak Örneklerinin Analizi

Toprak örnekleri üzerinde tekstür, organik madde, C/N oranı, toplam kireç, pH, EC ve Ca, Mg, N, P ve K gibi bitki besin elementlerinin tayinleri yapılmıştır. Saturasyon (bünye) tayini 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinde su ile doygunluk yöntemi kullanılarak bulunmuştur (Richards, 1954; Tüzüner 1990). pH ve EC analizi 1 /2,5 toprak saf su karışımına göre 10 g toprak örneğinde yapılmıştır. Karbon ve kireç ölçümleri 0,5 mm'lik elekten geçirilmiş topraklarda yapılmıştır. Organik madde tayini, Walkley-Black ıslak yakma yöntemine göre yapılmıştır (Gülçur, 1974). Toprakların azot içerikleri Kjeldhal yaş yakma metoduna göre belirlenmiştir (Kacar, 2009). C/N

oranı organik karbon değerinin azot değerine bölünmesi sonrası hesaplanmıştır. Kireç (CaCO3) içeriği, Scheibler kalsimetre yöntemine göre hesaplanmıştır (Allison ve Moodie, 1965). Toprakların yararlanılabilir fosfor miktarı Bray ve Kurtz yöntemine göre Milden Roy Spektronic 20 D Spektrofotometresi kullanılarak toprak tahlil laboratuvarında yapılmıştır (Kalra vd., 1991). Toprakların Ca, Mg, K, Na miktarları, amonyum asetat yöntemine göre AA-6601 SHIMADZU Atomik Absorpsion Spektrofotometresi kullanılarak laboratuvarda yapılmıştır (Page vd., 1982).

3.3.4 Yanıcı Madde Özelliklerinin Belirlenmesi

Yanıcı madde özellikleri ölü örtü, ince yanıcı madde ve humus, diri örtü ve kesim artıklarında ayrıntılı olarak ölçümlerle gerçekleştirilmiştir. Ölü örtüde yapılan ölçümler ince yanıcı madde ile humus tabakasında miktar ve derinliğinin belirlenmesi şeklinde yapılmıştır (Şekil 3.8). İnce yanıcı madde ve humus miktarının belirlenmesi için deneme alanlarının her birinde ayrı ayrı yapılmak suretiyle alanın kenarından en az bir ağaç boyu içerden başlanarak, bir köşeden, çapraz diğer köşeye kadar uzanan hat boyunca, rastgele örnekler alınmıştır. Alanı temsil edecek şekilde 7 örnekleme alanı belirlenmiştir. Her bir alandan 30x30 cm² büyüklüğünde ölçülmüş alanın üzerindeki örtü katmanından örnekler alınmıştır. Önce dal, kabuk, ot, humus, ince yanıcı madde gibi örnekler ayrı ayrı poşetlenmiştir. Alınan her örnek sonrasında (örneğin ot alınmadan önce ot boyu, humus alındıktan sonra toprakta oluşturduğu derinlik vb.) topraktaki derinliklerinin ölçümü yapılmış ve kaydedilmiştir. Ayrıca kesim artıkları için 50 x 50 cm² deneme alanları oluşturulmuştur. Bu alanlar üzerindeki ibreli dallar alınıp ölçülerek poşetlenmiştir. Her bir örnek Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7 ve kesim artıklarına ait örnekler KA1, KA2 şeklinde etiketlenerek laboratuvara götürülmüştür. Bu işlemler karaçam ve sarıçam meşcereleri için ayrı ayrı uygulanmıştır.



Şekil 3.8 Kontrollü yakma uygulaması öncesi yanıcı madde örneklemesi

3.3.5 Emniyet Şeritlerinin Oluşturulması

Çalışma alanları her ne kadar gençleştirme çağında, doğal dal budanması iyi, diri örtü sorunu olmayan alanlarda planlansa da gereken tüm önlemler alınmış olmalıdır. Bu anlamda kontrollü yakma uygulaması yapılacak alanda yangın emniyetinin sağlanması amacıyla emniyet şeritleri açılmıştır (Şekil 3.9). Emniyet şeritleri çalışma alanları etrafında arazöz ve ilk müdahale yapacak ekiplerin çalışabileceği genişlikte (yaklaşık 3m) açılmıştır. Yakma uygulaması yapılacak alanın etrafındaki orman içi yollardan da bu bağlamda yararlanılmıştır.



Şekil 3.9 Kontrollü yakma uygulama öncesi emniyet şeritlerinin açılması

3.3.6 Meteorolojik Verilerin Alınması

Şerifebacı ve Göktepe Orman İşletme Şeflikleri sınırları içerisinde belirlenen çalışma alanlarının iklim özellikleri belirlenmek üzere çalışma alanlarına en yakın istasyonların iklim verileri Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünden uzun yıllar tüm parametreler bülteni (2013-2021) olarak temin edilmiştir. Bu veriler çalışma alanlarına enterpole edilerek yağış ve sıcaklık verileri hesaplanmıştır.

İklim verilerinin enterpole edilmesinde Schreiber formülü kullanılmıştır. Yağışın topoğrafyaya bağlı değişimini ortaya koymada genellikle kullanılan formüllerindendir. Formüle göre; her 100 metredeki yükseklik artışına bağlı yağış miktarı 54 mm artmaktadır. Temel yaklaşımı, denizden daha yüksek bölgelere çıkıldıkça yağışın artması oluşturmaktadır. Formül, yağış miktarı bilinmeyen alanların yağış miktarını tespit etmek amacıyla çalışmalarda kullanılmaktadır (Ceylan ve Vural, 2023; Çiçek ve Ataol, 2009).

Schreiber formülü; Ph = P0 + (4,5h) şeklindedir.

Ph : Yüksekliği bilinen, yağışı bulunacak bir noktanın yağışı (mm), P0 : Yüksekliği ve yağış değeri bilinen karşılaştırma istasyonunun yağış miktarı, h : *P*h ile *P*0 arasındaki yükseklik farkı (hm).

Ortalama sıcaklık ise y=a±(0,5h) formülünden hesaplanır (Çepel, 1988).

y: Yüksekliği bilinen sıcaklığı bulunacak bir noktanın sıcaklığı (°C), a: Yüksekliği ve sıcaklık değeri bilinen karşılaştırma istasyonunun sıcaklık değeri, h: y ile a arasındaki yükseklik farkı (hm).

Şerifebacı Orman İşletme Şefliğindeki çalışma alanına en yakın meteorolojik istasyonun ortalama yükseltisi 680 m, deneme alanlarındaki ortalama yükselti ise 1214 m'dir. Bu alanlarda ortalama aylık en yüksek sıcaklık 18,3°C temmuz ayında, ortalama en düşük sıcaklık -1,7°C ile ocak ayında; aylık toplam yağış miktarı ortalaması en yüksek 112,04 mm ile haziran ayında, en düşük 48,47 mm ile Eylül ayında olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık 8,6°C, yıllık toplam yağış ise 839,4 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2). Ayrıca alana kurulan taşınabilir mobil meteoroloji istasyonunda rüzgâr hızı 3,4 km/sa ve bağıl nem %36 olarak ölçülmüştür. Göktepe Orman İşletme Şefliğindeki çalışma alanına en yakın meteorolojik istasyonun ortalama yükseltisi 989 m, deneme alanlarındaki ortalama yükselti ise 1330 m'dir. Bu alanlarda ortalama aylık en yüksek sıcaklık 18,4°C ağustos ayında, ortalama en düşük sıcaklık -2,5°C ile ocak ayında; aylık toplam yağış miktarı ortalaması en yüksek 117,8 mm ile haziran ayında, en düşük 40,7 mm ile temmuz ayında olarak hesaplanmıştır. Göktepe bölgesi çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık 8,1°C, yıllık toplam yağış ise 724,6 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.3). Ayrıca alana kurulan taşınabilir mobil meteoroloji istasyonunda rüzgâr hızı 7,5 km/sa ve bağıl nem %36 olarak ölçülmüştür.

Tablo 3.2 Şerifebacı Orman İşletme Şefliği meteorolojik veriler (2013-2021)

Meteoroloji İstasyon Verileri	Rasat S. (Yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	9	1	4	7	10	15	18	21	21	17	12	7	2	11
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	9	21	23	26	30	35	36	41	39	41	33	25	19	41
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	9	-19	-16	-9	-5	-1	3	0	0	-1	-2	-8	-17	-19
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm=kg÷m²) OMGİ	9	35	33	55	43	78	88	30	47	24	38	29	42	551
Çalışma Alanına Ait Meteorolojik Veriler	Rasat S. (Yıl)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	9	-1,7	1,3	4,3	7,3	12,3	15,3	18,3	18,3	14,3	9,3	4,3	-0,7	8,6
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	9	18,3	20,3	23,3	27,3	32,3	33,3	38,3	36,3	38,3	30,3	22,3	16,3	28,1
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	9	-21,7	-18,7	-11,7	-7,7	-3,7	0,3	-2,7	-2,7	-3,7	-4,7	-10,7	-19,7	-8,9
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm=kg÷m²) OMGİ	9	59,0	57,2	79,0	67,4	102,0	112,0	54,0	71,0	48,0	62,0	53,0	66,0	839,4

Tablo 3.3 Göktepe Orman İşletme Şefliği meteorolojik veriler (2013-2021)

Meteoroloji İstasyon Verileri	Rasat S.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	8	-0,8	2,3	4,9	8,8	12,9	16,6	19,4	20,1	15,6	11,4	5,7	1,0	9,8
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	8	20,3	20,8	21,5	27,0	29,4	31,7	37,6	37,1	37,9	30,2	22,8	21,9	37,9
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	8	-19,0	-15,2	-8,7	-5,9	-1,9	3,9	6,3	6,0	-0,1	-2,5	-25,2	-15,6	-25,2
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm=kg÷m²) OMGİ	8	33,6	35,7	49,0	43,1	51,9	102,5	25,4	31,6	26,8	36,5	60,6	43,1	539,8
Çalışma Alanına Ait Meteorolojik Veriler	Rasat S.	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	8	-2,5	0,6	3,2	7,1	11,2	14,9	17,7	18,4	13,9	9,7	4,0	-0,7	8,1
Aylık Maksimum Sıcaklık (°C)	8	18,6	19,1	19,8	25,3	27,7	30,0	36,6	35,4	36,2	28,5	21,1	20,2	26,5
Aylık Minimum Sıcaklık (°C)	8	-20,7	-16,9	-10,4	-7,6	-3,6	2,2	4,6	4,3	-1,8	-4,2	-26,9	-17,3	-8,2
Aylık Toplam Yağış Ortalaması (mm=kg÷m²) OMGİ	8	48,9	51,1	64,3	58,5	67,2	117,8	40,7	46,9	42,2	51,8	76,0	58,4	724,6

3.4 Kontrollü Yakma Uygulaması Esnasında Yapılan Çalışmalar

İdare süresini doldurmuş saf Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü yakma uygulaması yapılmıştır.

3.4.1 Kontrollü Yakma Uygulaması

Kontrollü yakma uygulaması esnasında OGM ile koordineli çalışılmış herhangi bir olumsuz durum ile karşılaşılmaması için destek alınmıştır. Alanda ilk müdahale aracı, arazöz ve tanker hazır bulundurulmuştur. Ayrıca tırmık, kazma ve şaplak gibi el aletlerini kullanacak yangın işçileri daha önceden açılan emniyet şeritleri ve alana yakın yollar üzerinde olası olumsuz bir durumda müdahale etmek amacıyla hazır

olarak bekletilmiştir. Yakma uygulamalarına katılan personele yapılacak uygulama anlatılmıştır. Yakma uygulamalarında 2/3 oranında benzin ve 1/3 oranında motorin karışımı alev ibriği yardımıyla kullanılmıştır. Benzer çalışmada Dinç Durmaz, (2014) parsellerin kolaylıkla tutuşturulabilmesi için %50 gaz veya motorin ve %50 benzin karışımı kullanıldığını ifade etmektedir.

Kontrollü yakma uygulaması hava hallerine, yanıcı madde (ölü örtü) nem içeriğine ve amaçlanan yangın şiddetine bağlı olarak, şeritler halinde yakma işlemi olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10; 3.11; 3.12). Yıl içerisinde tohum dökümünden önce (Genç, 2013; Şirin ve Sarıbaşak, 1997) sonbahar aylarında gerçekleştirilecek kontrollü yakma uygulamaları, karaçam ve sarıçam gençleştirme meşcerelerinde önemli rol oynayacaktır (Kakouros ve Dafis, 2012). Yangınların başlaması, yayılması ve şiddeti yanıcı madde nem içeriğinin belirlenmesinde önemlidir (Alexander ve Cruz 2013). Bu yüzden yangının devam edebilmesi ve yanıcı maddelerin tutuşabilmesi için, ölü örtü nem içeriğinin %30'un altında olması gerekir (Bilgili vd., 2002). Bu nedenle yakma uygulamaları gün içerisinde özellikle öğle saatlerinde sıcaklığın en yüksek değere ulaşması ve bağıl nemin en düşük seviyelere inmesinden dolayı yakma koşullarının en uygun olduğu zamanda gerçekleştirilmiştir. Kontrollü yakma uygulamaları Şerifebacı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde karaçam meşceresi için 16.10.2020 tarihinde 14:30-15:30 saatleri arasında ve Göktepe Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde sarıçam meşceresi için 17.10.2020 tarihinde 14:45-15:25 saatleri arasında yapılmıştır. Yakma anında yangın şiddeti, alev boyu gibi yangın özellikleri kaydedilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.10 Kontrollü yakma uygulaması şeritler halinde yakma tekniği



Şekil 3.11 Karaçam meşceresinde kontrollü yakma uygulaması



Şekil 3.12 Sarıçam meşceresinde kontrollü yakma uygulaması



Şekil 3.13 Alev boyu ve sıcaklığı ölçümü

3.5 Kontrollü Yakma Uygulamasından Sonra Yapılan Çalışmalar

Kontrollü yakma uygulamasından sonra yapılan çalışmalar, tüketilen yanıcı madde miktarının ve yangın şiddetinin hesaplanması, toprak örneklerinin alınması, toprak mikroeklembacaklılarının örneklenmesi ve istatistik analizlerin yapılması bölümlerinden oluşmaktadır.

3.5.1 Yanıcı Madde Tüketiminin Belirlenmesi

Kontrollü yakma öncesinde alanda bulunan yanıcı madde miktarı ile kontrollü yakma sonrasında alanda kalan yanıcı madde miktarı arasındaki fark yanıcı madde tüketimini ifade etmektedir. Kontrollü yakma sonrası her bir deneme alanında kalan ölü örtü, diri örtü ve kesim artıklarının miktarları ayrı ayrı belirlenmiştir. Elde edilen veriler yakmadan önce alanda bulunan yanıcı madde miktarlarından çıkarılarak yanıcı madde tüketimi belirlenmiştir (Şekil 3.14). Yanıcı madde tüketimi, yangın şiddeti ile birlikte yangınların ekosistem üzerine olan etkilerini en iyi ifade eden yangın rejimi bileşenidir (Alexander, 1982). Alevli kısımda tüketilebilen yanıcı madde miktarının tahmini, yanma işleminin karmaşık yapısından dolayı oldukça güç olmaktadır (Cruz vd., 2004). Özellikle heterojen yanıcı madde kaynaklarında veya büyük çaplı yanıcı maddeleri içeren yanıcı madde kaynaklarında tüketilebilir yanıcı madde miktarını tahmin etmek oldukça zor olmaktadır. Alevli yanma kısmında canlı ve ölü dallardan 0,6 cm'den ince çaplı olanların tüketildiği belirtilmektedir (Reinhardt vd., 1991; 1997). Her yangında tüketilen yanıcı madde miktarı farklı olabileceği gibi, ekolojik etkiler de farklı olabilir. Bunu belirlemenin bir yolu da yangın sırasında yangın öncesi yanıcı madde miktarı ile yangın sonrası yanıcı madde miktarı farkının hesaplanarak ne kadar YMM tüketildiğinin tespitidir (Bilgili vd., 2019; Küçük vd., 2005; 2007; 2009; 2010; Sağlam vd., 2002).



Şekil 3.14 Kontrollü yakma uygulaması sonrası yanıcı madde örneklemesi

3.5.2 Yangın Şiddetinin Belirlenmesi

Yangın şiddeti, yangının açığa çıkardığı enerjinin oranını göstermekte ve genellikle ısı (kalori) veya güç (watt) birimleri ile ifade edilmektedir (Küçük, 2004). Yangın şiddeti, yangın yayılma oranı, yanma sonucunda açığa çıkabilecek potansiyel ısı ve yanan madde miktarı dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$$YŞ = YO \times TYMM \times H \quad (3.1)$$

YŞ: Yangın şiddeti = kW/m H: Yangın şiddeti reaksiyon sabiti (18000 kj/kg)

YO: Yayılma oranı (m/dak) TYMM: Yanıcı madde miktarı (kg/m^2)

Orman yangınları uygulamalarında kullanılan yangın şiddet sınıfları dikkate alınarak çalışma alanlarındaki yangın şiddeti sınıfı belirlenmiştir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4 Yangın şiddet sınıflarına bağlı olarak yangınların ağaçlar üzerine etkileri, yangın türü ve yangınla mücadele zorluğu (Bilgili, 2014; Bilgili vd., 2021)

Yangın Şiddeti Sınıfı	Başlangıç Yangın Şiddeti	Ağaçlara Olan Etkisi	Yangın Tipi ve Mücadele Zorluğu
1	<10	-	Yangının kendi başına devam etmesi zordur
2	10-500	Bazı ağaç ölümleri	Yavaş ilerleyen düşük şiddetli örtü yangını. Baş ve yanlardan yangına direkt müdahale mümkündür. Açılan şeritler yangının kontrol altına alınmasında yeterli olmayabilir
3	500-2000	Önemli derecede ağaç ölümleri	Orta ve yüksek şiddetli örtü yangını, pasif tepe yangınları. Alev boyu 1,5 m'ye kadar görülebilmektedir. El aletleriyle yapılmış şeritlerin yangını tutması zor olabilir. Bu gibi yangınlarda dozer gibi ağır makinalarla uçak ve helikopterler önemlidir
4	2000-4000	Hemen hemen tüm ağaçların ölümü	Yüksek şiddetli örtü yangını. Tüm kaynakların seferber edilmesi düşünülebilir. Yangının baş kısmında yapılacak uğraşılar başarılı olamayabilir.
5	>4000	Tüm ağaçların ölümü	Orta derecede ve sonrasında aktif tepe yangını. Kontrol altına alınması çok zor. Çalışmalar yanlara kaydırılmalı ve indirekt müdahale düşünülmeli.

3.5.3 Kontrollü Yakma Uygulaması Yapılan Alanlarının Sınıflandırılması ve Toprak Örneklerinin Alınması

Belirli bir yangın alanında yanma derinliği ve tüketilen yanıcı madde miktarının derecesi, yangından sonra tüketilmemiş bitki ve toprak üzerindeki kömürleşme miktarına göre sınıflandırılmaktadır (Ryan, 2002). Genellikle bu sınıflandırmalar yanmamış, az yanmış, orta derecede yanmış ve çok yanmış alanlara ayrılarak yapılmaktadır. Ancak yanma derinliğini sınıflandırmak için dikkatli yangın sonrası gözlemler yapılmalıdır. Bu anlamda toprak özelliklerinin, yanıcı madde tüketiminin ve bitki materyallerinin kömürleşme derinliğinin bilinmesine ihtiyaç vardır. (Güney vd., 2023). Yanma derinliği sadece toprak altındaki süreçlere göre değerlendirme yapılmamalıdır (White ve Pickett, 1985). Çünkü şiddetli yangınlarda dahi toprak ısınması genellikle düşüktür (Ryan, 2002). Çalışma alanımızda kontrollü yakma uygulaması sonrası örtü yangını geçirmiş alan, üzerindeki kül rengi ve miktarına göre yangın geçirmiş alanda yangın şiddetine göre az şiddetli, orta şiddetli ve şiddetli olmak üzere sınıflandırılmıştır. Bu şiddet sınıfları Tablo 3.4'e göre 1. 2.ve 3. yangın şiddeti sınıflarına tekabül etmektedir. Ayrıca kontrol alanı olarak da bir deneme alanı belirlenmiştir. Belirlenen çalışma alanlarının değişmemesi ve daha sonraki alınacak

örneklerde kolaylık sağlaması amacıyla alanlara isimlerinin yazılı olduğu tabelalar sabitlenmiştir (Şekil 3.15; 3.16; 3.17; 3.18).



Şekil 3.15 Kontrollü yakma uygulaması yapılan alanlar için tabelaların hazırlanması



Şekil 3.16 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında yangın şiddetine göre yanmanın en şiddetli olduğu alan



Şekil 3.17 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında yangın şiddetine göre orta şiddetli olduğu alan



Şekil 3.18 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında yangın şiddetine göre düşük şiddetli olduğu alan

Her yangın şiddeti sınıfına ait örnekleme alanları 3 tekerrürle toplamda az şiddetli 3 alan, orta şiddetli 3 alan ve şiddetli 3 alan olmak üzere 9 deneme alanı kurulmuştur. Toprak işleme ve kontrol sahasından alanı homojen temsil edecek şekilde 3 farklı noktadan da toprak örneklemesi yapılmıştır. Alanlardan iki derinlik (0-5cm, 5-15cm) kademesinde toprak alınmıştır (Şekil 3.19; 3.20; 3.21). Karaçam ve sarıçam meşcereleri için örnekleme ayrı ayrı uygulanmıştır. Çalışma kapsamında kontrollü yakma uygulaması yapılan alanlarda, toprak işleme ve kontrol alanlarındaki mevsimsel değişikliklerin belirlenmesi amacıyla sonbahar-kış-ilkbahar-yaz-sonbahar şeklinde örnekler alınmıştır. Derinlik kademeleri de dikkate alınarak hesaplandığında kontrol alanından 6 adet, kontrollü yakma alanlarından 18 adet, toprak işleme alanından 6 adet olmak üzere toplam 30 adet toprak örneği alınmıştır. Karaçam ve sarıçam meşcereleri için toplam örnek sayısı toplam 60 adettir. Mevsim geçişlerinde alınan toplam örnek sayısı ise 300 (60*x*5) adettir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5 Çalışma alanlarından alınan toprak örnek sayısı

Tür Adı	**Kontrol Alanı**	**Kontrollü Yakma Alanı**			**Toprak İşleme**	**Toplam (adet)**	**Mevsimsel Toplam (adet)**
		Az Şiddetli	**Orta Şiddetli**	**Şiddetli**			
Karaçam	6	6	6	6	6	30	150
Sarıçam	6	6	6	6	6	30	150
Toplam (adet)	12	12	12	12	12	60	300



Şekil 3.19 Kontrollü yakma uygulaması sonrasında araziden toprak örneklerinin alınması



Şekil 3.20 Kontrollü yakma uygulaması sonrası kış mevsimi toprak örneklerinin alınması



Şekil 3.21 Kontrollü yakma uygulaması sonrası yaz mevsimi toprak örneklerinin alınması

Araştırma alanlarından alınan toprak örnekleri laboratuvarda hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri, porselen havanda öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra naylon torbalara doldurularak etiketlenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.22). Toprak analizleri Kastamonu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Alınan toprak örnekleri üzerinde saturasyon, pH, EC, organik madde, azot, C/N oranı, P, Ca, Mg, K, Na ve toplam kireç gibi bitki besin elementlerinin tayinleri yapılmıştır. Saturasyon (bünye) tayini 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprak örneklerinde su ile doygunluk yöntemi kullanılarak bulunmuştur (Richards, 1954; Tüzüner 1990). pH ve EC analizi 1 /2,5 toprak saf su karışımına göre 10 gram toprak örneğinde yapılmıştır. Organik madde tayini, Walkley-Black ıslak yakma yöntemine göre yapılmıştır. Organik karbondan gidilerek organik madde miktarı hesaplanmıştır (Gülçur, 1974). Toprakların azot içerikleri Kjeldhal yaş yakma metoduna göre belirlenmiştir (Kacar, 2009). C/N oranı organik karbon azota bölünmesi sonrası hesaplanmıştır. Kireç ($CaCO_3$) ölçümü ise kalsimetre yöntemine göre yapılmıştır (Allison ve Moodie, 1965). Karbon ve kireç ölçümleri 0,5 mm'lik

elekten geçirilmiş topraklarda yapılmıştır. Toprakların yararlanılabilir fosfor miktarı Bray ve Kurtz yöntemine göre Milden Roy Spektronic 20 D Spektrofotometresi kullanılarak toprak tahlil laboratuarında yapılmıştır (Kalra vd., 1991). Toprakların Ca, Mg, K, Na miktarları, amonyum asetat yöntemine göre AA-6601 SHIMADZU Atomik Absorpsion Spektrofotometresi kullanarak laboratuvarda yapılmıştır (Page vd., 1982).

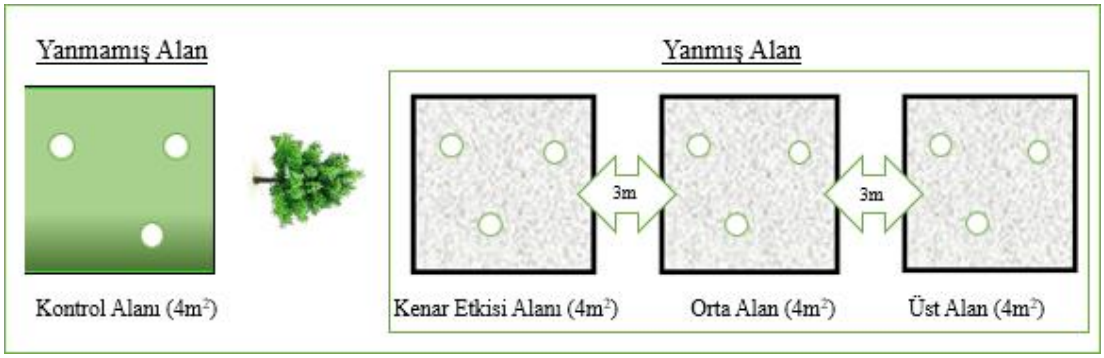


Şekil 3.22 Toprak örneklerinin analize hazır hale getirilmesi

3.5.4 Toprak Mikroeklembacaklıların Örneklenmesi

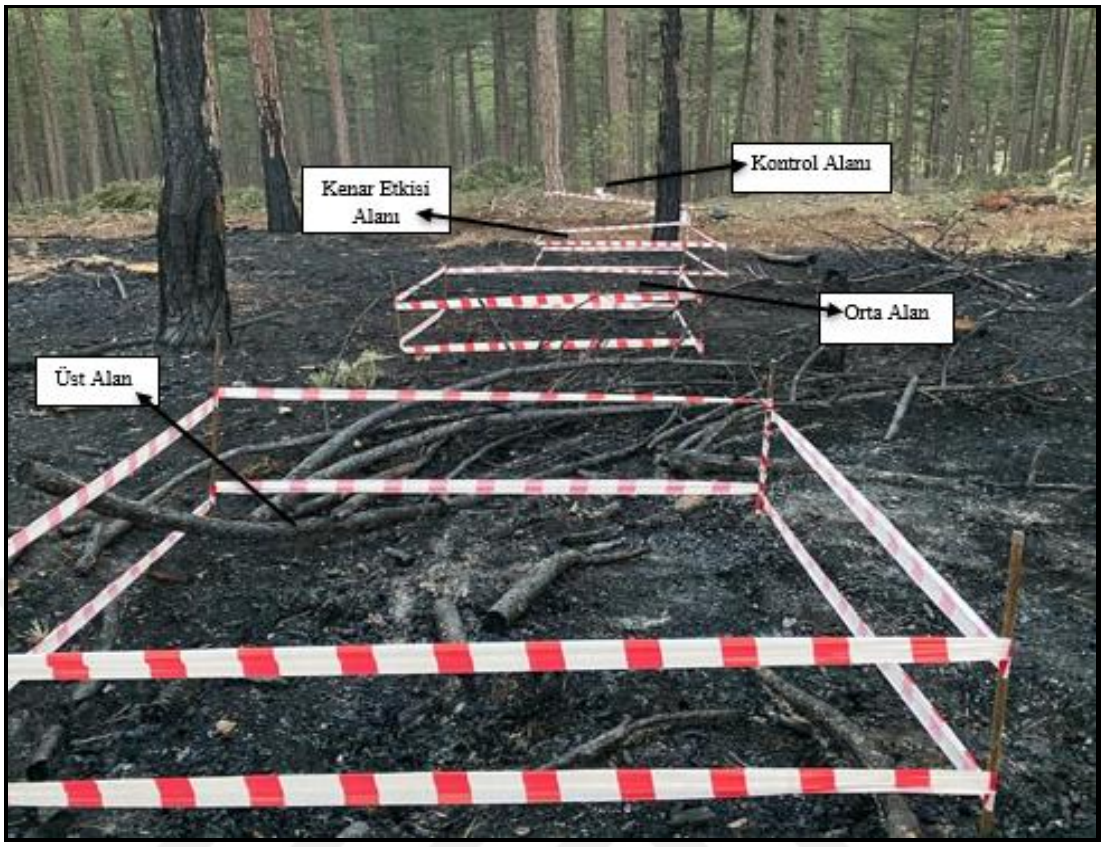
Kontrollü yakma yapılan karaçam ve sarıçam meşcerelerindeki toprak mikroeklembacaklıların belirlenmesi için kontrol alanından farklı izolasyon seviyelerini temsil eden, yanmış alanın içindeki üç alan ve bir kontrol alanı olmak üzere toplam dört deneme alanı seçilmiştir. Her deneme alanı 4m² olarak belirlenmiştir. Kontrol alanı, ormana bağlı kenar etkisi tayini için yanmış alan üzerinde

kenar etkisi alanı, kenar etkisi alanına bağlı 3 m arayla koridorlar oluşturularak orta ve üst alan deneme alanları (Şekil 3.23) olarak kurulmuştur (Zaitsev vd., 2014).

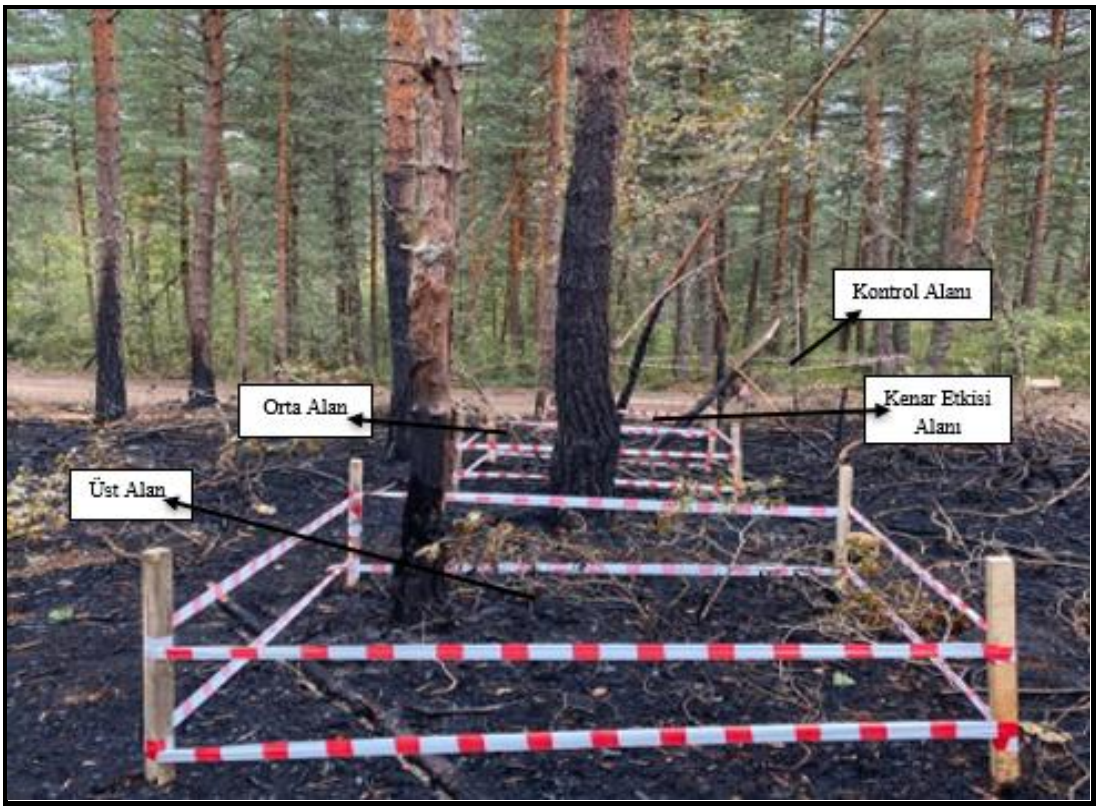


Şekil 3.23 Mikroeklembacaklıların arazide örnekleme modeli

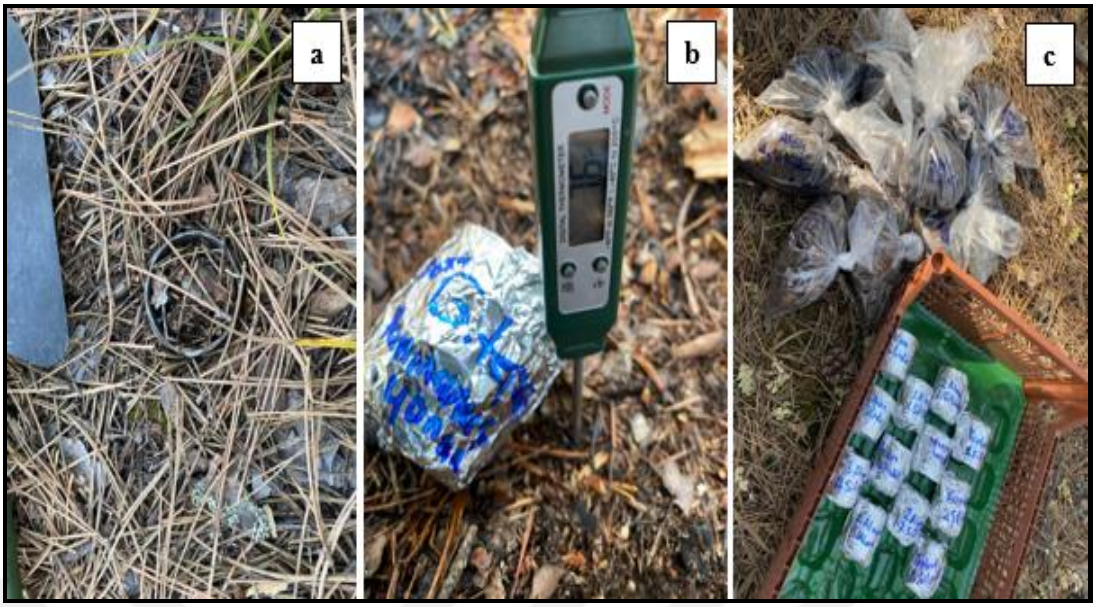
Her bir deneme alanından örnekleme için çelik silindirler ile 3 toprak örneği 3 tekerrürlü olarak alınmıştır. Örnekler araziden bozulmamış topraktan 5 cm çapında ve 5 cm yüksekliğindeki çelik silindirler kullanılarak alınmıştır. Silindirler ile alınan toprak örnekleri alüminyum folyo ile sıkıştırılmadan dikkatli bir şekilde sarılıp paketlenmiştir. Toprak örnekleri herhangi bir sıkışmaya neden olmayacak şekilde tek sıralı olarak kasalara konularak laboratuvara götürülmüştür (Şekil 3.24; 3.25; 3.26). Toprak mikroeklembacaklılarına ait örnekleme 2 ayda bir olmak üzere toplam 2 yıl boyunca alınmıştır.



Şekil 3.24 Karaçam meşceresi mikroeklembacaklı deneme alanları



Şekil 3.25 Sarıçam meşceresi mikroeklembacaklı deneme alanları



Şekil 3.26 Mikroeklembacaklı örneklerinin araziden alınması (a. Topraktan çelik silindirle örneklerin alınması b. Toprak sıcaklığının ölçümü c. Taşıma kasası ve toprak örnekleri)

Yaz aylarında çelik silindir örnekleri buzluklara konularak laboratuvara taşınması sağlanmıştır. Bu işlemin amacı çelik silindirler içerisindeki canlıların yapmış oldukları solunum sonucunda içerisinde bulundukları ortamı ısıtarak ölmelerini engellemektir (Robertson vd., 1999).

Laboratuvarda Modifiye Berlese Hunisine çelik silindirler ters çevrilerek yüzey katmanı aşağı gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Eklembacaklıların topraktaki doğal kanalları kullanarak toplama kabına düşmeleri sağlanmıştır (Coleman vd. 2004). Modifiye Berlese Hunisine konulan bozulmamış toprak örneğinin üst kısmı ekstraksiyon etkinliğini arttırmak için su ile nemlendirilmiştir. Topraktan çıkan ve huni içerisinden geçerek toplama kabına düşen eklembacaklıları muhafaza etmek için %70'lik etil alkol kullanılmıştır (Joo vd., 2006; Robertson vd., 1999). Ekstraksiyon işlemi için silindirler Modifiye Berlesse Hunisinde 3 gün süresince tutulmuştur. (Şekil 3.27; 3.28).



Şekil 3.27 Modifiye Berlesse Hunisi



Şekil 3.28 Mikroeklembacaklıların Modifiye Berlesse Hunisi ile ekstrakte edilmesi ve tüp örnekleri

Mikroeklembacaklılar Trinoküler Stereo Zoom Mikroskop-LED-45X (SZM45-T2/L)'a ek olarak stereo zoom için ön mercek (OM-0,5X) takılarak kullanılmış, alttakım/familya seviyesinde teşhis edilmiştir (Salmon vd., 2006).

Toprak mikroeklembacaklıların hayatta kalmaları ve popülasyon yoğunlukları, sadece besin maddelerine değil aynı zamanda toprağın hem fiziksel ve hem kimyasal özelliklerine de bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple mikroeklembacaklıların örneklendiği her noktada, örnekleme anında toprak sıcaklıkları çelik uçlu dijital toprak termometreleri ile ölçülmüştür. Toprak neminin belirlenmesi için, eklembacaklıların örneklendiği yerden, bir miktar toprak, poşetlenerek anlık yaş ağırlığı hassas terazi ile ölçümü yapılmıştır. Daha sonra laboratuvara götürülerek yaş olarak tartılan toprak örnekleri, 105°C sıcaklıkta etüv içerisinde sabit ağırlığa kadar kurutulduktan sonra tartılmış, yaş ve kuru ağırlıkları farkına göre, nem içeriği belirlenmiştir (Begum vd., 2011). pH analizi pH metre ile 1/2,5 oranındaki toprak saf su süspansiyonunda ölçülmüştür. EC analizi ise 1/5 oranındaki toprak saf su süspansiyonunda elektriksel iletkenlik cihazıyla ölçümü yapılmıştır (Karaöz, 1989, 1992).

3.5.5 İstatistik Analizler

Yangın şiddetinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini belirlemek için çalışma alanlarından alınan toprak örneklerinde SPSS programından (SPSS, 2016) faydalanılmıştır. Toprak örneklerine ait veriler üzerinde varyans analizi yapılmıştır. Toprak özellikleri arasındaki etkileşimi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır.

Mikroeklembacaklılara ait birey sayılarının aylık ve yıllık değişimlerinin istatistik analizlerinde SPSS programından yararlanılmıştır (SPSS, 2016). Kontrol, kenar etkisi, orta ve üst alanlar arasında çalışma süresi boyunca tespit edilen mikroeklembacaklı birey sayılarının aylık ve yıllık zamansal değişimlerinin ve alanlar arasındaki ilişkilerinin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla Kruskal Wallis testi kullanılmıştır (Özdamar, 2010).

Mikroeklembacaklı komünitelerine ait miktar ve çeşitlilik parametreleri Past programı ile belirlenmiştir (Shannon ve Weaver 1949). Miktar (A m^{-2}) ve Shannon-Wiener

çeşitlilik indisi (H') verileri kullanılarak mikroeklembacaklıların toplam birey sayılarının ve biyoçeşitlikliklerinin zamansal değişimleri belirlenmiştir.

Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H') = -Σ pi ln (pi)

pi: i'ninci türün birey sayısının toplam birey sayısına oranını; ln: doğal logaritma tabanını göstermektedir.

Mikroeklembacaklı çalışma alanlarından elde edilen verilerin oldukça değişken olması normallilik hipotezinin reddedilmesine neden olmuştur. Verilerin normal dağılmadığı için tek yönlü varyans analizinin karşılığı olan Kruskal Wallis testi kullanılmıştır (Özdamar, 2010). Kontrollü yakmanın uygulandığı deneme alanları ile mikroeklembacaklılar arasındaki mevsimsel etkinin ortaya konulması amacıyla R programı kullanılmıştır (Mehtatalo ve Lappi, 2020). Bu programda karma modelleme yaklaşımı deneysel birimlerle ilişkili rastgele etkilerin modellenmesini sağlanmıştır Yangının canlılar üzerindeki mevsimsel etkisini açıklayan en iyi model olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca parametre varyansı değişkenliğin önemli bir göstergesidir. Yangının mevsimsel etkisinin belirlenmesinde $R^2 > 0,60$ istatistik olarak açıklayıcılığı en yüksek model elde edilmiştir.

Yangın (kenar etkisi, orta, üst alan) ve kontrol alanlarındaki mikroeklembacaklıların dağılımı, farklılıkları ve çevresel bazı değişkenlerin (Ph, T(°C), W(%), EC) birbiri arasındaki ilişkilerini test etmek için Bolluk Analizi (Redundancy Analysis) ordinasyon tekniği kullanılarak CANOCO 5.0 yazılımı ile hesaplanmıştır (Šmilauer ve Lepš, 2014).

4. BULGULAR

4.1 Kontrollü Yakma Yapılan Alanlarda Toplam Yanıcı Madde Miktarı ve Yangın Şiddetine Ait Bulgular

Kontrollü yakma uygulaması yapılan karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yangının hem toprak özelliklerine olan etkisini hem de mikroeklembacaklıların komünite yapısına olan etkisini belirlemek amacıyla yanıcı madde miktarı ve yangın şiddeti hesaplamaları (Byram, 1959) yapılmıştır.

4.1.1 Şerifebacı Orman İşletme Şefliğindeki Yanıcı Madde Miktarı ve Yangın Şiddetine Ait Bulgular

Şerifebacı Orman İşletme Şefliğindeki kontrollü yakma uygulaması 16.10.2020 tarihinde yapılmıştır. Başlama ve bitiş saati 14:30-15:30 olarak kayıt altına alınmıştır. Toplam alan 41,6 ha, uygulama alanının büyüklüğü ise 1,8 ha'dır. Kontrollü yakma uygulama alanındaki toplam yanıcı madde miktarı 1,035 kg /m^2 olarak hesaplanmıştır.

YŞ = YO x YMM x H (4.1)

YŞ: Yangın şiddeti = kW/m H: Yangın şiddeti reaksiyon sabiti (18000 kj/kg)

YO: Yayılma oranı (m/dak) TYMM: Yanıcı madde miktarı (kg/m^2)

YO = 120m / 60 dk = 2 m/dk TYMM = 1,035 kg/m^2

YŞ = 1,035 x 300 x 2 = 621kW/m

Elde edilen yangın şiddeti karaçam meşceresinde 621kW/m olarak bulunmuştur. Orman yangınları uygulamalarında kullanılan beş yangın şiddet sınıfından orta ve yüksek şiddetli örtü yangın şiddeti sınıfına girmektedir. Karaçam meşceresinde kontrollü yakma uygulamasına ait veriler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Karaçam Meşceresinde Kontrollü Yakma Uygulamasına Ait Veriler

Kontrollü Yakma Uygulaması Yapılan Alan	**Karaçam Meşceresine Ait Veriler**
Meşcere Tipi	Çkcd3
Meşcere Yaşı	96
Meşcere Boyu (m)	24
Meşcere Çapı (cm)	43
Ort. Sıcaklık (ay-yıl) (°C)	9,3/8,6
Ort. Yağış (ay-yıl) (mm)	62,0/839,4
Bağıl Nem (%)	36
Ortalama Rüzgar Hızı (km/sa)	3,4
Uygulama Tarihi	16.10.2020
Uygulama Başlama-Bitiş Zamanı	14:30-15:30
Dikey mesafe (m)	120
Yatay mesafe (m)	150
Toplam Alan (ha)	41,6
Toplam Alandaki Damgalanan Ağaç Sayısı (adet)	18371
Kontrollü Yakma Alanı (ha)	1,8
Yakma Alanındaki Damgalanan Ağaç Sayısı (adet)	752
Yanıcı Madde Miktarı (kg /m^2)	1,035
Yangının Yayılma Oranı (m/dk)	2
Yangın Şiddeti (kW/m)	621
Yangın Şiddet Sınıfı	Orta ve yüksek şiddetli örtü yangın
Alev Boyu (m)	1,8

4.1.2 Göktepe Orman İşletme Şefliğindeki Yanıcı Madde Miktarı ve Yangın Şiddetine Ait Bulgular

Göktepe Orman İşletme Şefliğindeki kontrollü yakma uygulaması 17.10.2020 tarihinde yapılmıştır. Başlama ve bitiş saati 14:45-15:25 olarak kayıt altına alınmıştır. Toplam alan 12,5 ha, uygulama alanının büyüklüğü ise 1,24 ha'dır. Kontrollü yakma uygulama alanındaki toplam yanıcı madde miktarı 0,519 kg /m^2 olarak hesaplanmıştır.

YŞ = YO x YMM x H (4.2)

YŞ: Yangın şiddeti = kW/m H: Yangın şiddeti reaksiyon sabiti (18000 kj/kg)

YO: Yayılma oranı (m/dak) YMM: Yanıcı madde miktarı (kg/m^2)

YO = 40m / 40dk = 1 m/dk YMM = 0,519 kg/m^2

YŞ = 0,519 x 300 x 1 = 155,7 ~ 156 kW/m

Elde edilen yangın şiddeti sarıçam meşceresinde 156kW/m olarak bulunmuştur. Orman yangınları uygulamalarında kullanılan beş yangın şiddet sınıfından yavaş ilerleyen düşük şiddetli örtü yangın şiddeti sınıfına girmektedir. Sarıçam meşceresinde kontrollü yakma uygulamasına ait veriler Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Sarıçam Meşceresinde Kontrollü Yakma Uygulamasına Ait Veriler

Kontrollü Yakma Uygulaması Yapılan Alan	**Sarıçam Meşceresine Ait Veriler**
Meşcere Tipi	Çsd2
Meşcere Yaşı	120
Meşcere Boyu (m)	24
Meşcere Çapı (cm)	31
Ort. Sıcaklık (ay-yıl) (°C)	9,7/8,1
Ort. Yağış (ay-yıl) (mm)	51,8/724,6
Bağıl Nem (%)	22
Ortalama Rüzgar Hızı (km/sa)	7,5
Uygulama Tarihi	17.10.2020
Uygulama Başlama-Bitiş Zamanı	14:45-15:25
Dikey mesafe (m)	40
Yatay mesafe (m)	310
Toplam Alan (ha)	12,5
Toplam Alandaki Damgalanan Ağaç Sayısı (adet)	1564
Kontrollü Yakma Alanı (ha)	1,24
Yakma Alanındaki Damgalanan Ağaç Sayısı (adet)	155
Yanıcı Madde Miktarı (kg /m^2)	0,519
Yangının Yayılma Oranı (m/dk)	1
Yangın Şiddeti (kW/m)	156
Yangın Şiddet Sınıfı	Yavaş ilerleyen düşük şiddetli örtü yangın
Alev Boyu (m)	1,2

4.2 Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

4.2.1 Şerifebacı Orman İşletme Şefliği Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresindeki Kontrollü Yakmaların Toprak Özelliklerine Etkisi

Kontrollü yakma uygulamalarının toprak özellikleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla karaçam meşcerelerinde toprak örneklemeleri yapılmıştır. Kontrol, kontrollü yakma uygulaması ve toprak işleme alanlarından alınan örneklerde saturasyon, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, toplam azot (N), karbon/azot oranı (C/N), fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), sodyum (Na) ve kireç ($CaCO_3$) değerlerine ait bulgular verilmiştir.

4.2.1.1 Saturasyon

Topraklardaki ortalama saturasyon değerlerine ait veriler Tablo 4.3'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama saturasyon %63 ile %185 arasında değişim göstermiştir. En yüksek saturasyon değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangının en şiddetli olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda saturasyon değerleri düşük çıkmakta, kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki saturasyon değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama saturasyon %58 ile %102 arasında değişim göstermiştir. En yüksek saturasyon değeri Mayıs 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değerler ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangının en şiddetli olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda saturasyon değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanı bakımından az şiddetli yangın alanı ve orta şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).

Tablo 4.3 Karaçam meşceresi topraklarına ait saturasyon değerleri

	Saturasyon (%)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	146	130	115	103	108	120	0,836	P>0,05
	Orta Şiddetli		137	169	106	76	130	123	0,271	P>0,05
	Şiddetli		121	143	121	**63**	66	103	0,375	P>0,05
	Kontrol		177	**185**	110	111	113	**139**	0,083	P>0,05
	Toprak İşleme		93	107	85	110	79	95	0,721	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,335	0,606	0,848	0,081	0,324	**0,008**		
	Az şiddetli	5-15 cm	67	85	67	62	69	70	**0,018**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		77	76	68	62	66	70	**0,021**	**P<0,05**
	Şiddetli		76	80	69	**58**	61	69	0,226	P>0,05
	Kontrol		75	85	**102**	73	75	**82**	0,580	P>0,05
	Toprak İşleme		74	79	79	90	75	80	0,466	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,700	0,352	0,417	**0,026**	0,477	0,071		

4.2.1.2 Toprak reaksiyonu (pH)

Topraklardaki pH değişimlerine ilişkin ortalama değerler Tablo 4.4'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama pH 5,07 ile 7,06 arasında değişim göstermiştir. En yüksek pH değeri Mayıs 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanların pH değerleri yüksek çıkmıştır. Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama pH 5,83 ile 7,29 arasında değişim göstermiştir. En yüksek pH değeri Ağustos 2021 ölçüm zamanında kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Mayıs 2021 ölçüm zamanında kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda pH değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece toprak işleme alanında yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki pH değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).

Tablo 4.4 Karaçam meşceresi topraklarına ait pH değerleri

	pH	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	5,92	6,17	6,24	5,76	6,32	6,08	0,935	P>0,05
	Orta Şiddetli		6,10	6,04	**7,06**	6,56	6,23	6,39	0,501	P>0,05
	Şiddetli		6,46	6,47	6,40	6,96	6,63	**6,58**	0,284	P>0,05
	Kontrol		**5,07**	5,40	5,72	6,78	6,12	**5,82**	0,125	P>0,05
	Toprak İşleme		6,01	6,27	6,37	5,91	6,93	6,30	0,551	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,415	0,572	0,376	0,178	0,300	0,163		
	Az şiddetli	5-15 cm	6,91	6,77	6,85	6,74	6,85	6,82	0,984	P>0,05
	Orta Şiddetli		6,69	6,63	7,14	7,09	6,65	6,84	0,374	P>0,05
	Şiddetli		6,87	6,62	6,67	6,63	6,69	6,70	0,868	P>0,05
	Kontrol		6,12	6,31	**5,83**	**7,29**	7,11	**6,53**	0,277	P>0,05
	Toprak İşleme		6,93	6,94	6,59	5,92	7,05	6,69	**0,032**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		**0,050**	0,562	0,544	**0,006**	0,257	**0,027**		

4.2.1.3 Elektriksel iletkenlik (EC)

Topraklardaki ortalama EC değerleri Tablo 4.5'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama EC 0,10 ile 0,57 dS/cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek EC değeri Ekim 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm zamanında kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda EC değerleri yüksek çıkmıştır. Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama EC 0,14 ile 0,58 dS/cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek EC değeri Ekim 2020 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol, orta şiddetli ve şiddetli yangın alanlarına göre diğer tüm alanlarda EC değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki EC değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.5 Karaçam meşceresi topraklarına ait EC değerleri

	Ec (dS/cm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	0,34	0,28	0,34	0,20	0,22	0,28	0,652	P>0,05
	Orta Şiddetli		0,31	0,16	0,26	0,24	0,24	0,24	0,777	P>0,05
	Şiddetli		0,56	0,27	0,27	0,47	**0,57**	**0,43**	0,188	P>0,05
	Kontrol		**0,10**	0,23	0,30	0,28	0,21	**0,22**	0,207	P>0,05
	Toprak İşleme		0,27	0,25	0,21	0,23	0,18	0,23	0,449	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,059	0,895	0,814	0,087	**0,000**	0,580		
	Az şiddetli	5-15 cm	0,25	0,27	0,28	0,20	0,22	0,24	0,463	P>0,05
	Orta Şiddetli		0,28	0,27	0,33	0,31	0,21	**0,28**	0,205	P>0,05
	Şiddetli		**0,58**	0,20	0,22	0,19	0,21	**0,28**	**0,002**	**P<0,05**
	Kontrol		0,33	0,27	0,27	0,27	0,25	**0,28**	0,936	P>0,05
	Toprak İşleme		0,29	0,29	0,24	**0,14**	0,18	0,23	0,239	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,110	0,419	0,554	**0,007**	0,749	**0,001**		

4.2.1.4 Organik madde

Topraklardaki ortalama organik madde değerlerine ait veriler Tablo 4.6'da verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama organik madde %4,79 ile %10,30 arasında değişim göstermiştir. En yüksek organik madde değeri Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm zamanında bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda organik madde değerleri düşük çıkmıştır. Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama organik madde %2,96 ile %7,35 arasında değişim göstermiştir. En yüksek organik madde değeri Ağustos 2021 ölçüm zamanında toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm zamanında bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanı hariç diğer tüm alanlarda organik madde değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde tüm alanlar arasında ölçüm zamanları bakımından kontrol alanında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki organik madde değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).

Tablo 4.6 Karaçam meşceresi topraklarına ait organik madde değerleri

	Organik madde (%)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	7,42	7,17	7,38	7,22	5,59	6,96	0,686	P>0,05
	Orta Şiddetli		7,20	8,13	6,49	6,16	7,26	7,05	0,785	P>0,05
	Şiddetli		7,68	7,52	6,74	**4,79**	4,96	6,33	0,490	P>0,05
	Kontrol		**10,30**	8,52	6,29	6,62	6,90	**7,73**	0,115	P>0,05
	Toprak İşleme		7,68	6,64	7,37	7,85	5,84	7,08	0,729	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,156	0,600	0,979	0,221	0,633	0,064		
	Az şiddetli	5-15 cm	4,40	4,43	4,03	3,88	3,73	4,09	0,814	P>0,05
	Orta Şiddetli		3,85	4,28	4,45	4,78	4,23	4,32	0,419	P>0,05
	Şiddetli		6,39	5,11	4,57	4,29	**2,96**	4,66	0,113	P>0,05
	Kontrol		5,52	6,74	6,78	4,53	4,35	**5,58**	**0,005**	**P<0,05**
	Toprak İşleme		5,53	5,54	5,10	**7,35**	5,13	**5,73**	0,349	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,024**	0,355	0,089	**0,008**	0,141	**0,024**		

4.2.1.5 Toplam azot (N)

Topraklardaki ortalama azot değerlerine ait veriler Tablo 4.7'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama azot %0,11 ile %1,08 arasında değişim göstermiştir. En yüksek azot değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda azot değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanları bakımından orta şiddetli yangın alanı ve bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki azot değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama azot %0,11 ile %0,67 arasında değişim göstermiştir. En yüksek azot değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol alanı ve Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre orta şiddetli yangın alanı ve toprak işleme alanında azot değeri yüksek, diğer tüm alanlarda ise azot değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanları bakımından az şiddetli yangın alanı, orta

şiddetli yangın alanı, şiddetli yangın alanı ve toprak işleme alanında arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki azot değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.7 Karaçam meşceresi topraklarına ait azot değerleri

	Azot (%)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	0,64	0,91	0,52	**0,11**	0,29	0,49	0,222	P>0,05
	Orta Şiddetli		0,47	**1,08**	0,54	0,32	0,46	0,57	**0,031**	**P<0,05**
	Şiddetli		0,66	0,76	0,66	0,30	0,23	0,52	**0,051**	**P<0,05**
	Kontrol		0,75	0,83	0,46	0,71	0,39	**0,63**	0,126	P>0,05
	Toprak İşleme		0,57	0,49	0,30	0,61	0,32	0,46	0,653	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,759	0,268	0,679	0,209	0,272	**0,000**		
	Az şiddetli	5-15 cm	0,15	0,54	0,18	0,17	**0,11**	0,23	**0,006**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		0,27	0,62	0,41	0,13	0,13	**0,31**	**0,000**	**P<0,05**
	Şiddetli		0,25	0,49	0,16	0,05	0,07	0,20	**0,010**	**P<0,05**
	Kontrol		**0,11**	0,29	0,44	0,51	0,18	0,30	0,234	P>0,05
	Toprak İşleme		0,16	0,32	0,17	**0,67**	0,25	**0,31**	**0,016**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		0,52	**0,037**	0,328	**0,001**	0,11	**0,002**		

4.2.1.6 Karbon/azot oranı (C/N)

Deneme alanlarından alınan toprak örneklerindeki ortalama karbon/azot oranı değerlerine ait veriler Tablo 4.8'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama karbon/azot oranı 4,44 ile 38,07 arasında değişim göstermiştir. En yüksek karbon/azot oranı değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değer ise Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda karbon/azot oranı değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanları bakımından az şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki karbon/azot oranı değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama karbon/azot oranı 4,06 ile 176,02 arasında değişim göstermiştir. En yüksek karbon/azot oranı değeri Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol

alanlarında belirlenirken, en düşük değer ise Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda karbon/azot oranı değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanları bakımından orta şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.8 Karaçam meşceresi topraklarına ait karbon/azot oranları

	Karbon/Azot Oranı	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	7,62	4,59	9,35	**38,07**	11,29	**14**	**0,001**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		9,50	**4,44**	6,89	12,37	9,44	9	0,343	P>0,05
	Şiddetli		7,38	5,88	5,83	9,93	13,00	8	0,365	P>0,05
	Kontrol		8,06	6,02	9,69	5,39	10,54	**8**	0,289	P>0,05
	Toprak İşleme		8,41	10,28	14,29	8,91	10,53	10	0,672	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,966	0,365	0,132	**0,027**	0,812	**0,044**		
	Az şiddetli	5-15 cm	16,92	4,77	13,59	19,27	20,13	15	0,359	P>0,05
	Orta Şiddetli		8,50	**4,06**	6,31	22,76	18,88	12	**0,028**	**P<0,05**
	Şiddetli		15,04	5,99	18,37	53,51	31,41	25	0,121	P>0,05
	Kontrol		**176,02**	14,10	12,65	5,15	14,40	**44**	0,468	P>0,05
	Toprak İşleme		44,77	9,90	18,17	6,41	12,58	18	0,455	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,517	**0,011**	0,248	0,093	0,351	0,357		

4.2.1.7 Fosfor (P)

Topraklardaki ortalama fosfor değerlerine ait veriler Tablo 4.9'da verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama fosfor 10978 ile 23077 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek fosfor Ağustos değeri 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda fosfor değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanları bakımından orta şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama fosfor 7775 ile 17919 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek fosfor değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Mayıs 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol

alanına göre diğer tüm alanlarda fosfor değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanları bakımından sadece az şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.9 Karaçam meşceresi topraklarına ait fosfor değerleri

	Fosfor (ppm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	15417	12399	19138	18322	15301	16115	0,240	P>0,05
	Orta Şiddetli		12356	13585	17781	16754	20551	16205	**0,027**	**P<0,05**
	Şiddetli		13697	13347	17011	**23077**	20568	**17540**	0,350	P>0,05
	Kontrol		12088	17844	13585	**10978**	13327	**13564**	0,326	P>0,05
	Toprak İşleme		14275	14065	12719	14269	16033	14272	0,658	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,361	0,85	0,258	0,075	**0,007**	0,223		
	Az şiddetli	5-15 cm	14624	14989	12962	16273	16073	14984	**0,038**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		12342	15607	14833	15201	14988	14594	0,535	P>0,05
	Şiddetli		15515	13641	14599	**17919**	16613	**15657**	0,705	P>0,05
	Kontrol		14076	14587	**7775**	14458	15186	**13216**	0,525	P>0,05
	Toprak İşleme		15560	14792	14187	13760	13564	14372	0,245	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,712	0,874	0,539	0,113	0,684	0,146		

4.2.1.8 Kalsiyum (Ca)

Topraklardaki ortalama kalsiyum değerlerine ait veriler Tablo 4.10'da verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama kalsiyum 6299 ile 11014 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek kalsiyum değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değerler ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre sadece orta şiddetli yangın alanındaki değer yüksek diğer tüm alanlarda kalsiyum değerleri düşük çıkmıştır. Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama kalsiyum 4991 ile 9704 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek kalsiyum değeri Ekim 2021 ölçüm döneminde kontrol alanlarında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda kalsiyum değerleri düşük çıkmıştır.

Tablo 4.10 Karaçam meşceresi topraklarına ait kalsiyum değerleri

	Kalsiyum (ppm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	9621	8601	9340	**6299**	6834	8139	0,373	P>0,05
	Orta Şiddetli		6608	**11014**	9896	8080	8998	**8919**	0,082	P>0,05
	Şiddetli		8055	8465	8348	8586	7177	8126	0,976	P>0,05
	Kontrol		8619	10376	8462	8525	8034	**8803**	0,582	P>0,05
	Toprak İşleme		7487	8459	7762	8286	8439	8086	0,983	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,675	0,317	0,862	0,839	0,674	0,301		
	Az şiddetli	5-15 cm	5626	7666	5838	6241	5671	6208	0,656	P>0,05
	Orta Şiddetli		6694	8061	7526	7346	**4991**	6923	0,369	P>0,05
	Şiddetli		8502	7469	5512	5647	5573	6540	0,488	P>0,05
	Kontrol		6498	7843	9410	9299	**9704**	**8551**	0,662	P>0,05
	Toprak İşleme		6810	8838	7522	6877	8016	7612	0,797	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,819	0,966	0,324	0,083	0,151	0,614		

4.2.1.9 Magnezyum (Mg)

Topraklardaki ortalama magnezyum değerlerine ait veriler Tablo 4.11'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama magnezyum 0 ile 1187 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek magnezyum değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda magnezyum değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanı bakımından orta şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama magnezyum 457 ile 4665 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek magnezyum değeri Mayıs 2021 ölçüm döneminde kontrol alanlarında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda magnezyum değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde ölçüm zamanı bakımından az şiddetli yangın alanı ve orta şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).

Tablo 4.11 Karaçam meşceresi topraklarına ait magnezyum değerleri

	Magnezyum (ppm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	941	172	886	**1187**	1164	870	0,144	P>0,05
	Orta Şiddetli		1094	263	1121	865	1034	**875**	0,048	**P<0,05**
	Şiddetli		583	457	926	1165	1155	857	0,532	P>0,05
	Kontrol		**0**	724	286	411	801	**444**	0,418	P>0,05
	Toprak İşleme		904	833	467	350	809	672	0,634	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,180	0,635	0,352	0,312	**0,033**	0,236		
	Az şiddetli	5-15 cm	1131	911	1140	1155	1146	1096	0	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		1168	977	1155	1185	1166	1130	0	**P<0,05**
	Şiddetli		1158	730	1140	1156	1156	1068	0,092	P>0,05
	Kontrol		526	1146	**4665**	1043	960	**1668**	0,424	P>0,05
	Toprak İşleme		755	1166	777	458	**457**	722	0,469	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,031**	0,106	0,460	**0,011**	0,206	0,447		

4.2.1.10 Potasyum (K)

Topraklardaki ortalama potasyum değerlerine ait veriler Tablo 4.12'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama potasyum 5199 ile 13113 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek potasyum değeri Ekim 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Mayıs 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda potasyum değerleri yüksek çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki potasyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama potasyum 7770 ile 11106 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek potasyum değeri Ekim 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda potasyum değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki potasyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.12 Karaçam meşceresi topraklarına ait potasyum değerleri

	Potasyum (ppm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	6311	6125	6201	6622	8243	6700	0,552	P>0,05
	Orta Şiddetli		7858	6509	7760	6500	9276	7580	0,825	P>0,05
	Şiddetli		8137	9204	7715	8876	10244	8835	0,983	P>0,05
	Kontrol		5715	6077	**5199**	6014	8716	**6344**	0,178	P>0,05
	Toprak İşleme		9510	7739	7169	6830	**13113**	**8872**	0,188	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,455	0,942	0,542	0,355	0,580	**0,047**		
	Az şiddetli	5-15 cm	9864	10397	7817	8392	10344	9362	0,566	P>0,05
	Orta Şiddetli		9050	10671	8934	8206	9405	9253	0,44	P>0,05
	Şiddetli		9633	9560	8892	10368	10380	9766	0,763	P>0,05
	Kontrol		9097	9850	10469	8945	**11106**	**9893**	0,437	P>0,05
	Toprak İşleme		10537	9798	8873	**7770**	9469	9289	0,362	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,825	0,966	0,504	**0,021**	0,758	**0,006**		

4.2.1.11 Sodyum (Na)

Topraklardaki ortalama sodyum değerlerine ait veriler Tablo 4.13'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama sodyum 190 ile 570 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek sodyum değeri Ekim 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre şiddetli yangın alanı ve toprak işleme alanı sodyum değeri yüksek, diğer tüm alanlarda sodyum değerleri düşük çıkmıştır.

Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama sodyum değişimi 185 ile 417 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek sodyum değerleri Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanlarında belirlenirken, en düşük değerler ise Ekim 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanında yüksek, diğer alanlarda sodyum değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde yapılan ölçüm zamanları bakımından kontrol alanı ile az ve orta şiddetli yangın alanlarındaki sodyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).

Tablo 4.13 Karaçam meşceresi topraklarına ait sodyum değerleri

	Sodyum (ppm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	281	277	274	200	257	257	0,704	P>0,05
	Orta Şiddetli		238	331	259	202	284	262	0,288	P>0,05
	Şiddetli		**190**	507	272	232	298	300	0,44	P>0,05
	Kontrol		391	251	193	213	399	**289**	0,088	P>0,05
	Toprak İşleme		383	254	235	254	**570**	339	0,086	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,010**	0,578	0,400	0,259	0,193	0,081		
	Az şiddetli	5-15 cm	283	396	219	245	221	**273**	0,002	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		211	**417**	242	206	**185**	**252**	0,025	**P<0,05**
	Şiddetli		265	342	221	264	214	261	0,539	P>0,05
	Kontrol		331	282	234	226	353	**285**	0,003	**P<0,05**
	Toprak İşleme		395	268	266	258	357	309	0,161	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,137	0,219	0,710	0,193	0,059	0,005		

4.2.1.12 Toplam kireç

Topraklardaki ortalama toplam kireç değerlerine ait veriler Tablo 4.14'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama toplam kireç %2,05 ile %6,77 arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam kireç değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre şiddetli ve az şiddetli yangın alanlarında toplam kireç değeri düşük, diğer alanlarda toplam kireç değerleri yüksek çıkmıştır. Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama toplam kireç değerleri %2,27 ile %11,41 arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam kireç değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre az şiddetli yangın alanı, şiddetli yangın alanı ve toprak işleme alanında toplam kireç değerleri yüksek, orta şiddetli yangın alanında toplam kireç değerleri düşük çıkmıştır.

Tablo 4.14 Karaçam meşceresi topraklarına ait toplam kireç değerleri

	Kireç (%)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	3,10	2,76	2,75	2,12	3,00	2,75	0,35	P>0,05
	Orta Şiddetli		**2,05**	2,67	2,68	**6,77**	3,21	3,48	0,39	P>0,05
	Şiddetli		2,69	3,16	3,09	2,93	3,00	2,97	0,86	P>0,05
	Kontrol		3,14	2,84	3,05	3,13	3,26	**3,08**	0,96	P>0,05
	Toprak İşleme		3,30	3,32	3,13	2,89	3,15	3,16	0,88	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,24	0,72	0,77	0,42	0,92	0,63		
	Az şiddetli	5-15 cm	3,03	2,92	3,33	5,30	2,51	3,42	0,63	P>0,05
	Orta Şiddetli		2,77	3,38	5,50	2,36	**2,27**	3,26	0,29	P>0,05
	Şiddetli		2,84	**11,41**	2,67	2,59	2,43	4,39	0,43	P>0,05
	Kontrol		3,54	3,32	3,78	2,97	2,92	**3,30**	0,83	P>0,05
	Toprak İşleme		3,38	8,35	2,96	3,61	2,76	4,21	0,47	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,27	0,58	0,46	0,62	0,02	0,91		

4.2.2 Göktepe Orman İşletme Şefliğindeki Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Meşceresindeki Kontrollü Yakmaların Toprak Özelliklerine Etkisi

Kontrollü yakma uygulamalarının toprak özellikleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi amacıyla sarıçam meşcerelerinde toprak örneklemeleri yapılmıştır. Kontrol, kontrollü yakma uygulaması ve toprak işleme alanlarından alınan örneklerde saturasyon, toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik madde, toplam azot (N), karbon/azot oranı (C/N), fosfor (P), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), sodyum (Na) ve kireç ($CaCO_3$) değerlerine ait bulgular verilmiştir.

4.2.2.1 Saturasyon

Topraklardaki ortalama saturasyon değerlerine ait veriler Tablo 4.15'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama saturasyon %68 ile %164 arasında değişim göstermiştir. En yüksek saturasyon Şubat 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda saturasyon değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli

yangın alanları ve toprak işleme alanındaki saturasyon değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprağın 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama saturasyon %41 ile %99 arasında değişim göstermiştir. En yüksek saturasyon değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanı hariç diğer tüm alanlarda saturasyon değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanındaki saturasyon değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.15 Sarıçam meşceresi topraklarına ait saturasyon değerleri

	Saturasyon (%)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	126	90	84	**68**	71	88	0,06	P>0,05
	Orta Şiddetli		87	103	95	78	74	87	0,24	P>0,05
	Şiddetli		94	73	96	106	74	89	0,36	P>0,05
	Kontrol		159	**164**	106	112	93	**127**	0,06	P>0,05
	Toprak İşleme		92	104	90	90	102	96	0,88	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,040**	**0,023**	0,342	0,420	0,152	**0,004**		
	Az şiddetli	5-15 cm	74	44	47	57	**41**	53	0,26	P>0,05
	Orta Şiddetli		53	58	54	54	48	53	0,91	P>0,05
	Şiddetli		54	53	48	59	47	52	0,60	P>0,05
	Kontrol		82	89	71	85	76	81	0,21	P>0,05
	Toprak İşleme		95	95	92	**99**	91	**94**	0,87	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,089	**0,002**	**0,020**	**0,044**	**0,001**	**0,000**		

4.2.2.2 Toprak reaksiyonu (pH)

Topraklardaki pH değişimlerine ilişkin ortalama değerler Tablo 4.16'da verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama pH 5,13 ile 7,57 arasında değişim göstermiştir. En yüksek pH değeri Mayıs 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2020 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme ve şiddetli yangın alanlarında pH değerleri yüksek çıkarken az ve orta şiddetli yangın alanları da düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde sadece toprak işleme yapılan alanda ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki pH değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama pH 5,13 ile 7,67 arasında değişim göstermiştir. En yüksek pH değeri Mayıs 2021 ölçüm zamanında toprak işleme alanlarında belirlenirken, en düşük değer ise Şubat 2021 ölçüm zamanında az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme hariç diğer tüm alanlarda pH değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece toprak işleme yapılan alanda ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki pH değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.16 Sarıçam meşceresi topraklarına ait pH değerleri

	pH	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	**5,13**	5,16	5,72	5,39	5,34	5,35	0,696	P>0,05
	Orta Şiddetli		6,22	6,69	5,49	5,76	5,37	5,90	0,420	P>0,05
	Şiddetli		6,41	6,59	6,89	6,67	6,48	**6,61**	0,278	P>0,05
	Kontrol		5,41	6,73	5,93	5,61	6,38	6,01	0,098	P>0,05
	Toprak İşleme		6,98	7,35	**7,57**	7,50	7,39	**7,36**	**0,024**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		**0,013**	**0,001**	**0,040**	**0,017**	0,066	**0,000**		
	Az şiddetli	5-15 cm	5,28	**5,13**	5,73	5,52	5,33	5,40	0,504	P>0,05
	Orta Şiddetli		6,05	6,16	5,37	5,63	5,35	5,71	0,460	P>0,05
	Şiddetli		6,05	6,12	5,49	6,09	5,78	5,90	0,313	P>0,05
	Kontrol		6,28	6,49	6,57	6,59	6,79	6,54	0,935	P>0,05
	Toprak İşleme		6,96	7,54	**7,67**	7,61	7,47	**7,45**	**0,009**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		**0,014**	0,067	**0,004**	**0,019**	**0,010**	**0,000**		

4.2.2.3 Elektriksel iletkenlik (EC)

Topraklardaki ortalama EC değerleri Tablo 4.17'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama EC 0,10 ile 0,43 dS/cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek EC değerleri Ekim 2020 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en fazla olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm zamanında az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre az şiddetli yangın alanı hariç tüm alanlarda EC değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları

incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde sadece az şiddetli yangın alanında ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki EC değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama EC 0,05 ile 0,42 dS/cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek EC değeri Ekim 2020 ölçüm zamanında toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm zamanında az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanındaki değer yüksek, diğer tüm alanlarda EC değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece az şiddetli yangın alanı ve toprak işleme yapılan alanda ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki EC değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.17 Sarıçam meşceresi topraklarına ait EC değerleri

	EC (dS/cm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	0,19	0,19	0,14	0,12	**0,10**	0,15	0,305	P>0,05
	Orta Şiddetli		0,33	0,40	0,22	0,11	0,12	0,23	**0,010**	**P<0,05**
	Şiddetli		**0,43**	0,35	0,23	0,29	0,17	0,29	0,078	P>0,05
	Kontrol		0,18	0,33	0,18	0,11	0,18	0,19	0,366	P>0,05
	Toprak İşleme		0,39	0,33	0,29	0,34	0,39	**0,35**	0,409	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,226	0,081	0,257	**0,001**	**0,016**	**0,002**		
	Az şiddetli	5-15 cm	0,18	0,08	0,09	0,06	**0,05**	0,09	**0,032**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		0,10	0,13	0,11	0,08	0,06	0,10	0,089	P>0,05
	Şiddetli		0,15	0,13	0,12	0,11	0,08	0,12	0,143	P>0,05
	Kontrol		0,31	0,31	0,18	0,17	0,22	0,24	0,099	P>0,05
	Toprak İşleme		**0,42**	0,30	0,28	0,29	0,33	**0,32**	**0,010**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		**0,006**	**0,001**	**0,009**	**0,000**	**0,000**	**0,000**		

4.2.2.4 Organik madde

Topraklardaki ortalama organik madde değerlerine ait veriler Tablo 4.18'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama organik madde %3,34 ile %8,73 arasında değişim göstermiştir. En yüksek organik madde Şubat 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değerler ise Ekim 2021

ölçüm zamanın da bu çalışmada yangın şiddetinin en fazla olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda organik madde değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki organik madde değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama organik madde %1,52 ile %5,47 arasında değişim göstermiştir. En yüksek organik madde değeri Şubat 2021 ölçüm zamanını da kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm zamanını da az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme hariç diğer tüm alanlarda organik madde değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki organik madde değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.18 Sarıçam meşceresi topraklarına ait organik madde değerleri

	Organik Madde (%)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	5,45	4,71	4,84	3,92	4,39	4,66	0,762	P>0,05
	Orta Şiddetli		4,38	4,27	4,93	4,59	4,31	4,50	0,950	P>0,05
	Şiddetli		3,89	4,34	5,72	3,69	**3,34**	4,19	0,163	P>0,05
	Kontrol		6,88	**8,73**	6,68	7,21	5,15	**6,93**	0,295	P>0,05
	Toprak İşleme		4,31	6,11	4,94	4,93	5,66	5,19	0,167	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,127	**0,032**	0,492	0,114	0,239	**0,000**		
	Az şiddetli	5-15 cm	2,77	2,29	1,76	1,95	**1,52**	2,06	0,216	P>0,05
	Orta Şiddetli		2,49	2,33	1,91	2,48	2,15	2,27	0,651	P>0,05
	Şiddetli		3,76	2,07	1,86	2,02	1,75	2,29	0,436	P>0,05
	Kontrol		5,13	**5,47**	3,74	5,42	3,90	**4,73**	0,150	P>0,05
	Toprak İşleme		5,13	4,52	5,11	4,16	4,82	**4,75**	0,404	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,170	**0,001**	**0,001**	**0,038**	**0,001**	**0,000**		

4.2.2.5 Toplam azot (N)

Topraklardaki ortalama azot değerlerine ait veriler Tablo 4.19'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama azot %0,08 ile %0,68 arasında değişim göstermiştir. En yüksek azot Şubat 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre

tüm alanlarda azot değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde sadece az şiddetli yangın alanında ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama azot %0,02 ile %0,42 arasında değişim göstermiştir. En yüksek azot değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanlarında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli ve orta şiddetli yangın alanlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda azot değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde orta şiddetli yangın alanı ve toprak işleme alanında ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.19 Sarıçam meşceresi topraklarına ait toplam azot değerleri

	Azot (%)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	0,45	0,29	0,47	0,15	0,11	0,29	**0,009**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		0,36	0,34	0,32	0,15	0,13	0,26	0,094	P>0,05
	Şiddetli		0,26	0,67	0,56	0,18	0,15	0,36	0,093	P>0,05
	Kontrol		0,41	**0,68**	0,39	0,57	0,19	**0,45**	0,602	P>0,05
	Toprak İşleme		0,20	0,32	0,22	0,36	**0,08**	0,23	0,095	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,829	**0,027**	0,355	0,300	0,614	0,198		
	Az şiddetli	5-15 cm	0,15	0,27	0,18	0,06	**0,02**	0,13	0,065	P>0,05
	Orta Şiddetli		0,07	**0,42**	0,15	0,08	**0,02**	0,15	**0,002**	**P<0,05**
	Şiddetli		0,07	0,36	0,18	0,09	0,09	0,16	0,086	P>0,05
	Kontrol		0,06	0,36	0,14	0,40	0,06	**0,20**	0,081	P>0,05
	Toprak İşleme		0,21	0,22	0,20	0,26	0,07	0,19	**0,018**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		0,028	0,207	0,961	0,083	0,055	0,828		

4.2.2.6 Karbon/azot oranı (C/N)

Topraklardaki ortalama karbon/azot oranı değerlerine ait veriler Tablo 4.20'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama karbon/azot oranı 3,89 ile 54,26 arasında değişim göstermiştir. En yüksek karbon/azot oranı Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda karbon/azot oranı değeri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde az, orta ve şiddetli yangın alanlarında ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama

karbon/azot oranı 3,21 ile 57,10 arasında değişim göstermiştir. En yüksek karbon/azot oranı değeri Ekim 2020 ölçüm döneminde kontrol alanlarında belirlenirken, en düşük değer ise Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre orta şiddetli yangın alanı hariç diğer tüm alanlarda karbon/azot oranı değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde az şiddetli yangın alanında ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.20 Sarıçam meşceresi topraklarına ait karbon/azot oranı

	Karbon/Azot Oranı	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	7,11	9,50	5,88	15,10	26,49	12,82	**0,008**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		7,21	7,50	9,08	17,56	20,09	12,28	**0,017**	**P<0,05**
	Şiddetli		8,83	**3,89**	6,90	12,35	13,00	**8,99**	**0,017**	**P<0,05**
	Kontrol		**54,26**	7,42	9,99	9,70	21,34	20,54	0,602	P>0,05
	Toprak İşleme		12,82	11,32	16,46	8,24	53,81	20,53	0,103	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,549	**0,010**	0,289	0,178	0,239	0,583		
	Az şiddetli	5-15 cm	10,69	5,08	8,07	20,24	51,82	19,18	**0,044**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		30,95	**3,21**	7,88	34,17	84,26	**32,09**	0,258	P>0,05
	Şiddetli		32,53	3,42	11,11	14,38	11,89	14,66	0,162	P>0,05
	Kontrol		**57,10**	9,27	16,12	8,73	37,70	25,78	0,076	P>0,05
	Toprak İşleme		14,54	12,04	14,90	9,46	50,97	20,38	0,110	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,268	**0,008**	0,521	0,592	0,378	0,687		

4.2.2.7 Fosfor (P)

Topraklardaki ortalama fosfor değerlerine ait veriler Tablo 4.21'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama fosfor 8709 ile 18194 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek fosfor Mayıs 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en fazla olduğu alanda belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda fosfor değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanındaki fosfor değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama fosfor 5607 ile 18255 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek fosfor değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol

alanına göre toprak işleme alanı hariç diğer tüm alanlarda fosfor değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece toprak işleme alanında yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanındaki fosfor değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.21 Sarıçam meşceresi topraklarına ait fosfor değerleri

	Fosfor (ppm)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	12594	8982	11189	**8709**	9617	10218	0,702	P>0,05
	Orta Şiddetli		11475	11297	9973	10599	9975	10664	0,950	P>0,05
	Şiddetli		9222	8803	**18194**	9480	8824	10904	0,103	P>0,05
	Kontrol		16299	14476	13882	12517	14586	**14352**	0,982	P>0,05
	Toprak İşleme		10195	15878	15652	13709	11593	13405	0,212	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,035**	0,073	0,401	0,915	0,433	**0,040**		
	Az şiddetli	5-15 cm	9501	6306	6583	7357	5975	7144	0,870	P>0,05
	Orta Şiddetli		6782	**5607**	10321	7996	6601	7461	0,693	P>0,05
	Şiddetli		7477	7624	7413	7327	6773	7323	0,818	P>0,05
	Kontrol		13383	12938	10990	13707	12853	12774	0,435	P>0,05
	Toprak İşleme		12442	15098	16756	**18255**	13267	**15163**	0,014	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		0,338	**0,010**	0,165	**0,000**	**0,000**	**0,000**		

4.2.2.8 Kalsiyum (Ca)

Topraklardaki ortalama kalsiyum değerlerine ait veriler Tablo 4.22'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama kalsiyum 1841 ile 11115 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek kalsiyum Ekim 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanı hariç diğer tüm alanlarda kalsiyum değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde sadece az şiddetli yangın alanında yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve yüksek şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki kalsiyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama kalsiyum 743 ile 11020 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek kalsiyum değerleri Mayıs 2021 ile Ekim 2021 ölçüm dönemlerinde toprak işleme alanlarında

belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda kalsiyum değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece bu çalışmada yangın şiddetinin en fazla olduğu alanda yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanındaki kalsiyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.22 Sarıçam meşceresi topraklarına ait kalsiyum değerleri

	Kalsiyum (ppm)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	5098	3697	3795	**1841**	2081	3302	**0,040**	**P<0,05**
	Orta Şiddetli		6665	5687	3317	2635	2654	4191	0,267	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		5186	3785	8487	3367	2791	4723	0,107	P>0,05
	Kontrol		6608	10180	4710	4451	7100	6610	0,496	P>0,05
	Toprak İşleme		6442	10450	11008	10958	**11115**	**9994**	0,073	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,902	**0,002**	**0,015**	0,119	**0,019**	**0,000**		
	Az şiddetli	5-15 cm	2333	1261	1654	991	**743**	1396	0,172	P>0,05
	Orta Şiddetli		2148	2001	3434	1542	988	2023	0,506	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		2315	2171	1107	1475	1421	1698	**0,015**	**P<0,05**
	Kontrol		5768	7884	5594	6925	5673	6369	0,857	P>0,05
	Toprak İşleme		8131	9602	**11020**	10930	**11020**	**10141**	0,135	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,007**	**0,031**	**0,020**	**0,000**	**0,000**	**0,000**		

4.2.2.9 Magnezyum (Mg)

Topraklardaki ortalama magnezyum değerlerine ait veriler Tablo 4.23'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama magnezyum değişimi 0 ile 1166 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek magnezyum Mayıs 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en yüksek olduğu alanda belirlenirken, en düşük değerler ise Ekim 2020, Şubat 2021, Ağustos 2021 ölçüm dönemlerinde şiddetli yangın ve toprak işleme (Ekim 2020) alanında, az şiddetli ve kontrol (Şubat 2021) alanlarında, şiddetli yangın (Ağustos 2021) alanlarında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre az şiddetli yangın alanı hariç diğer tüm alanlarda magnezyum değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde şiddetli yangın ve toprak işleme alanlarında yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır

(P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise orta şiddet yangın alanlarına göre sadece toprak işleme alanında magnezyum değerleri yüksek çıkarken az, orta ve yüksek şiddetli yangın alanlarındaki magnezyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama magnezyum 0 ile 1160 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek magnezyum değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değerler ise Ekim 2020, Şubat 2021, Mayıs 2021, Ekim 2021 ölçüm dönemlerinde toprak işleme (Ekim 2020) alanında, az şiddetli yangın ve orta şiddetli yangın (Şubat 2021) alanlarında, kontrol (Mayıs 2021) alanında ve kontrol (Ekim 2021) alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre diğer tüm alanlarda magnezyum değerleri yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde sadece toprak işleme alanında yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.23 Sarıçam meşceresi topraklarına ait magnezyum değerleri

	Magnezyum (ppm)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	442	**0**	575	216	138	274	0,767	P>0,05
	Orta Şiddetli		970	491	686	726	835	741	0,752	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		**0**	320	**1166**	**0**	200	337	**0,020**	**P<0,05**
	Kontrol		212	**0**	482	586	280	312	0,815	P>0,05
	Toprak İşleme		**0**	1153	1153	1156	485	**789**	**0,039**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		0,120	0,113	0,512	0,202	0,461	**0,020**		
	Az şiddetli	5-15 cm	574	**0**	426	556	**0**	311	0,732	P>0,05
	Orta Şiddetli		376	**0**	722	647	398	428	0,644	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		145	487	571	404	189	359	0,916	P>0,05
	Kontrol		181	352	**0**	592	**0**	225	0,092	P>0,05
	Toprak İşleme		**0**	**1160**	1138	1136	395	**766**	**0,000**	**P<0,05**
	Önem Düzeyi		0,755	0,060	0,409	0,671	0,512	0,082		

4.2.2.10 Potasyum (K)

Topraklardaki ortalama potasyum değerlerine ait veriler Tablo 4.24'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama potasyum 5153 ile 12483 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek potasyum Ekim 2021 ölçüm döneminde kontrol alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda potasyum değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanındaki potasyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P>0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama potasyum 5909 ile 14030 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek potasyum değeri Ağustos 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanı hariç diğer tüm alanlarda potasyum değerleri düşük çıkmıştır.

Tablo 4.24 Sarıçam meşceresi topraklarına ait potasyum değerleri

	Potasyum (ppm)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	8622	11134	7691	5727	7095	8053	0,577	P>0,05
	Orta Şiddetli		9360	10875	7321	7683	8583	8764	0,764	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		6190	8072	7833	**5153**	6904	6830	0,059	P>0,05
	Kontrol		8709	7216	9414	6576	**12483**	**8879**	0,732	P>0,05
	Toprak İşleme		6918	10379	8807	9295	8437	8767	0,757	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,397	0,662	0,952	0,834	0,454	0,572		
	Az şiddetli	5-15 cm	10431	9032	6331	7068	**5909**	7754	0,793	P>0,05
	Orta Şiddetli		8227	7016	8445	8214	7176	7815	0,959	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		8432	8538	7539	6444	6568	7504	0,163	P>0,05
	Kontrol		8716	8517	7175	8717	9372	8499	0,547	P>0,05
	Toprak İşleme		7682	10537	10050	**14030**	8850	**10230**	0,176	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,945	0,795	0,683	**0,034**	**0,043**	0,102		

4.2.2.11 Sodyum (Na)

Topraklardaki ortalama sodyum değerlerine ait veriler Tablo 4.25'de verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama sodyum 127 ile 520 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek sodyum değeri Ekim 2021 ölçüm döneminde kontrol

alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ağustos 2021 ölçüm döneminde bu çalışmada yangın şiddetinin en fazla olduğu alanda tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre tüm alanlarda sodyum değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde orta şiddetli ve şiddetli yangın alanlarında yapılan ölçüm zamanları arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki sodyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Toprak 5-15 cm derinlik kademelerinde ise ortalama sodyum 125 ile 734 ppm arasında değişim göstermiştir. En yüksek sodyum değeri Şubat 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre toprak işleme alanı hariç diğer tüm alanlarda sodyum değerleri düşük çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta ve şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki sodyum değerleri arasında farklılık bulunmaktadır (P<0,05).

Tablo 4.25 Sarıçam meşceresi topraklarına ait sodyum değerleri

	Sodyum (ppm)	**Toprak Derinliği**	**Eki.20**	**Şub.21**	**May.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Genel Ortalama**	**Önem Düzeyi**	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli	0-5 cm	225	522	250	185	184	273	0,071	P>0,05
	Orta Şiddetli		209	339	222	204	196	234	**0,033**	**P<0,05**
	Yüksek Şiddetli		212	321	239	**127**	171	214	**0,004**	**P<0,05**
	Kontrol		427	297	343	257	**520**	**368**	0,575	P>0,05
	Toprak İşleme		351	374	342	355	387	362	0,991	P>0,05
	Önem Düzeyi		**0,001**	0,359	0,365	0,577	0,108	**0,012**		
	Az şiddetli	5-15 cm	234	296	194	222	**125**	214	0,342	P>0,05
	Orta Şiddetli		251	**734**	245	180	175	317	0,148	P>0,05
	Yüksek Şiddetli		229	327	218	150	132	211	0,076	P>0,05
	Kontrol		384	280	247	285	384	316	0,170	P>0,05
	Toprak İşleme		356	360	348	500	437	**400**	0,536	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,149	0,284	0,364	**0,017**	**0,028**	**0,035**		

4.2.2.12 Toplam kireç

Topraklardaki ortalama toplam kireç değerlerine ait veriler Tablo 4.26'da verilmiştir. Bu tabloya göre 0-5 cm derinlik kademesinde ortalama toplam kireç %1,78 ile %7,62 arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam kireç değeri Mayıs 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde orta şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde toplam kireç değerleri kontrol alanına göre şiddetli, orta şiddetli ve az şiddetli yangın alanlarında toplam kireç değeri düşük, toprak işleme alanında ise yüksek çıkmıştır. Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta, şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki toplam kireç değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise ortalama toplam kireç değerleri %1,94 ile %13,47 arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam kireç değeri Mayıs 2021 ölçüm döneminde toprak işleme alanında belirlenirken, en düşük değer ise Ekim 2021 ölçüm döneminde az şiddetli yangın alanında tespit edilmiştir. Genel ortalamalar bakımından irdelendiğinde kontrol alanına göre, toprak işleme alanında toplam kireç değeri yüksek, az şiddetli yangın alanı, orta şiddetli yangın alanı ve şiddetli yangın alanında toplam kireç değerleri düşük çıkmıştır. İstatistiksel olarak ölçüm periyotları incelendiğinde ise 5-15 cm derinlik kademesinde yapılan ölçüm zamanları arasında şiddetli yangın alanında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Genel ortalamalar bakımından değerlendirilme yapıldığında ise kontrol alanı ile az, orta, şiddetli yangın alanları ve toprak işleme alanlarındaki toplam kireç değerleri arasında farklılık bulunmaktadır ($P>0,05$).

Tablo 4.26 Sarıçam meşceresi topraklarına ait toplam kireç değerleri

	Toplam Kireç (%)	Toprak Derinliği	Eki.20	Şub.21	May.21	Ağu.21	Eki.21	Genel Ortalama	Önem Düzeyi	
Yangın Şiddet Sınıfları	Az şiddetli		2,76	3,08	2,68	2,75	2,67	2,79	0,83	P>0,05
	Orta Şiddetli		2,84	2,99	2,51	2,36	**1,78**	2,50	0,08	P>0,05
	Şiddetli		2,69	3,24	3,33	2,99	3,08	3,07	0,86	P>0,05
	Kontrol	0-5 cm	4,18	3,16	2,80	2,73	3,18	**3,21**	0,18	P>0,05
	Toprak İşleme		3,46	6,24	**7,62**	6,18	5,52	5,80	0,34	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,22	0,32	0,01	0,00	0,00	**0,00**		
	Az şiddetli		2,14	3,08	2,84	2,36	**1,94**	2,47	0,10	P>0,05
	Orta Şiddetli		2,38	2,09	2,58	5,13	2,74	2,98	0,57	P>0,05
	Şiddetli		2,68	3,07	2,67	2,20	2,82	2,69	0,02	**P<0,05**
	Kontrol	5-15 cm	2,98	4,14	3,04	3,21	1,97	**3,07**	0,26	P>0,05
	Toprak İşleme		3,04	4,38	**13,47**	7,70	4,77	6,67	0,33	P>0,05
	Önem Düzeyi		0,32	0,14	0,22	0,22	0,00	**0,00**		

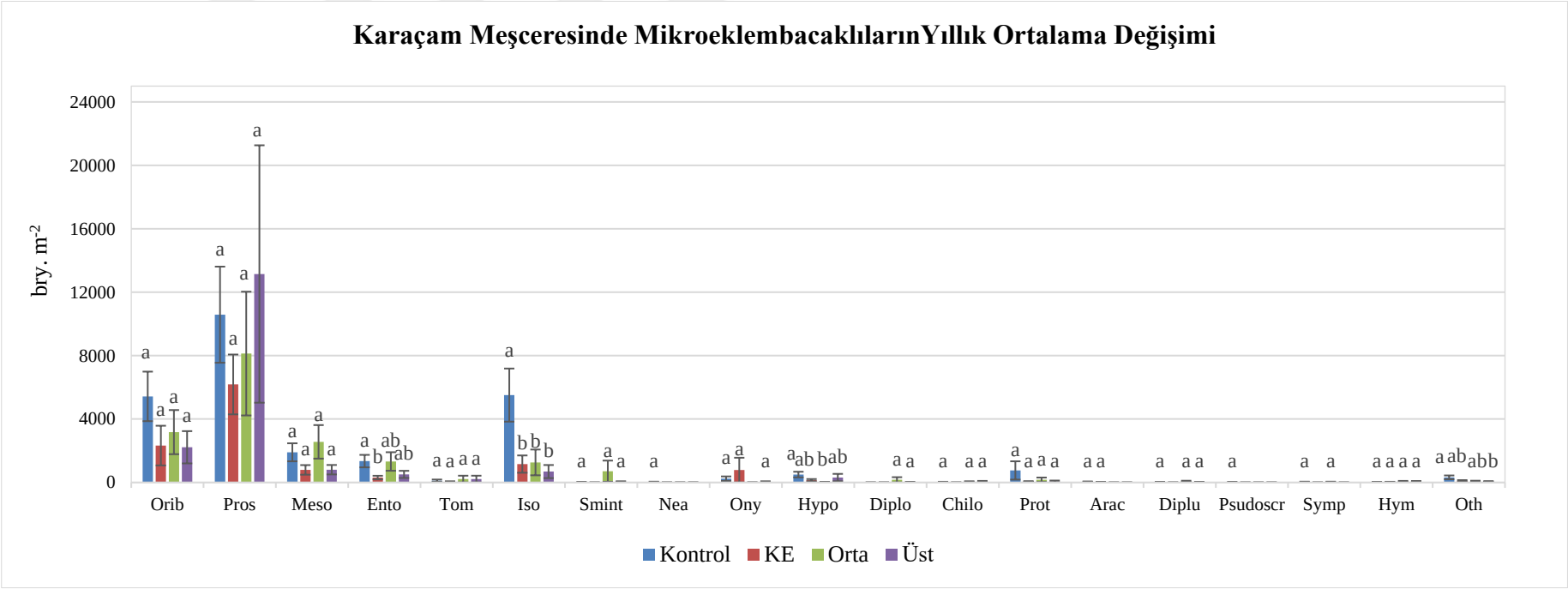
4.3 Toprak Mikroeklembacaklılarına İlişkin Bulgular

Sayıca çok fazla olduğu bilinen mikroeklembacaklıların orman tabanındaki ayrışmaya katkısı oldukça fazladır. Mikroeklembacaklı miktarlarının yıllık ortalama değişimleri, aylık mevsimsel değişimleri, miktar ve çeşitlilikleri, kontrollü yakma uygulaması ile ilişkileri ve çevresel değişkenlere göre göstermiş oldukları tepkilere bu bölümde yer verilmiştir.

4.3.1 Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Yıllık Ortalama Değişimi

Karaçam meşceresinde deneme alanlarından elde edilen verilere göre çalışma süresince mikroeklembacaklılara ait 10 taksona ait 10 familya tespit edilmiştir. Mikroeklembacaklıların yıllık toplam birey sayısı kontrol alanında 268109 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 116775 bry.m^{-2}, orta alanda 179053 bry.m^{-2} ve üst alanda 181294 bry.m^{-2} olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda toplam mikroeklembacaklıların %36'ü kontrol alanında, %16'sı kenar etkisi alanında, %24'ü orta alanda ve %24'sı üst alan tespit edilmiştir. En fazla birey kontrol alanında bulunurken, yakma sahasındaki deneme alanlarında orta ve üst alan kenar etkisi alana oranla daha fazla

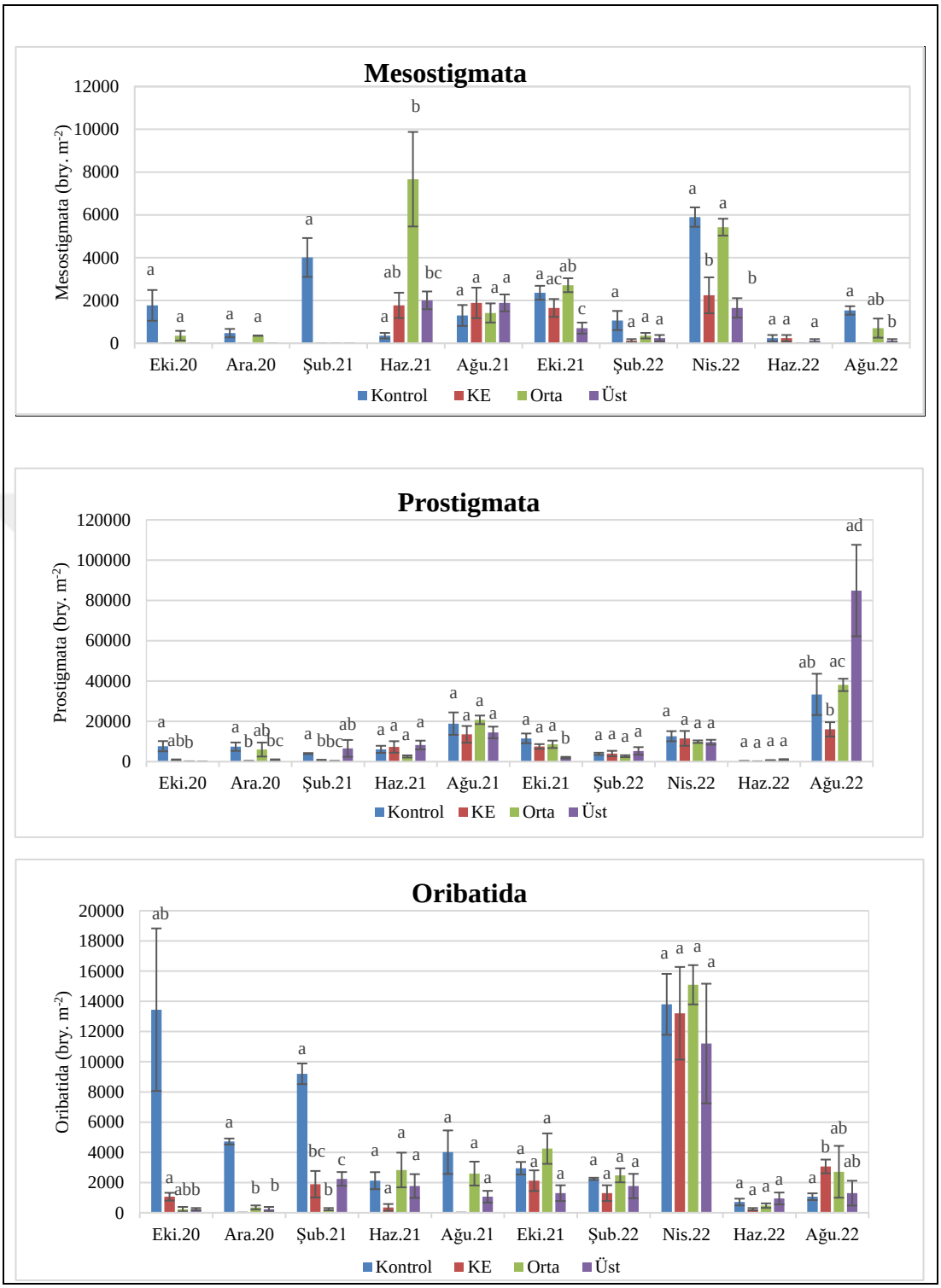
birey içermektedir. Çalışma alanlarının her birinde toplam mikroeklembacaklıların büyük kısmını Acarina (Mesostigmata, Prostigmata ve Oribatida) ve Collembola (Entomobryidae, Tomoceridae, İsotomidae, Sminthuridae, Neanuridae, Onychuridae, Hypogastrirudae) familyalarına ait bireyler oluşturmaktadır. Yıllık toplam birey sayıları bakımından mikroeklembacaklılar değerlendirildiğinde; kontrol alanında Akarina takımı %67, Collembola familyası %29, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %4; kenar etkisi alanında Akarina takımı %80, Collembola takımı %19, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %1; orta alanda Akarina takımı %78, Collembola familyası %19, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %3; üst alanda Akarina takımı %89, Collembola familyası %10, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %1 olarak tespit edilmiştir. Mikroeklembacaklıların karaçam meşceresinde yıllık ortalama değişimi aşağıdaki grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.1). Akarina takımına ait Oribatid, Prostigmata, Mesostigmata alttakımlarının her birinin alanları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır ($P>0,05$). Collembola familyasına ait Entomobryidae bireylerinde kontrol ve kenar etkisi alanlar arasında, Isotomidae bireylerinde ise kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Neanuridae bireyleri sadece kontrol alanında bulunmaktadır. Hypogastruridae bireylerinde kontrol ve orta alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Pseudoscorpiones bireyleri sadece kontrol alanında bulunmaktadır. Diğer canlılarda ise kontrol alan ve üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).



Şekil 4.1 Karaçam meşceresinde mikroeklembacaklıların yıllık değişimi

4.3.2 Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Aylık Değişimleri

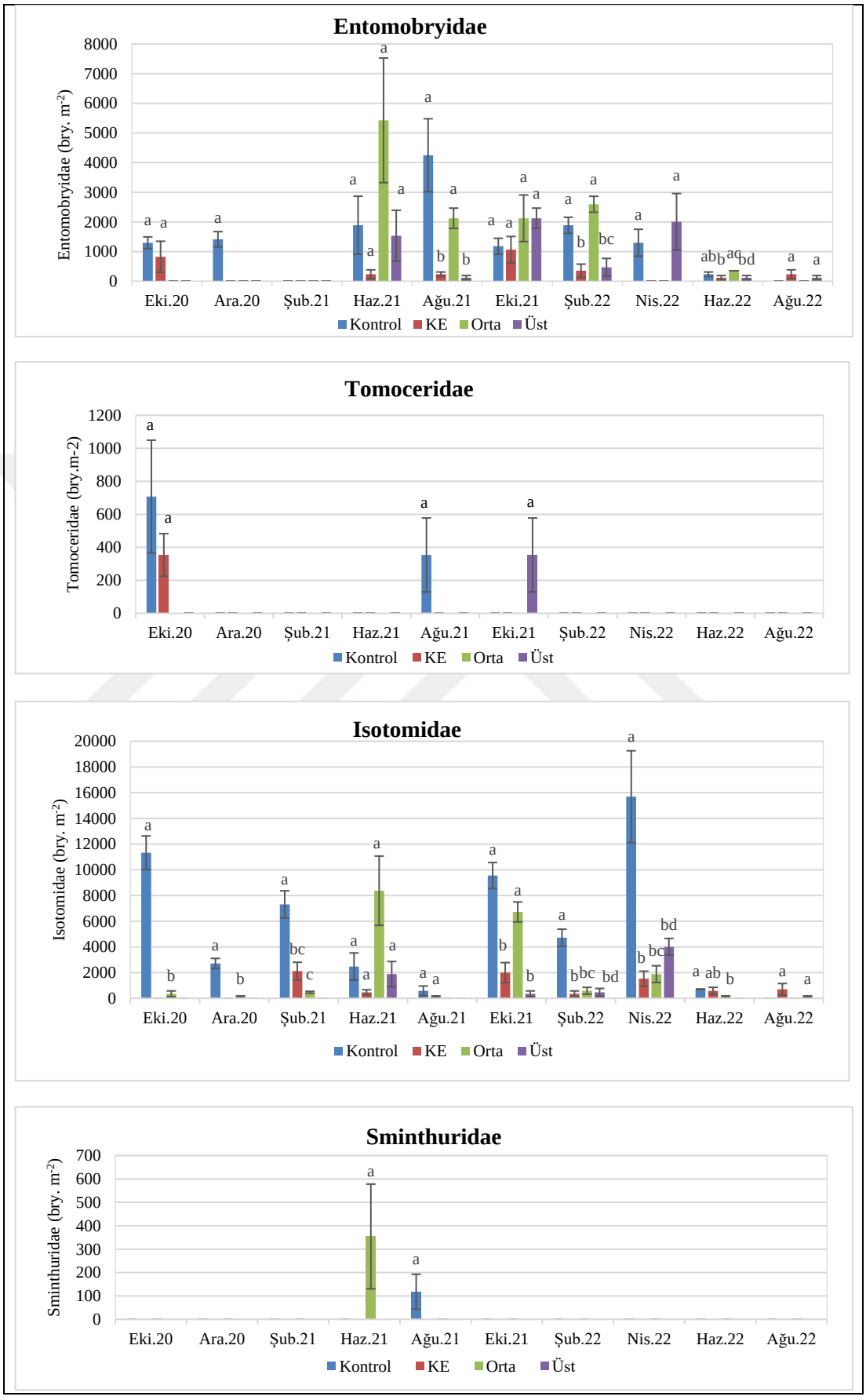
Karaçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda Mesostigmata, Prostigmata ve Oribatida toprak içerisinde en çok görülen Acarina alttakımları olarak tespit edilmiş ve birey sayılarına göre zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.1). Mesostigmata birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 5898 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 2241 bry.m^{-2}, orta alanda 5426 bry.m^{-2}, üst alanda 1651 bry.m^{-2} bulunmuştur. Mesostigmata bireylerinde, Haziran 2021'de kontrol-orta alanlar ile üst alan arasında, Ekim 2021'de kontrol-orta alanları ile üst alanı arasında, Nisan 2022'de kenar etkisi-üst alanları arasında, Ağustos 2022'de kontrol-üst alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Prostigmata birey sayısı en fazla Ağustos 2022'de; kontrol alanında 33381 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 16042 bry.m^{-2}, orta alanda 38099 bry.m^{-2}, üst alanda 84926 bry.m^{-2} bulunmuştur. Prostigmata bireylerinde, Ekim 2020'de kontrol ve orta alanlar arasında, Aralık 2020'de kontrol alanı ile kenar etkisi-üst alanlar arasında, Şubat 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, Ekim 2021'de kontrol-kenar etkisi-orta alanlar ile üst alan arasında, Ağustos 2022'de kenar etkisi alan ile orta-üst alanlar arasında farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Oribatida birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 13800 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 13211 bry.m^{-2}, orta alanda 15098 bry.m^{-2}, üst alanda 11205 bry.m^{-2} bulunmuştur. Oribatida bireylerinde, Ekim 2020'de kenar etkisi ile üst alanlar arasında, Aralık 2020'de kontrol alan ile orta-üst alanlar arasında, Şubat 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst arasında ve orta ile üst alanlar arasında, Ağustos 2021'de kenar etkisi ile orta alanlar arasında, Ağustos 2022'de kontrol ile kenar etkisi alanları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).



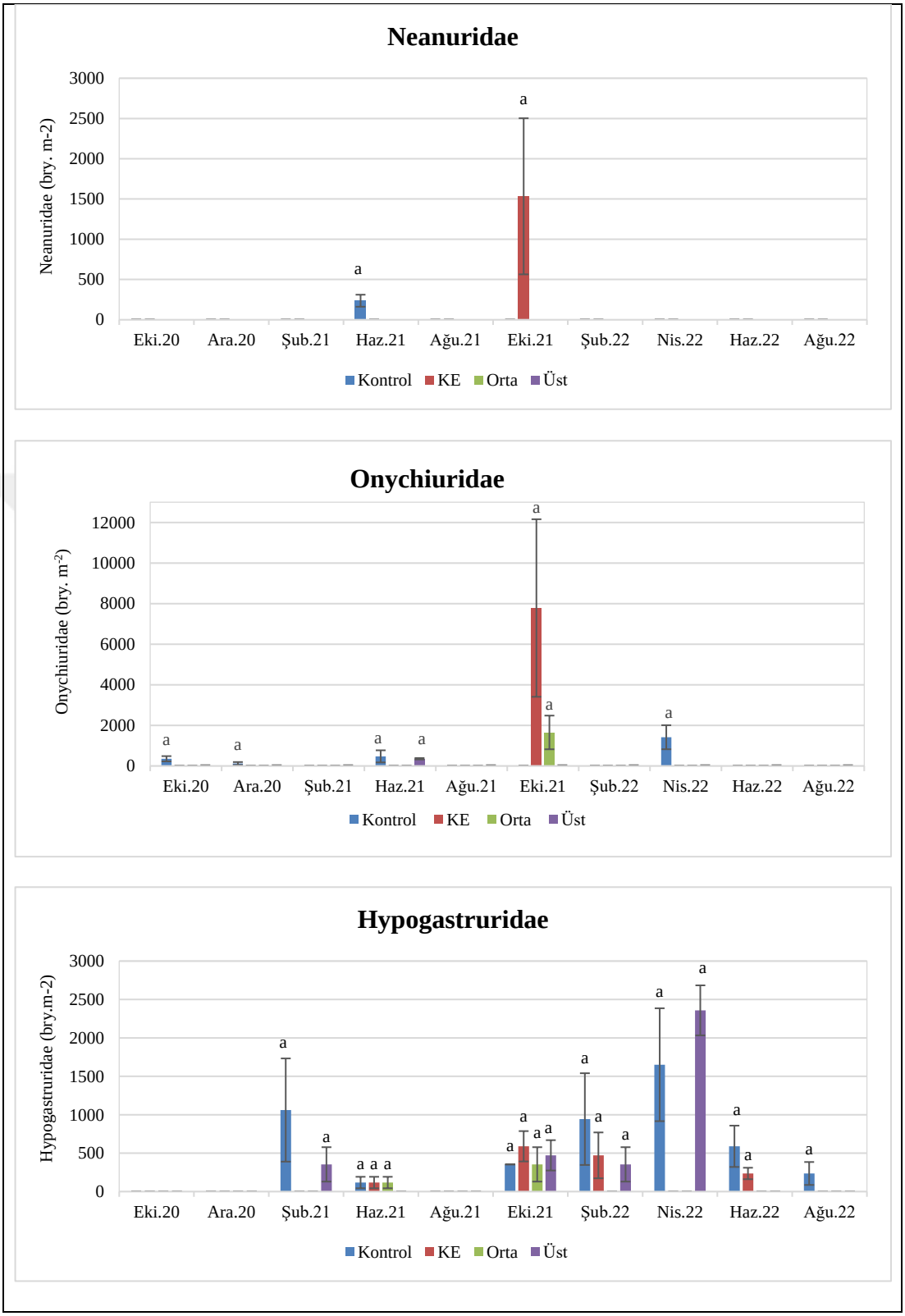
Şekil 4.2 Karaçam meşceresinde Acarina alttakımının zamansal değişimi

Karaçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda Collembola familyasına ait Entomobryidae, Tomoceridae, İsotomidae, Sminthuridae, Neanuridae, Onychuridae, Hypogastrirudae bireyleri tespit edilmiş ve birey sayılarına göre zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.2; 4.3). Entomobryidae birey sayısı en fazla

Haziran 2021'de; kontrol alanında 1887 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 236 bry.m^{-2}, orta alanda 5426 bry.m^{-2}, üst alanda 1553 bry.m^{-2} bulunmuştur. Entomobryidae familyasına ait bireylerde, Ağustos 2021'de kontrol-orta alanlar ile kenar etkisi-üst alanlar arasında, Şubat 2022'de kontrol-orta alanlar ile kenar etkisi-üst alanlar arasında, Haziran 2022'de kenar etkisi-üst alanlar ile orta alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Tomoceridae birey sayısı en fazla Ekim 2020'de; kontrol alanında 1062 bry.m^{-2}, bulunmuştur. İsotomidae, birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 15688 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 1533 bry.m^{-2}, orta alanda 1887 bry.m^{-2}, üst alanda 4010 bry.m^{-2} bulunmuştur. İsotomidae familyasına ait bireylerde, Ekim ve Aralık 2020'de kontrol alanı ile orta alan arasında, Şubat 2021'de kontrol alanı ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, Ekim 2021'de kontrol-orta alanlar ile kenar etkisi-üst alanlar arasında, Şubat ile Nisan 2022'de kontrol alanı ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında, Haziran 2022'de kontrol alan ile orta alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Sminthuridae birey sayısı en fazla Haziran 2021'de; kontrol alanında 354 bry.m^{-2}, bulunmuştur. Neanuridae birey sayısı en fazla Ekim 2021'de; kenar etkisi alanında 1533 bry.m^{-2}, bulunmuştur. Onychuridae birey sayısı en fazla Ekim 2021'de; kenar etkisi alanında 7785 bry.m^{-2}, orta alanda 1651 bry.m^{-2} bulunmuştur. Hypogastrirudae birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 1651 bry.m^{-2}, üst alanda 2359 bry.m^{-2} bulunmuştur.

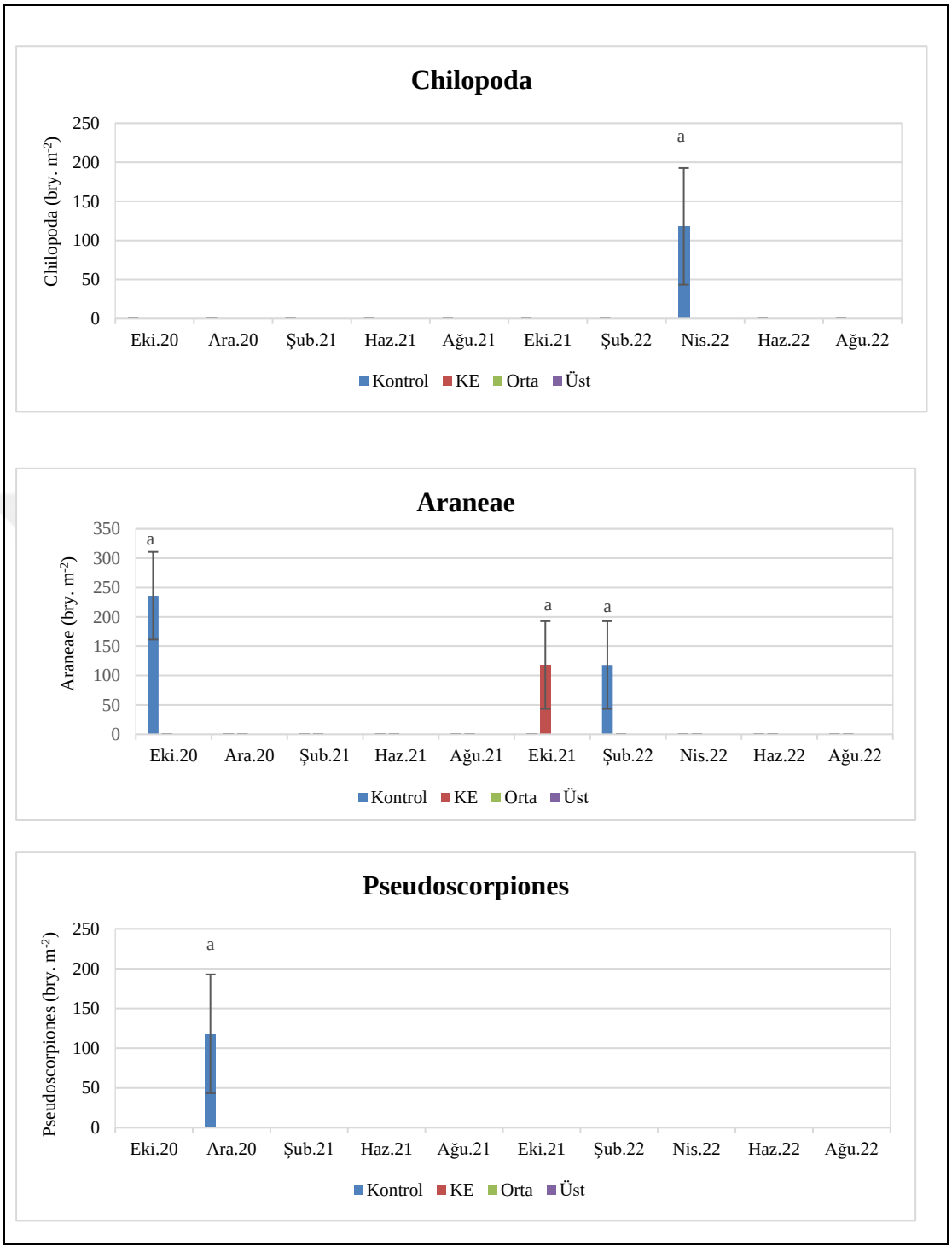


Şekil 4.3 Karaçam meşceresinde collembola familyalarının zamansal değişimi



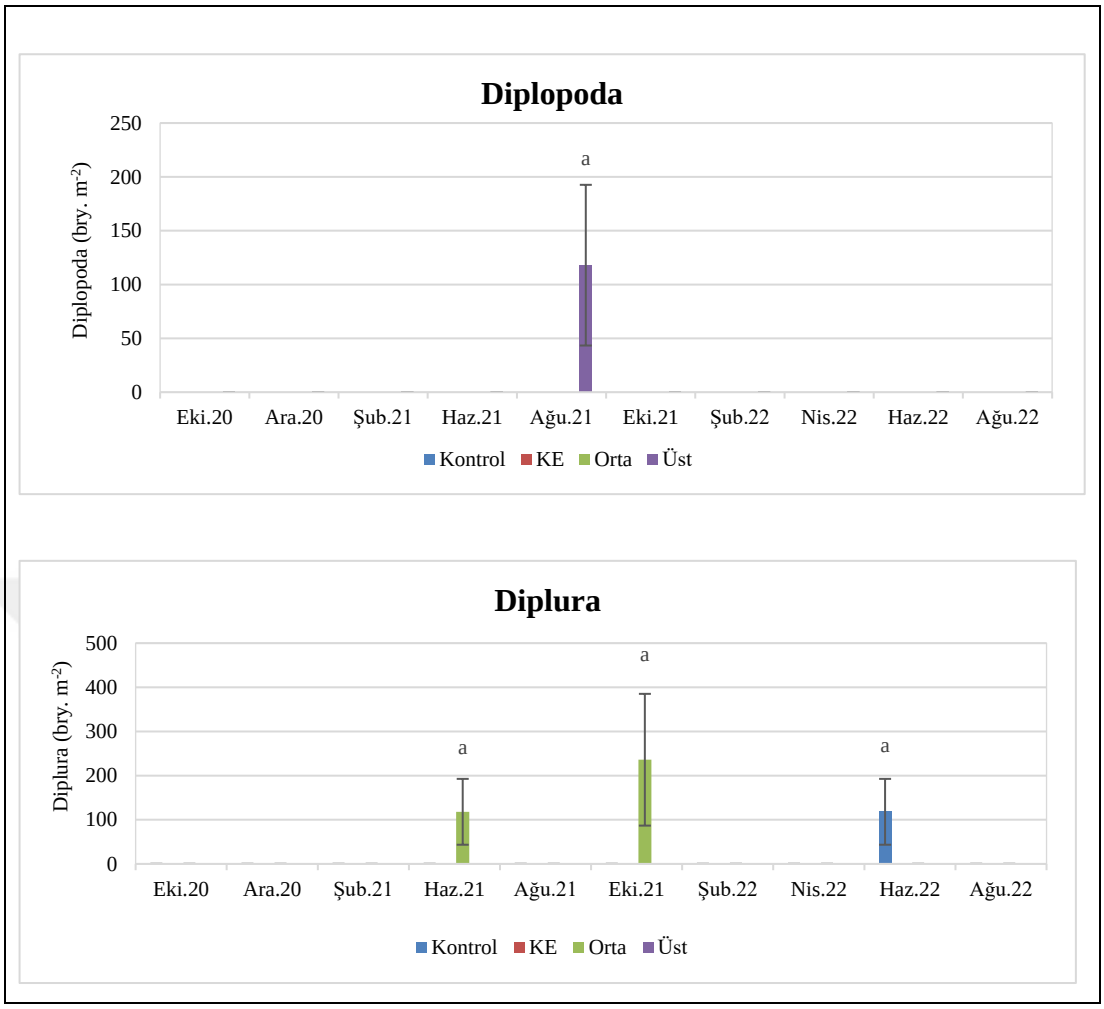
Şekil 4.4 Karaçam meşceresinde Collembola familyalarının zamansal değişimi

Karaçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarında tespit edilen yırtıcıların (Chilopoda, Aranea, Pseudoscorpiones) birey sayılarına göre zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.4). Chilopoda takımına ait bireylerde sadece Nisan 2022'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2} bulunmaktadır, diğer aylarda birey bulunmamaktadır. Aranea takımında en fazla birey Ekim 2020'de kontrol alanında 236 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Pseudoscorpiones takımına ait bireylerde sadece Aralık 2020'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2} bulunmaktadır.



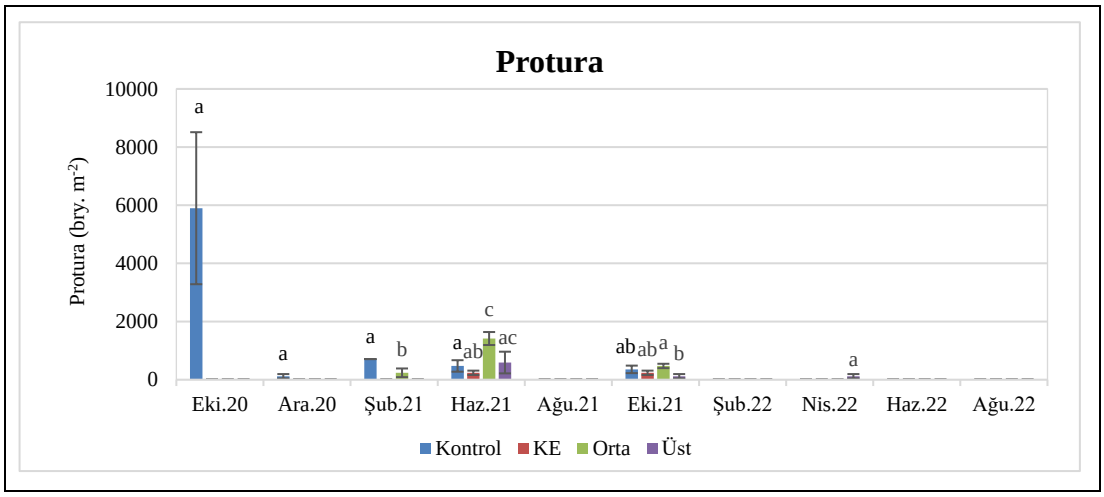
Şekil 4.5 Karaçam meşceresinde yırtıcıların zamansal değişimi

Karaçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda tespit edilen çürükçüllerin (Diplopoda, Diplura) zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.5). Diplopoda takımı bireylerde sadece Ağustos 2021'de üst alanda 118 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Diplura takımında en fazla birey sayısı Ekim 2021'de orta alanda 236 bry.m^{-2} bulunmaktadır.



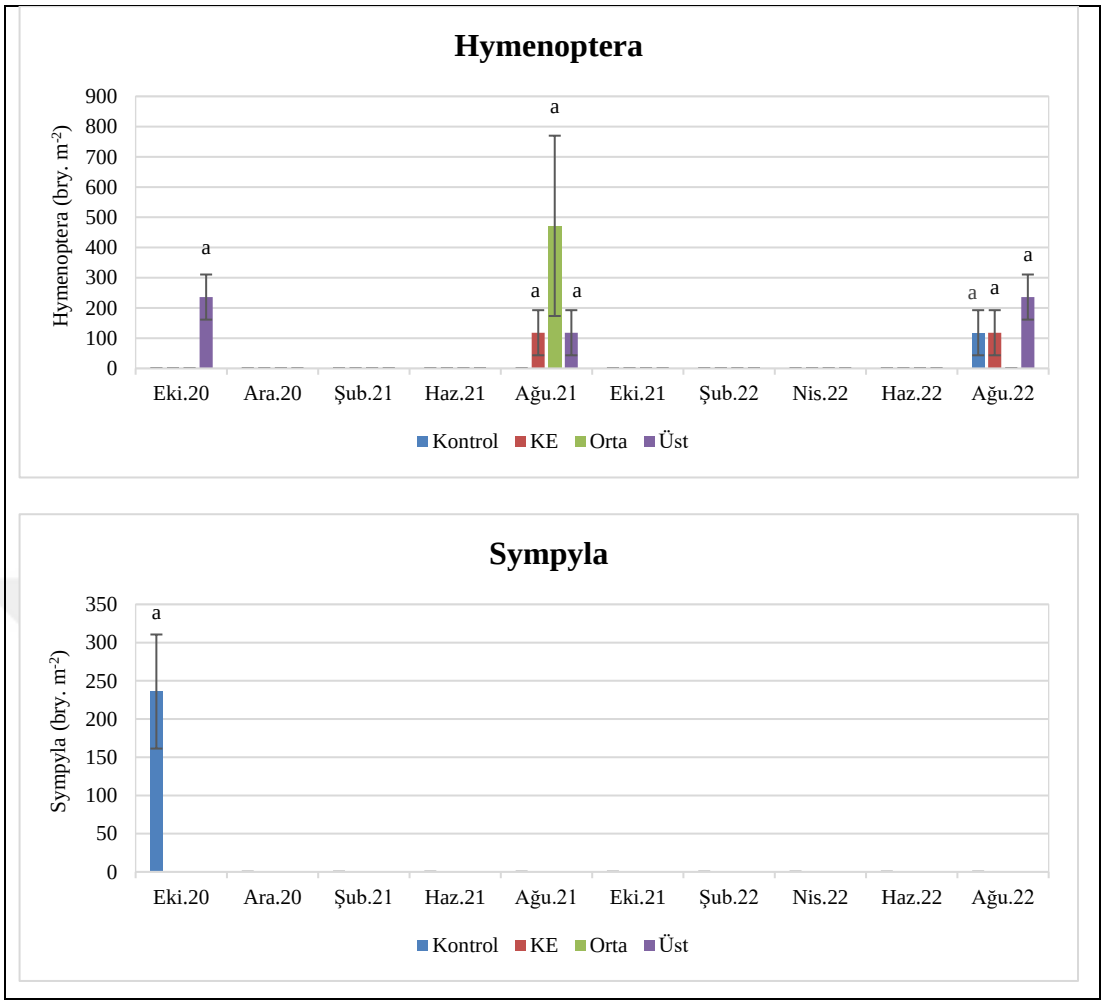
Şekil 4.6 Karaçam meşceresinde çürükçüllerin zamansal değişimi

Karaçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda tespit edilen otçulların (Protura) zamansal değişim grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.6). Protura takımı bireylerde en fazla birey sayısı Ekim 2020'de kontrol alanında 5898 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Protura takımına ait bireylerde, Ekim ve Aralık 2020'de sadece kontrol alanında birey bulunmaktadır. Şubat 2021'de kontrol alan ile orta alan arasında, Haziran 2021'de kontrol-kenar etkisi alan ile orta alan arasında, Ekim 2021'de orta alan ve üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Nisan 2022'de sadece üst alanda birey bulunmaktadır.



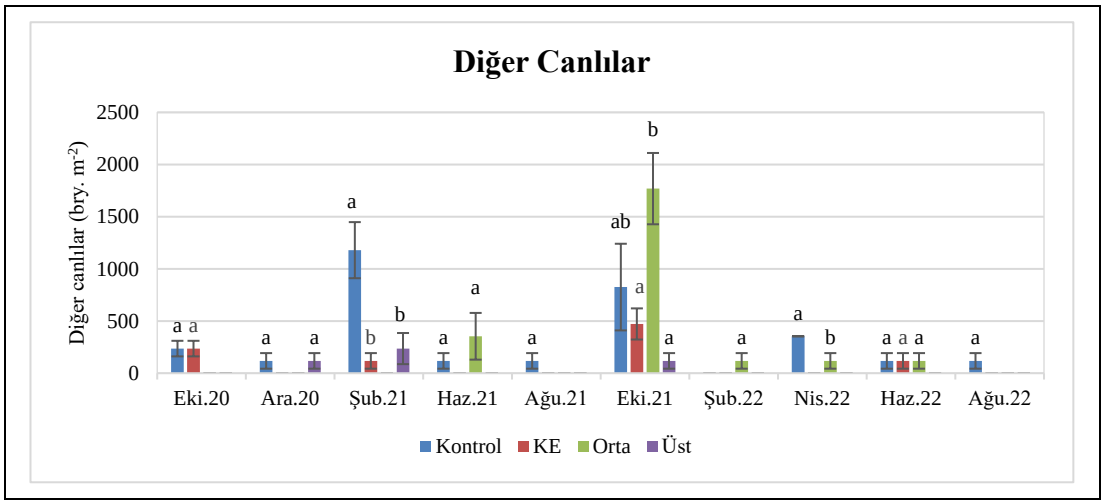
Şekil 4.7 Karaçam meşceresinde otçulların zamansal değişimi

Karaçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda tespit edilen hepçillerin (Hymenoptera, Sympyla) zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.7). Hymenoptera birey sayısı en fazla Ağustos 2021'de; kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 118 bry.m^{-2}, üst alanda 236 bry.m^{-2} bulunmuştur. Sympyla takımına ait bireylerde Ekim 2020'de sadece kontrol alanında 236 bry.m^{-2} bulunmaktadır.



Şekil 4.8 Karaçam meşceresinde hepçillerin zamansal değişimi

Diğer canlılar; çalışma konusu kapsamı dışında ancak çalışma tüplerinde görülen (larva, sinek, karınca, arı vb.) birey sayılarını ifade etmektedir. Karaçam meşceresinde çalışma alanlarında tespit edilen diğer bireylerin zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.8). Diğer canlıların birey sayıları en fazla Ekim 2021'de; kontrol alanında 826 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 472 bry.m^{-2}, orta alanda 1769 bry.m^{-2}, üst alanda 118 bry.m^{-2} bulunmuştur. Bu bireylerde Şubat 2021'de kontrol ve kenar etkisi-üst alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Ağustos 2021'de sadece kontrol alanında birey bulunmaktadır. Ekim 2021'de kenar etkisi-üst ile orta alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Şubat 2022'de sadece orta alanda birey bulunmaktadır. Nisan 2022'de kontrol ile orta alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Ağustos 2022'de sadece kontrol alanında birey bulunmaktadır.

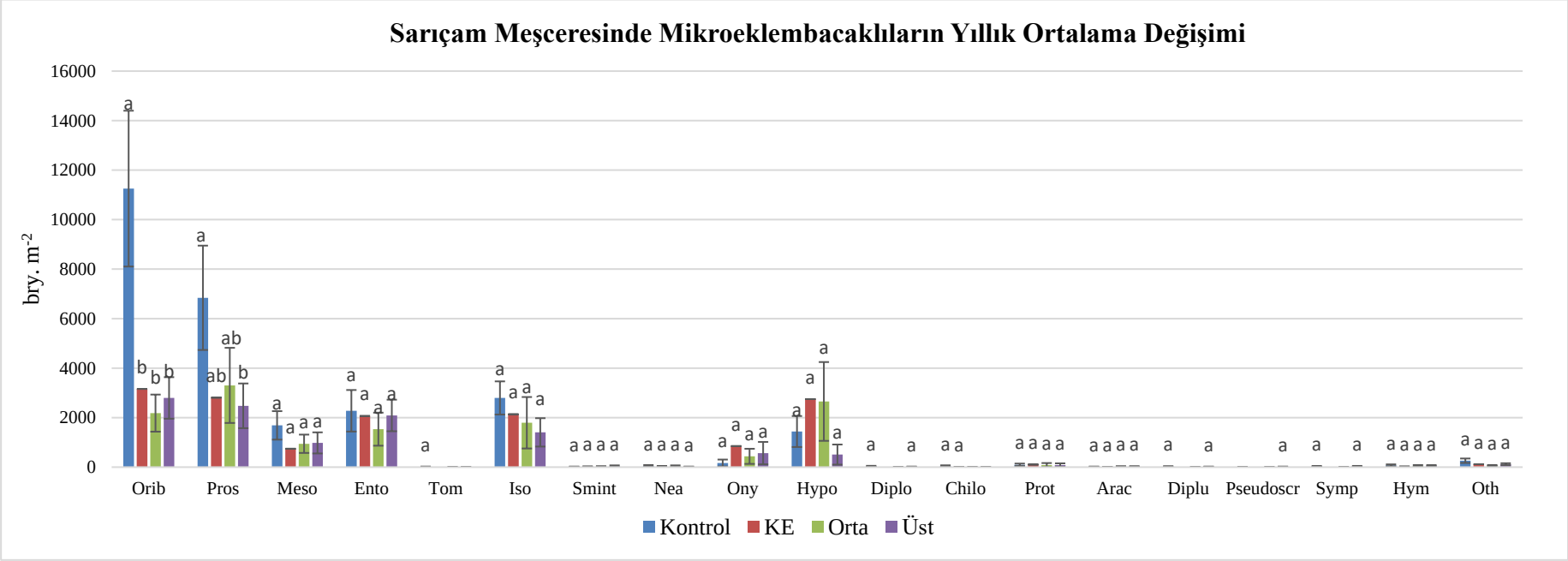


Şekil 4.9 Karaçam meşceresinde diğer canlı bireylerin zamansal değişimi

4.3.3 Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Yıllık Ortalama Değişimi

Sarıçam meşceresinde deneme alanlarından elde edilen verilere göre çalışma süresince mikroeklembacaklılara ait 10 taksona ait 10 familya tespit edilmiştir. Mikroeklembacaklıların yıllık toplam birey sayısı kontrol alanında 270585 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 147913 bry.m^{-2}, orta alanda 128691 bry.m^{-2} ve üst alanda 110405 bry.m^{-2} olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda toplam mikroeklembacaklıların %41'ü kontrol alanında, %22'si kenar etkisi alanında, %20'si orta alanda ve %17'si üst alan tespit edilmiştir. En fazla birey kontrol alanında bulunurken, yakma sahasındaki deneme alanlarında kenar etkisi alan ve orta alan, üst alana oranla daha fazla birey içermektedir. Çalışma alanlarının her birinde toplam mikroeklembacaklıların büyük kısmını Acarina (Mesostigmata, Prostigmata ve Oribatida) ve Collembola (Entomobryidae, Tomoceridae, İsotomidae, Sminthuridae, Neanuridae, Onychuridae, Hypogastrirudae) familyalarına ait bireyler oluşturmaktadır. Yıllık toplam birey sayıları bakımından mikroeklembacaklılar değerlendirildiğinde; kontrol alanında Akarina takımı %73, Collembola familyası %25, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2; kenar etkisi alanında Akarina takımı %45, Collembola familyası %53, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2; orta alanda Akarina takımı %48, Collembola familyası %50, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2; üst alanda Akarina takımı %56, Collembola familyası %42, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2 olarak tespit

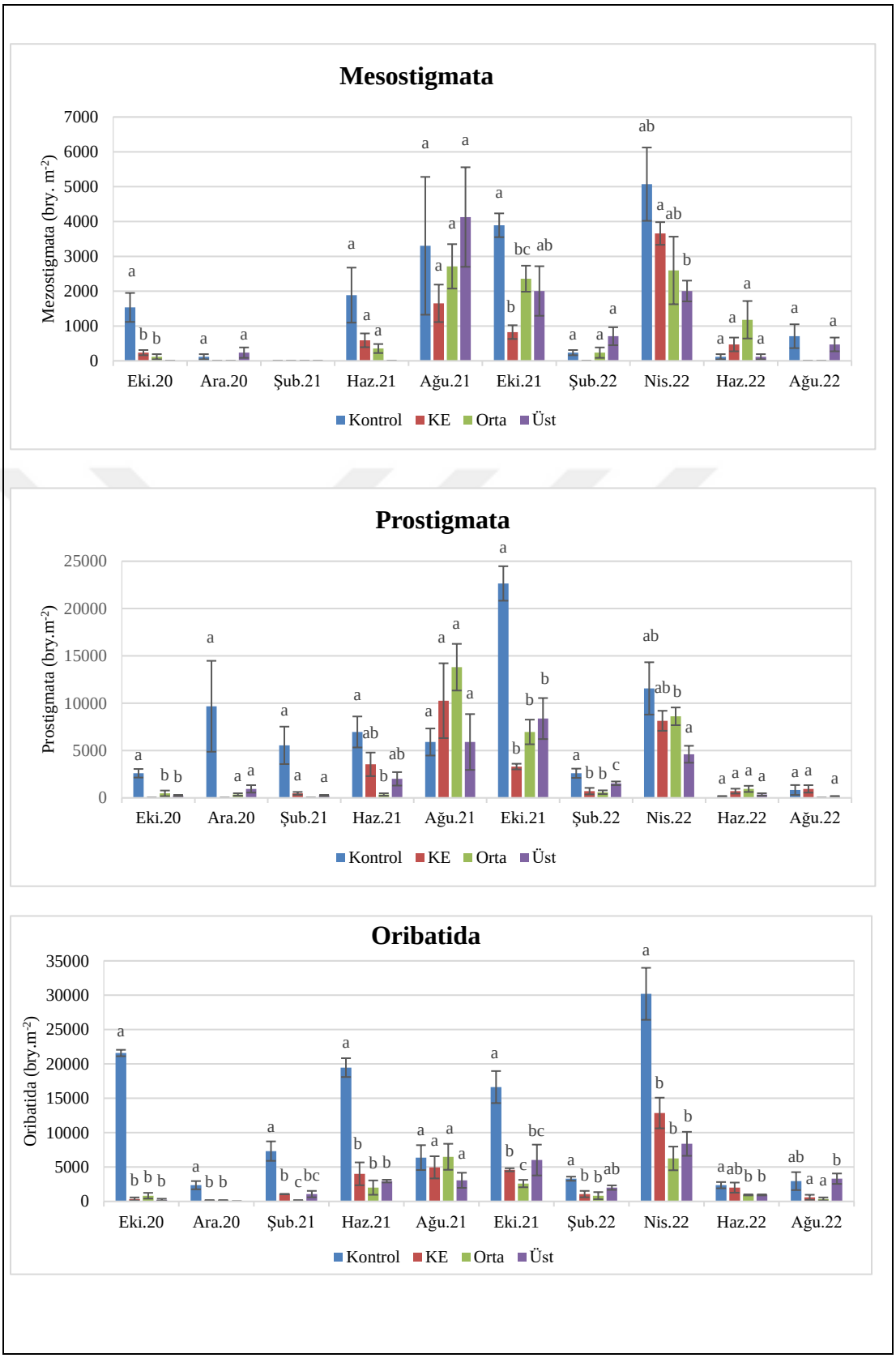
edilmiştir. Mikroeklembacaklıların sarıçam meşceresinde yıllık ortalama değişimi aşağıdaki grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.18). Mikroeklembacaklıların sarıçam meşceresinde yıllık ortalama Acari takımına ait Oribatid bireylerinde kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (P>0,05), Prostigmata bireylerinde kontrol alan ile üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır (P<0,05). Collembola familyası ait Entomobryidae, Tomoceridae, İsotomidae, Sminthuridae, Neanuridae, Onychuridae, Hypogastrirudae alttakımlarının her birinin alanları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır (P>0,05).



Şekil 4.10 Sarıçam meşceresinde yıllık ortalama değişimi

4.3.4 Sarıçam (*Pinus sylvestris*) Meşceresinde Mikroeklembacaklıların Aylık Değişimleri

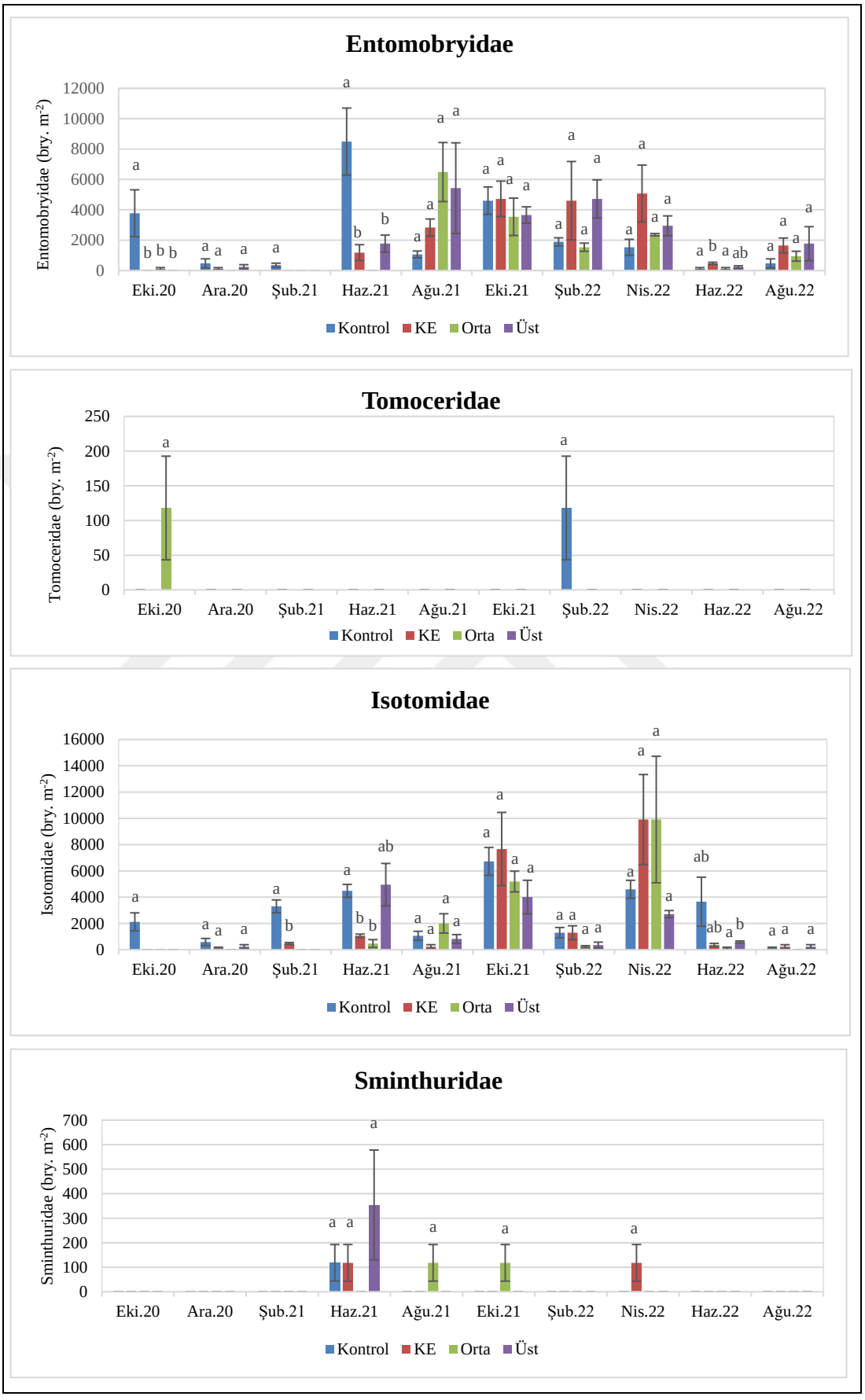
Sarıçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda Mesostigmata, Prostigmata ve Oribatida toprak içerisinde en çok görülen Acarina alttakımları olarak tespit edilmiş ve birey sayılarına göre zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.11). Mesostigmata birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 5072 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 3657 bry.m^{-2}, orta alanda 2595 bry.m^{-2}, üst alanda 2005 bry.m^{-2} bulunmuştur. Mesostigmata bireylerinde, Ekim 2020'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta alan arasında, Ekim 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, Nisan 2022'de kenar etkisi alan ve üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Prostigmata birey sayısı en fazla Ekim 2021'de; kontrol alanında 22647 bry.m-2, kenar etkisi alanında 3303 bry.m-2, orta alanda 6959 bry.m-2, üst alanda 8375 bry.m-2 bulunmuştur. Prostigmata bireylerde, Ekim 2020'de kontrol alan ile orta-üst alanlar arasında, Haziran 2021'de kontrol alanı ile orta alan arasında, Ekim 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında, Şubat 2022'de kontrol alanı ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, kontrol alan ve üst alan arasında, kenar etkisi-orta ve üst alanlar arasında, Nisan 2022'de orta alan ve üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Oribatida birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 30196 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 12857 bry.m^{-2}, orta alanda 6251 bry.m^{-2}, üst alanda 8375 bry.m^{-2} bulunmuştur. Oribatida bireylerinde, Ekim 2020'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında, Aralık 2020'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, Şubat 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-üst alanlar arasında, kontrol alan ve orta alanlar arasında, Haziran 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında, Ekim 2021'de kontrol ve kenar etkisi-üst alanlar arasında, kontrol ve orta alanlar arasında, Şubat 2022'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, Nisan 2022'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta-üst alanlar arasında, Haziran 2022'de kontrol alan ile orta-üst alanlar arasında, Ağustos 2022'de kenar etkisi-orta alanlar ile üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).



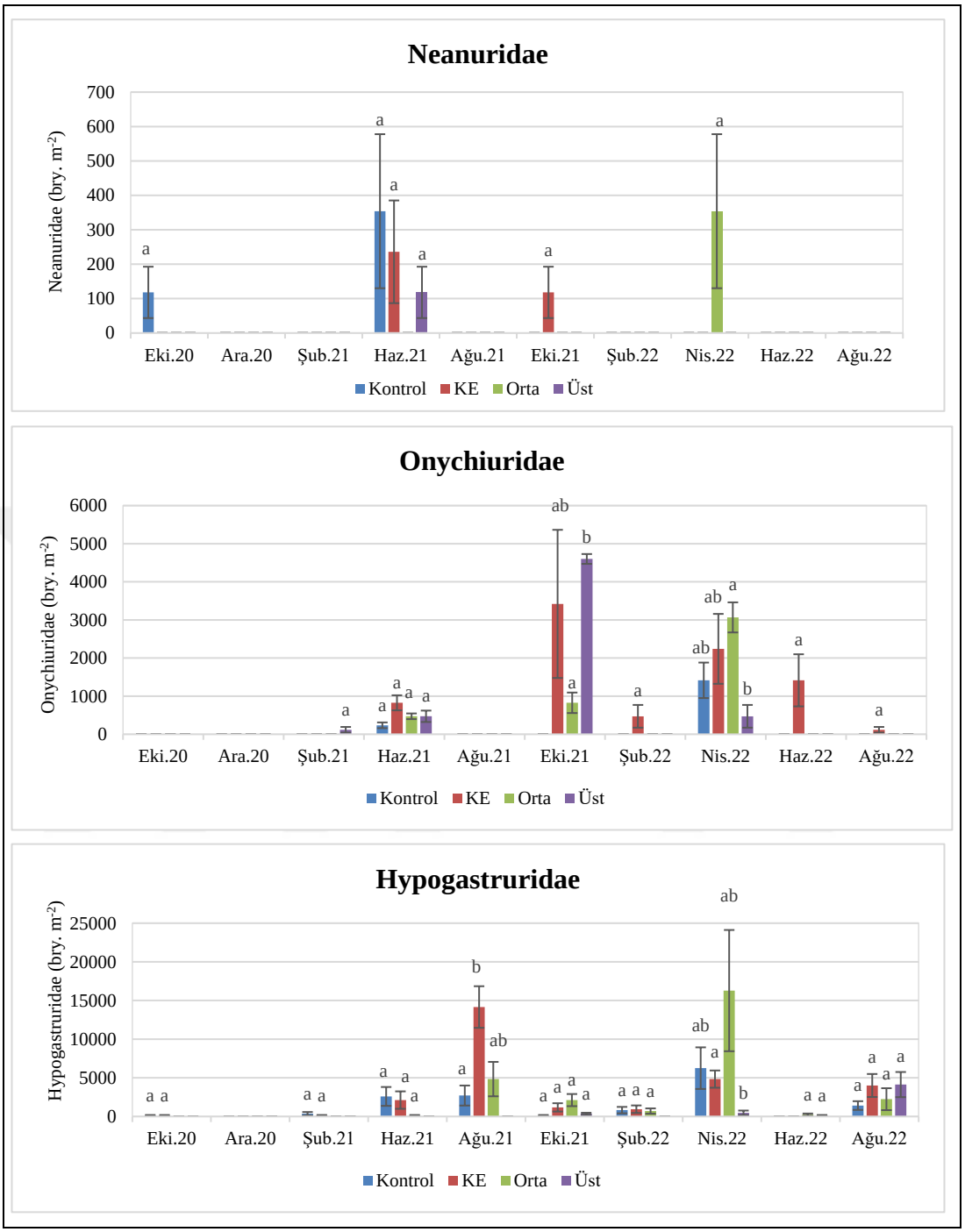
Şekil 4.11 Sarıçam meşceresinde Acarina alttakımının zamansal değişimi

Sarıçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda Collembola familyalarına ait Entomobryidae, Tomoceridae, İsotomidae, Sminthuridae, Neanuridae, Onychuridae, Hypogastrirudae bireyleri tespit edilmiş ve birey sayılarına göre zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.12; 4.13). Entomobryidae birey sayısı en fazla Ekim 2021'de; kontrol alanında 4600 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 4718 bry.m^{-2}, orta alanda 3539 bry.m^{-2}, üst alanda 3657 bry.m^{-2} bulunmuştur. Entomobryidae familyasına ait bireylerde, Şubat 2021'de sadece kontrol alanında birey bulunmaktadır. Haziran 2021'de kontrol alan ile kenar etkisi-orta alanlar arasında, Haziran 2022'de kontrol-orta alanlar ile kenar etkisi alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Tomoceridae birey sayısı en fazla Ekim 2020'de orta alanda 118 bry.m^{-2} ve Şubat 2022'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2} bulunmuştur. Tomoceridae familyasına ait bireylerde, Ekim 2020'de orta alanda Şubat 2022'de kontrol alanında birey bulunmaktadır. İsotomidae, birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 4600 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 9908 bry.m^{-2}, orta alanda 9908 bry.m^{-2}, üst alanda 2713 bry.m^{-2} bulunmuştur. İsotomidae familyasına ait bireylerde Ekim (2020) ayında sadece kontrol alanında birey bulunmaktadır. Şubat (2021) ayında kontrol alan ile kenar etkisi alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Haziran (2021) ayında kontrol alan ile kenar etkisi-orta alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$), Haziran (2022) orta ve üst alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Sminthuridae birey sayısı en fazla Haziran 2021'de; kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 118 bry.m^{-2}, üst alanda 354 bry.m^{-2} bulunmuştur. Sminthuridae familyasına ait bireylerde, Ağustos (2021), Ekim (2021) aylarında sadece orta alanda birey bulunmaktadır. Nisan (2022) ayında sadece kenar etkisi alanında birey bulunmaktadır. Neanuridae birey sayısı en fazla Haziran 2021'de; kontrol alanında 1533 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 236 bry.m^{-2}, üst alanda 118 bry.m^{-2} bulunmuştur. Neanuridae familyasına ait bireylerde, Ekim 2020'de kontrol alanında, Ekim 2021'de kenar etkisi alanında, Nisan 2022'de orta alanda birey bulunmaktadır. Onychuridae birey sayısı en fazla Ekim 2021'de; kenar etkisi alanında 3421 bry.m^{-2}, orta alanda 826 bry.m^{-2} üst alanda 4600 bry.m^{-2} bulunmuştur. Onychuridae familyasına ait bireylerde, Şubat 2021'de üst alanda birey bulunmaktadır. Ekim 2021'de orta alan ve üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Şubat 2022'de kenar etkisi alanında birey bulunmaktadır. Nisan 2022'de orta ve üst alanlar arasında istatistiksel

olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$). Haziran 2022'de ve Ağustos 2022'de aylarında sadece kenar etkisi alanlarında birey bulunmaktadır. Hypogastrirudae birey sayısı en fazla Nisan 2022'de; kontrol alanında 6251 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 4836 bry.m^{-2}, orta alanda 16277 bry.m^{-2}, üst alanda 472 bry.m^{-2} bulunmuştur. Hypogastrirudae familyasına ait bireylerde, Ağustos 2021'de kontrol ve kenar etkisi alanlar arasında, Nisan 2022'de kenar etkisi alan ile üst alan arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).



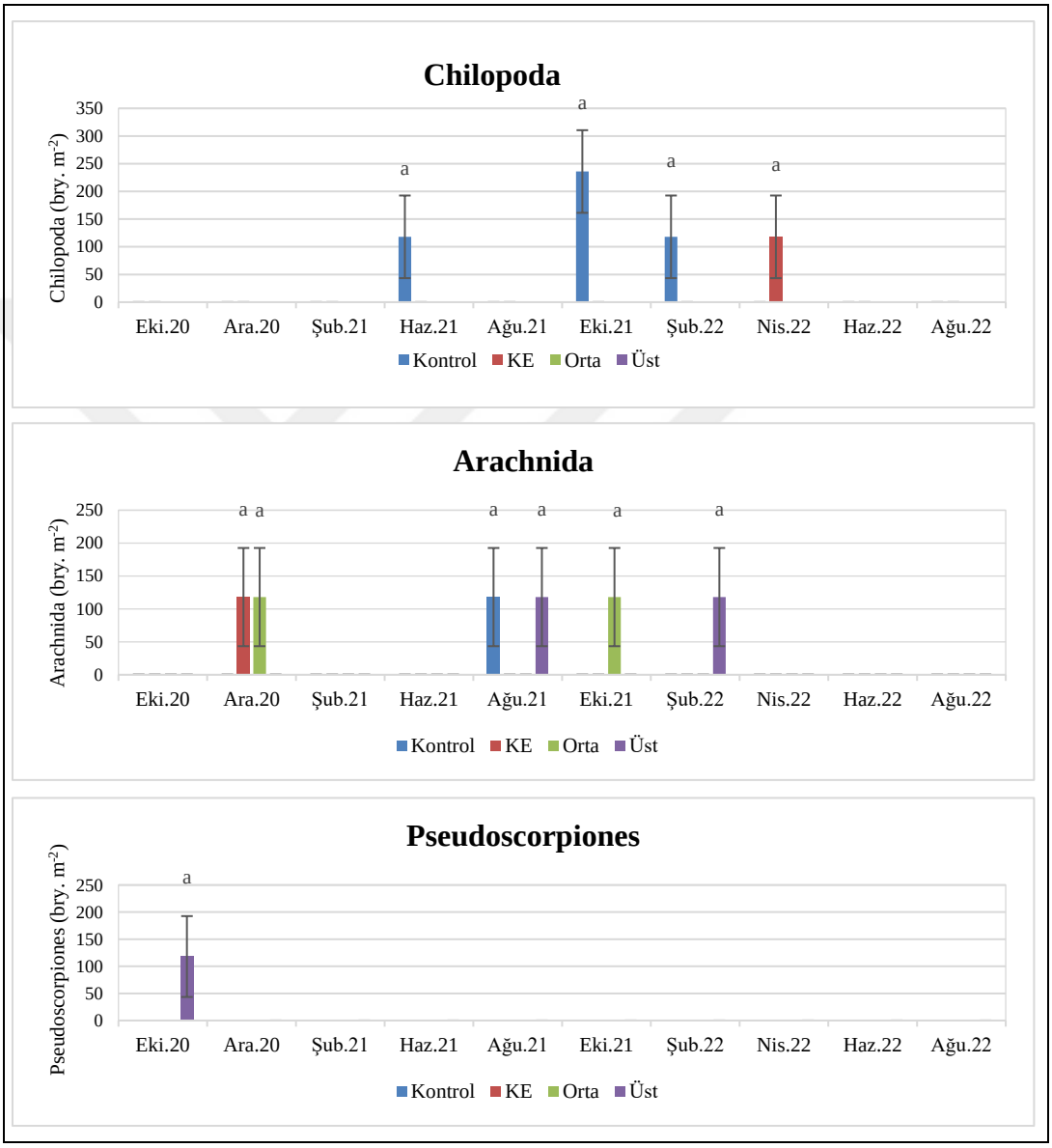
Şekil 4.12 Sarıçam meşceresinde Collembola familyalarının zamansal değişimi



Şekil 4.13 Sarıçam meşceresinde Collembola familyalarının zamansal değişimi

Sarıçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarında tespit edilen yırtıcıların (Chilopoda, Aranea, Pseudoscorpiones) birey sayılarına göre zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.14). Chilopoda takımında en fazla birey Ekim 2021'de kontrol alanında 236 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Chilopoda takımına ait bireylerde, Haziran ve Ekim 2021'de, Şubat 2022'de kontrol alanında birey bulunmaktadır. Nisan 2022'de kenar etkisi alanda birey bulunmaktadır. Aranea

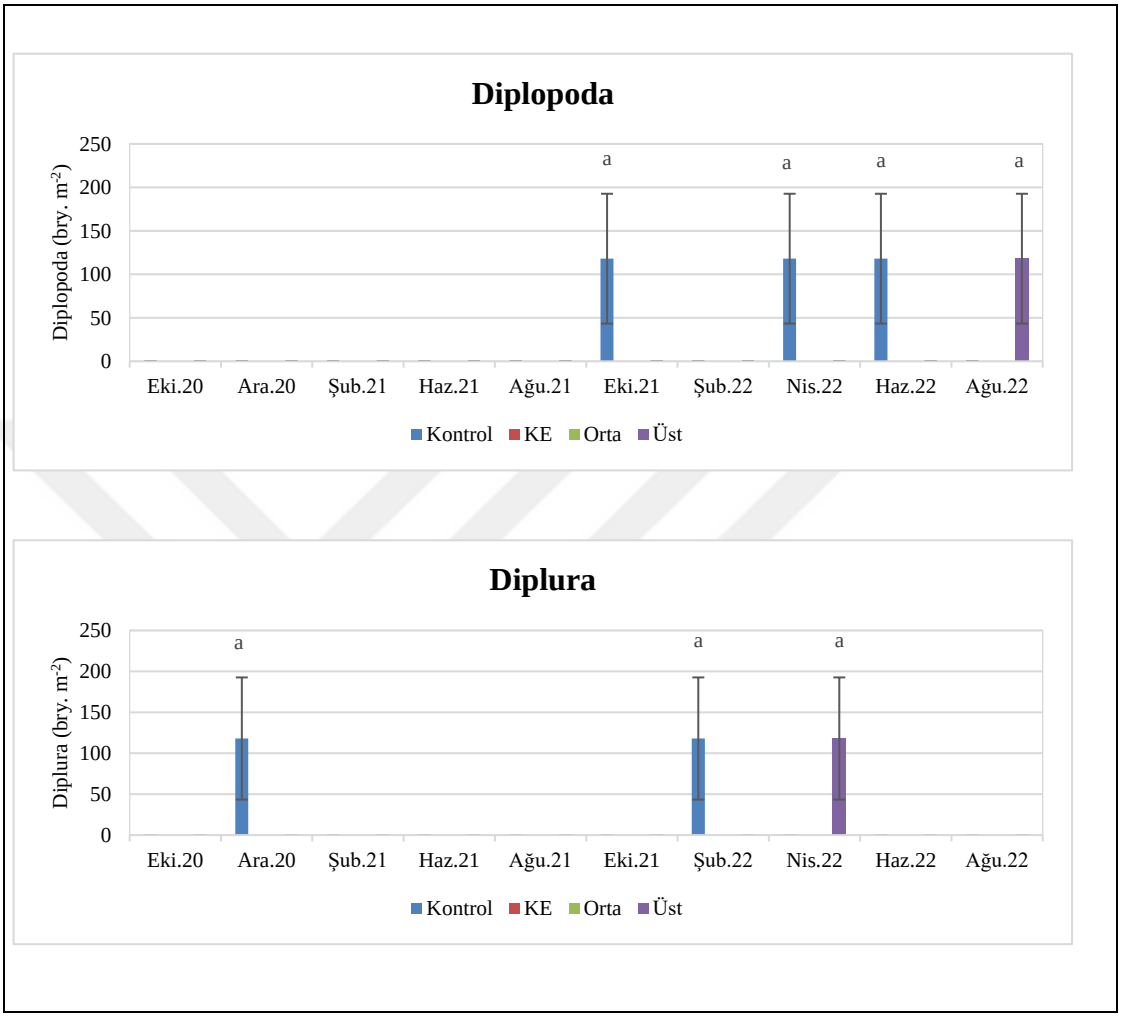
takımında en fazla birey Aralık 2020'de kenar etkisi alanında 236 bry.m^{-2} ve orta alanda 236 bry.m^{-2}; Ağustos 2021'de kontrol alanında 236 bry.m^{-2} ve üst alanda 236 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Pseudoscorpiones takımına ait bireylerde sadece Ekim 2020'de üst alanında 118 bry.m^{-2} bulunmaktadır.



Şekil 4.14 Sarıçam meşceresinde yırtıcıların zamansal değişimi

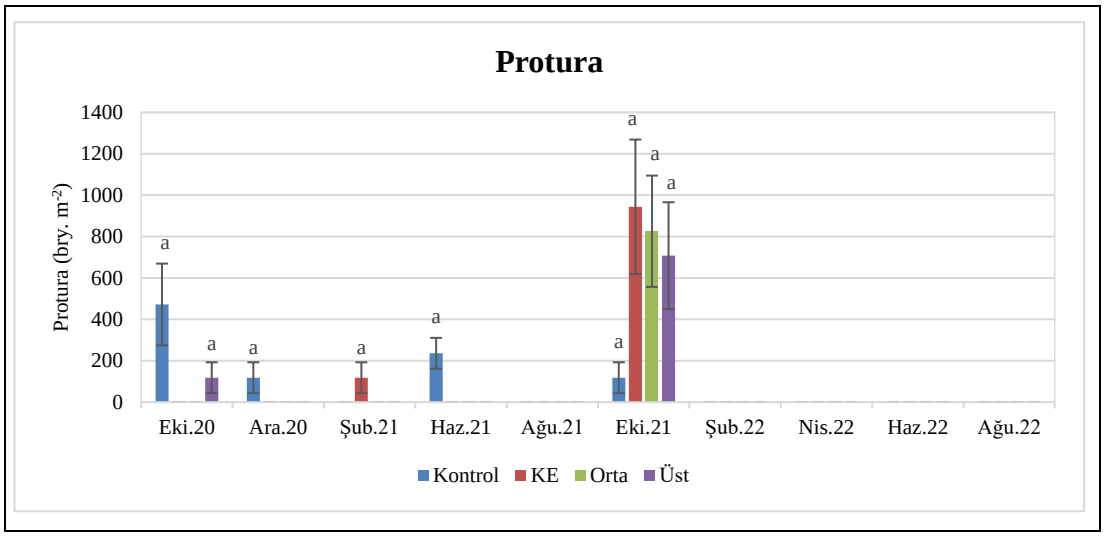
Sarıçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda tespit edilen çürükçüllerin (Diplopoda, Diplura) zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.15). Diplopoda takımında en fazla birey sayısı Ekim 2021'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, Nisan 2022'de ve Haziran 2022'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, Ağustos 2022'de üst alanda 118 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Diplura takımında en fazla birey sayısı Aralık

2020'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, Şubat 2022'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, Nisan 2022'de üst alanda 118 bry.m^{-2} bulunmaktadır.



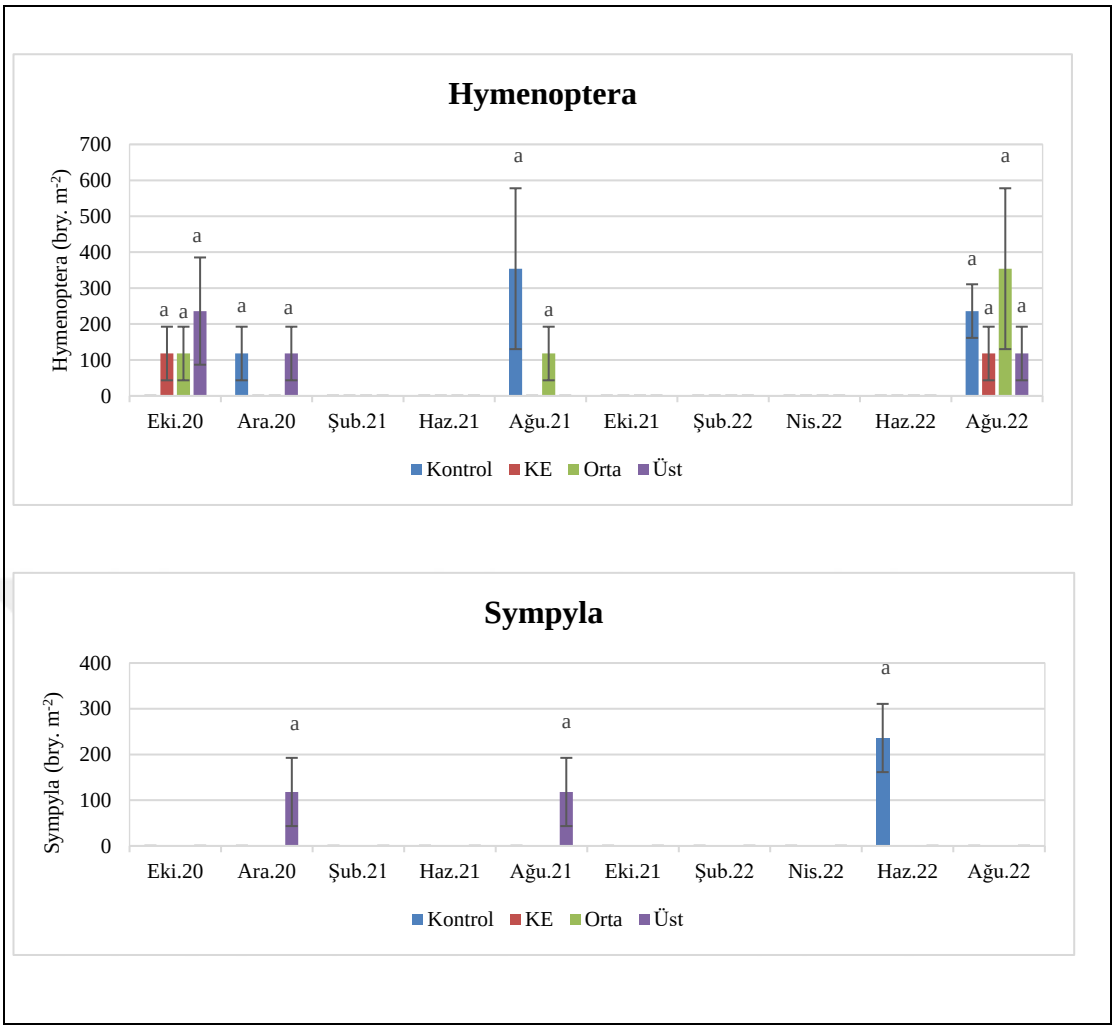
Şekil 4.15 Sarıçam meşceresinde çürükçüllerin zamansal değişimi

Sarıçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda tespit edilen otçulların (Protura) zamansal değişim grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.16). Protura takımı bireylerde en fazla birey sayısı Ekim 2021'de kontrol alanında 118 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 944 bry.m^{-2}, orta alanda 826 bry.m^{-2}, üst alanda 708 bry.m^{-2} bulunmaktadır. Protura takımına ait bireylerde, Ekim 2020'de kontrol ve üst alanlarda, Aralık 2020'de kontrol alanında, Şubat 2021'de kenar etkisi alanında, Haziran 2021'de kontrol alanında birey bulunmaktadır.



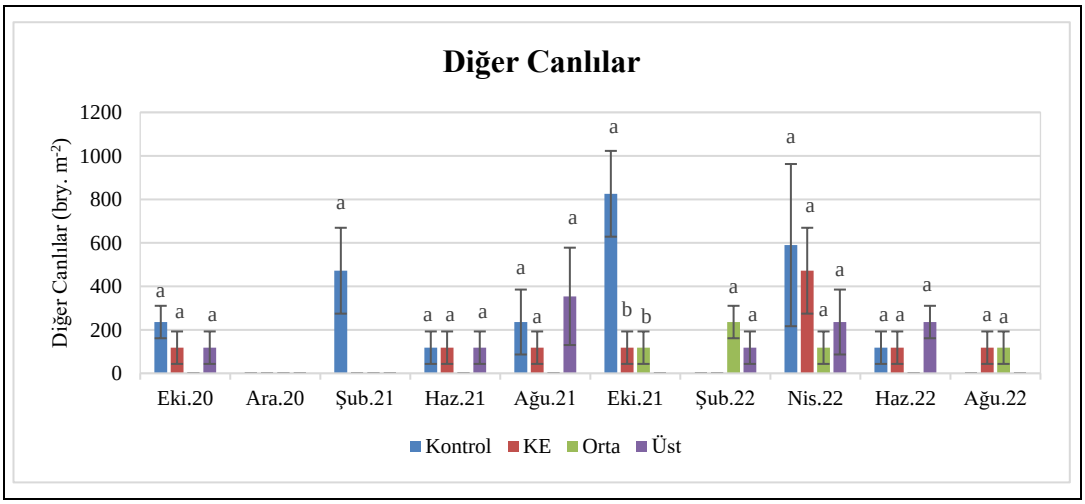
Şekil 4.16 Sarıçam meşceresinde otçulların zamansal değişimi

Sarıçam meşceresinde çalışma süresi boyunca alanlarda tespit edilen hepçillerin (Hymenoptera, Sympyla) zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.17). Hymenoptera birey sayısı en fazla Ağustos 2022'de; kontrol alanında 236 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 118 bry.m^{-2}, orta alanda 356 bry.m^{-2}, üst alanda 118 bry.m^{-2} bulunmuştur. Sympyla takımı en fazla birey sayısı Haziran 2020'de kontrol alanında 236 bry.m^{-2} bulunmaktadır.



Şekil 4.17 Sarıçam meşceresinde hepçillerin zamansal değişimi

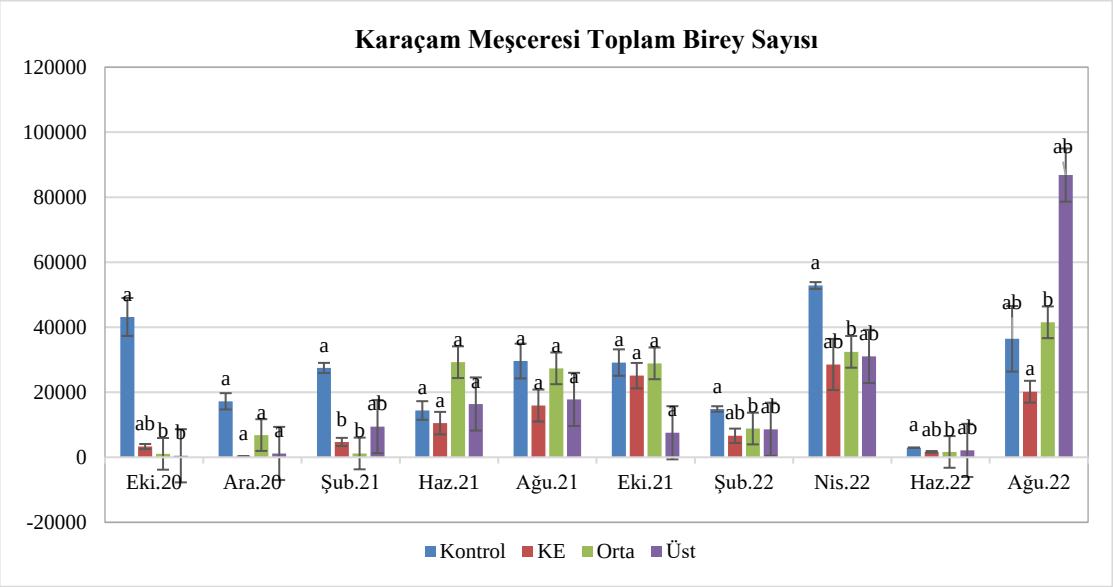
Diğer canlılar; çalışma konusu kapsamı dışında ancak çalışma tüplerinde görülen (larva, sinek, karınca, arı vb.) birey sayılarını ifade etmektedir. Karaçam meşceresinde çalışma alanlarında tespit edilen diğer bireylerin zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.18). Diğer canlıların birey sayıları en fazla Ekim 2021'de; kontrol alanında 826 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 118 bry.m^{-2}, üst alanda 118 bry.m^{-2}, Nisan 2022'de; kontrol alanında 236 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 472 bry.m^{-2}, orta alanda 118 bry.m^{-2}, üst alanda 236 bry.m^{-2} bulunmuştur. Sarıçam meşceresinde bulunan diğer bireylerin zamansal değişim grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.18). Şubat 2021'de kontrol alanında birey bulunmaktadır. Ekim 2021'de kontrol alanı ile kenar etkisi-orta alanlar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmaktadır ($P<0,05$).



Şekil 4.18 Sarıçam meşceresinde diğer canlı bireylerin zamansal değişimi

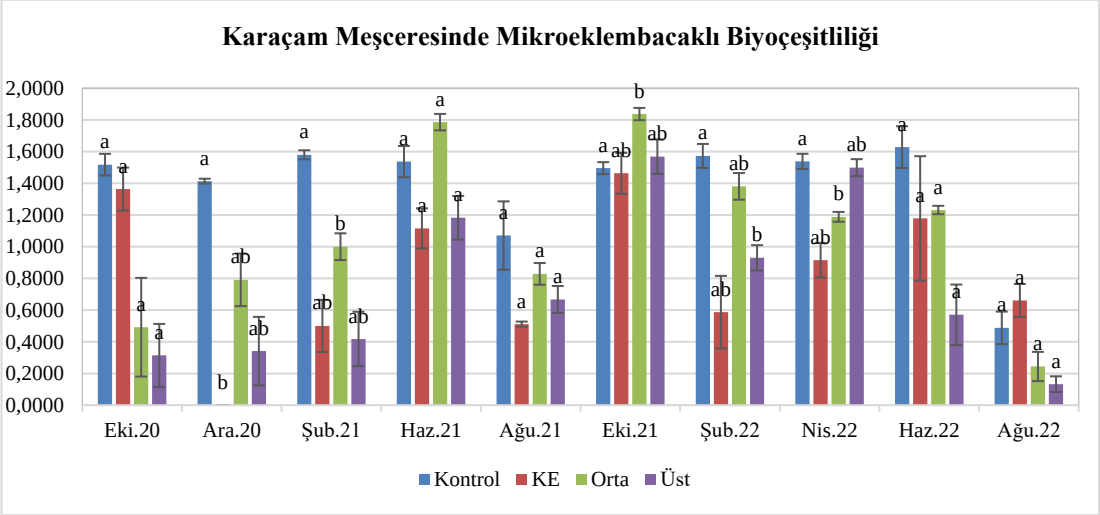
4.3.5 Karaçam Meşceresinde Tespit Edilen Bireylerin Miktar ve Çeşitlilikleri

Karaçam meşceresinde alanlara göre toplam birey sayılarındaki zamansal değişimi Şekil 4.19'da gösterilmektedir. Kontrollü yakma uygulamasından dolayı yangın alanlarında ilk aylarda birey sayısı azalmaktadır. Kontrol alanlarında ise diğer alanlara göre daha fazla birey sayısı bulunmaktadır. Birey sayıları en fazla Nisan 2022'de 144846 bry.m^{-2} ve Ağustos 2022'de 184949 bry.m^{-2} ile en üst seviyelerde olduğu görülmektedir. Yağışın olduğu ilkbahar aylarında nemli sezon olmasından dolayı birey sayısında artış gözlemlenmiştir. Ağustos 2022'de birey sayısındaki artışın bölgesel yağıştan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.19 Karaçam meşceresinde alanlara göre toplam birey sayısı

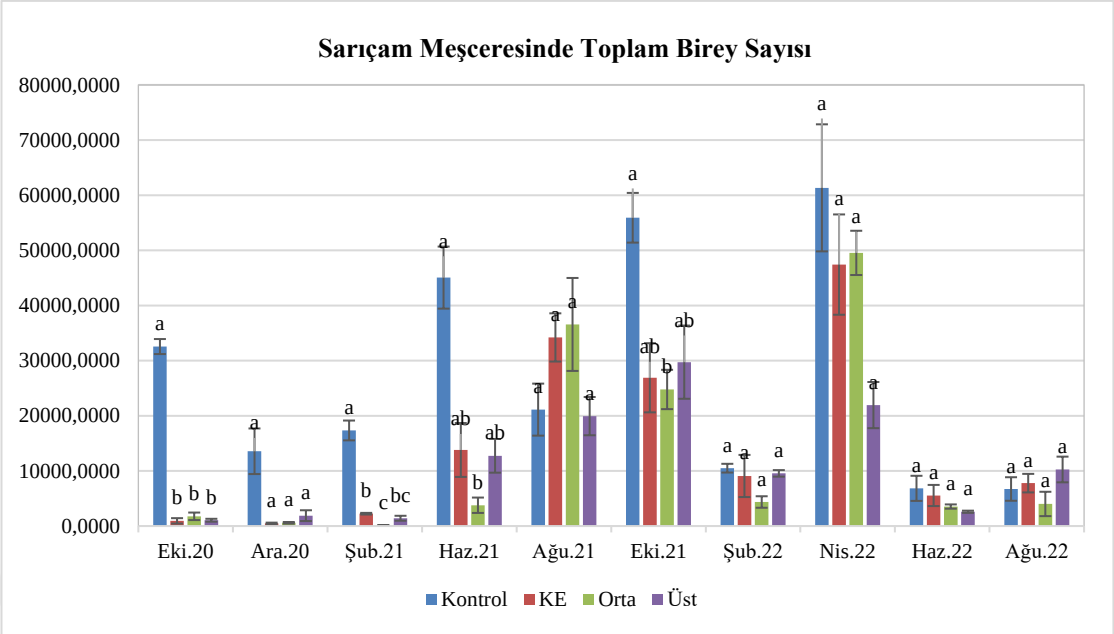
Karaçam meşceresinde alanlara göre biyoçeşitliliğin zamansal değişimi Şekil 4.20'de gösterilmektedir. Biyoçeşitlilik yaz aylarında düşmekte ve yağışın olduğu aylarda yani nemli sezonlarda artmaktadır. Ekim 2021'de biyoçeşitliliğin en üst seviyede olduğu görülmektedir.



Şekil 4.20 Karaçam meşceresinde alanlara göre mikroeklembacaklı biyoçeşitliliği

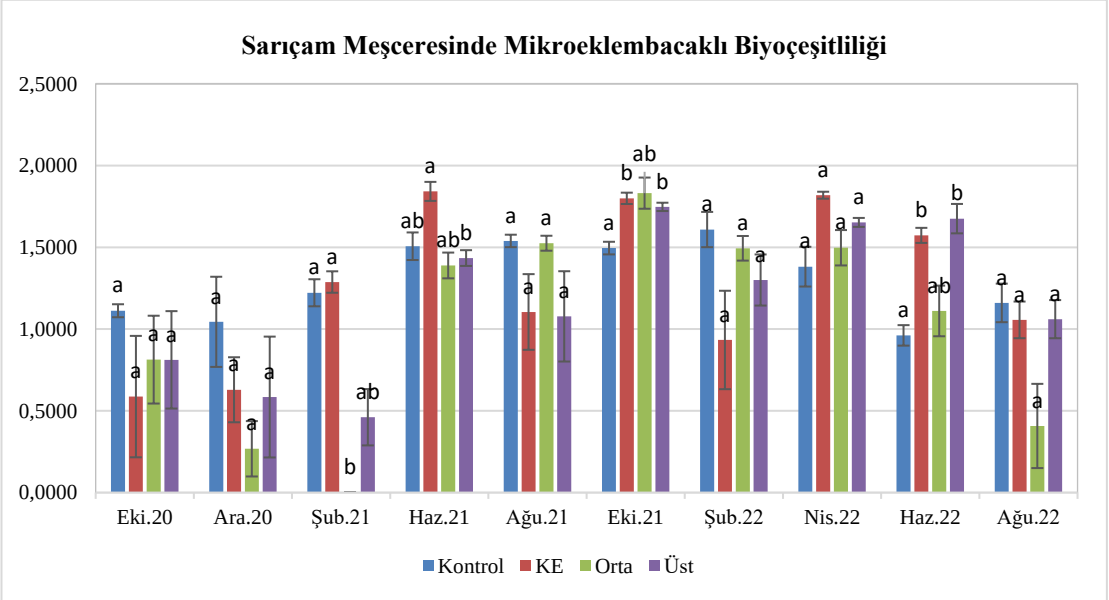
4.3.6 Sarıçam Meşceresinde Tespit Edilen Bireylerin Miktar ve Çeşitlilikleri

Sarıçam meşceresinde alanlara göre toplam birey sayılarındaki zamansal değişimi Şekil 4.21'de gösterilmektedir. Kontrollü yakma uygulamasından dolayı yangın alanlarında ilk aylarda birey sayıları azalmaktadır. Kontrol alanlarında ise diğer alanlara göre daha fazla birey sayısı bulunmaktadır. Birey sayıları en fazla Nisan 2022'de 180231 bry.m^{-2} ile en üst seviyelerde olduğu görülmektedir. Yağışın olduğu ilkbahar aylarında nemli sezon olmasından dolayı birey sayısında artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21 Sarıçam meşceresinde alanlara göre toplam birey sayısı

Sarıçam meşceresinde alanlara göre biyoçeşitliliğin zamansal değişimi Şekil 4.22'de gösterilmektedir. Biyoçeşitlilik yaz aylarında düşmekte ve yağışın olduğu aylarda yani nemli sezonlarda artmaktadır. Ekim 2021'de ve Nisan 2022'de biyoçeşitliliğin en üst seviyede olduğu görülmektedir.



Şekil 4.22 Sarıçam meşceresinde alanlara göre biyoçeşitlilik

4.3.7 Karaçam ve Sarıçam Meşcerelerindeki Toprak Mikroeklembacaklıların Kontrollü Yakma Uygulaması ile İlişkileri

Karaçam meşcere çalışma alanında geliştirilen doğrusal karma modellerde varyans bileşenlerinin karşılaştırılması Tablo 4.27'de gösterilmiştir. Karaçam meşceresinde verilerin oldukça değişken olması normallik hipotezinin reddedilmesine neden olmustur. Karma modelleme yaklaşımı, deneysel birimlerle ilişkili rastgele etkilerin modellenmesini sağlamatır. Kontrollü yakma uygulamasının mikroeklembacaklı yoğunluğu üzerinde mevsimsel etkinin olduğu bu çalışma ile doğrulanmıştır. Yangının ana etkisi yangın ile yangın ve ay etkileşimini açıklayan doğrusal karma modeller (LMM) benzerlerine göre daha başarı olduğu anlaşılmaktadır (Çakır vd., 2023).

Mikroeklembacaklıların yoğunluğundaki aylık değişimle birlikte yangının etkisi dikkate alındığında Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata, Entomobryidae, Isotomidae, Sminthuridae, Neanuridae, Diplopoda, Protura, Diplura bireylerin Akaike'nin Bilgi Kriterleri (AIC) değerleri düşmekte ve Log-Olasılık (LL) değerleri artmaktadır. Bu durum yangının bu canlılar üzerinde mevsimsel etkisinin olduğunu, diğer canlılar üzerinde ise etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.27 Karaçam meşcere çalışma alanında geliştirilen doğrusal karma modellerde varyans bileşenlerinin karşılaştırılması

Takson	Yangın		İlk müdahale metodu Yangın+Ay Etkileşimi		İkinci müdahale metodu Yangın ve Yangın+Ay Etkileşimi	
	AIC	LL	AIC	LL	AIC	LL
Oribatida	826,81	-410,40	817,727	-403,86	813,281	-398,64
Prostigmata	922,88	-458,44	861,51	-425,76	874,29	-429,14
Mesostigmata	801,46	-397,73	770,28	-380,14	769,82	-376,91
Entomobryidae	772,68	-383,34	766,33	-378,16	757,78	-370,89
Tomoceridae	NS _	NS _	_ NS	NS _	NS _	NS _
Isotomidae	824,50	-409,25	843,48	-416,74	807,47	-395,73
Sminthuridae	626,58	-310,29	620,51	-305,25	553,02	-268,51
Neanuridae	324,87	-159,43	326,62	-158,31	308,44	-146,22
Onychiuridae	653,32	-323,66	657,80	-323,90	654,49	-319,24
Hypogastruridae	682,12	-338,06	658,56	-337,78	684,52	-334,26
Diplopoda	487,35	-240,67	490,06	-240,03	483,50	-233,75
Chilopoda	NS _	NS _	NS _	_ NS	NS _	NS _
Protura	673,47	-333,73	667,38	-328,69	638,31	-311,15
Arachnida	405,26	-199,63	410,04	-200,02	410,24	-197,12
Diplura	462,39	-288,19	458,98	-224,49	443,99	-213,99
Pseudoscorpionida	_ NS	NS _	NS _	NS _	_ NS	NS _
Sympyla	394,40	-194,20	397,71	-193,85	396,62	-190,31
Hymenoptera	516,30	-255,15	513,06	-251,53	524,38	-254,19
Other	634,09	-314,04	646,97	-318,48	642,34	-313,17

Not: Düşük AIC ve yüksek LL değerleri, her bir faunanın varyans bileşenlerinin karşılaştırılmasında başarılı bir model olduğunu göstermektedir. NS: İstatistiksel olarak anlamsız model olduğunu göstermektedir.

Sarıçam meşcere çalışma alanında geliştirilen doğrusal karma modellerde varyans bileşenlerinin karşılaştırılması Tablo 4.27'de gösterilmiştir. Sarıçam meşceresinde verilerin oldukça değişken olması normallik hipotezinin reddedilmesine neden olmuştur. Karma modelleme yaklaşımı, deneysel birimlerle ilişkili rastgele etkilerin modellenmesini sağlamaktır. Kontrollü yakma uygulamasının mikroeklembacaklı yoğunluğu üzerinde mevsimsel etkisinin olduğu bu çalışma ile doğrulanmıştır. Yangının ana etkisi yangın ile yangın ve ay etkileşimini açıklayan doğrusal karma modeller (LMM) benzerlerine göre daha başarı olduğu anlaşılmaktadır (Çakır vd., 2023).

Mikroeklembacaklıların yoğunluğundaki aylık değişimle birlikte yangının etkisi dikkate alındığında, Oribatida, Prostigmata, Mesostigmata, Entomobryidae, Isotomidae, Onychiuridae, Hypogastruridae bireylerin Akaike'nin Bilgi Kriterleri (AIC) değerleri düşmekte ve Log-Olasılık (LL) değerleri artmaktadır. Bu durum

yangının canlılar üzerinde mevsimsel etkisinin olduğunu, diğer canlılar üzerinde ise etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.28 Sarıçam meşcere çalışma alanında geliştirilen doğrusal karma modellerde varyans bileşenlerinin karşılaştırılması

Takson	**Yangın**		**İlk müdahale metodu Yangın+Ay Etkileşimi**		**İkinci müdahale metodu Yangın ve Yangın+Ay Etkileşimi**	
	AIC	**LL**	**AIC**	**LL**	**AIC**	**LL**
Oribatida	832,74	-413,37	836,07	-413,03	806,15	-395,07
Prostigmata	855,70	-424,85	814,96	-402,48	824,58	-404,29
Mezostigmata	793,21	-393,60	749,66	-369,83	779,06	-381,53
Entomobryidae	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Tomoceridae	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Isotomidae	823,77	-408,88	789,54	-389,77	802,05	-393,02
Sminthuridae	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Neanuridae	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Onychiuridae	745,79	-369,89	709,56	-349,78	722,10	-353,05
Hypogastruridae	837,83	-415,91	817,96	-403,98	828,42	-406,21
Diplopoda	405,26	-199,63	NS _	NS _	_ NS	NS _
Chilopoda	429,04	-211,52	435,83	-212,91	437,10	-210,55
Protura	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Arachnida	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Diplura	373,02	-183,51	248,38	-119,19	383,02	-183,51
Pseudoscorpionida	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Sympyla	406,14	-200,07	410,04	-200,02	410,44	-197,22
Hymenoptera	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _	NS _
Other	648,07	-321,03	652,37	-321,18	658,00	-321,00

Not: Düşük AIC ve yüksek LL değerleri, her bir faunanın varyans bileşenlerinin karşılaştırılmasında başarılı bir model olduğunu göstermektedir. NS: İstatistiksel olarak anlamsız model olduğunu göstermektedir.

Karaçam meşcere çalışma alanında parametre varyansı değişkenliğin bir göstergesidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde Tablo 4.28'de yangının mevsimsel etkisi en belirgin Prostigmata bireylerinde, en düşük ise Arachnida bireylerinde görülmüştür. $R^2 > 0,60$ olan örneklerde istatistik olarak açıklayıcılığı yüksek bir model elde edilmiştir. Yangının temel etkisi ve yangının mevsimsel etkisi birlikte değerlendirildiğinde istatistik olarak açıklayıcılığı yüksek güçlü modeller elde edilmiştir.

Tablo 4.29 Karaçam meşceresinde en başarılı parametre modellerinin sonuçları

Takson	**Yangın**	**σ_b^2**	**σ_ε^2**	**R^2**	**Sk_r**
Oribatida	10,76 (1,65)	26,02	28,91	0,636	5,37
Prostigmata	15,04 (1,58)	89,17	38,99	0,636	6,24
Mezostigmata	7,20 (1,26)	27,59	17,65	0,727	4,20
Entomobryidae	5,19 (1,19)	17,06	18,02	0,636	4,24
Tomoceridae	0,99 (0,46)	6,92	2,85	0,809	1,68
Isotomidae	6,91 (2,40)	26,73	26,21	0,709	5,11
Sminthuridae	0,69 (0,51)	8,39	2,25	0,851	1,50
Neanuridae	0,11 (0,11)	0,42	0,42	0,619	0,64
Onychiuridae	0,91 (0,45)	3,85	9,18	0,425	3,03
Hypogastruridae	1,90 (0,70)	4,45	11,83	0,431	3,43
Diplopoda	0,26 (0,21)	1,33	2,06	0,492	1,43
Chilopoda	0,34 (0,18)	0,53	2,38	0,281	1,54
Protura	1,64 (0,76)	9,74	5,70	0,744	2,38
Arachnida	0,23 (0,16)	0,36	1,25	0,349	1,11
Diplura	0,36 (0,21)	1,37	1,28	0,635	1,13
Pseudoscorpionida	NS	_	_	_	_
Sympyla	0,19 (0,13)	0,36	1,08	0,393	1,03
Hymenoptera	0,56 (0,21)	0,58	3,55	0,224	1,88
Other	1,84 (0,74)	1,41	9,24	0,314	3,04

Not: σb^2, rastegele parametrelerin varyansı; $\sigma\varepsilon^2$, kalan değer varyansı; R^2, belirleme katsayısı; Sk_r, çarpıklık değeri; NS, istatistiksel olarak anlamsız model

Sarıçam meşcere çalışma alanında parametre varyansı değişkenliğin bir göstergesidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde Tablo 4.29'da yangının mevsimsel etkisi en belirgin Prostigmata bireylerinde, en düşük ise Diplura bireylerinde görülmüştür. $R^2 > 0,60$ olan örneklerde istatistik olarak açıklayıcılığı yüksek bir model elde edilmiştir. Yangının temel etkisi ve yangının mevsimsel etkisi birlikte değerlendirildiğinde istatistik olarak açıklayıcılığı yüksek güçlü modeller elde edilmiştir.

Tablo 4.30 Sarıçam meşceresinde en başarılı parametre modellerinin sonuçları

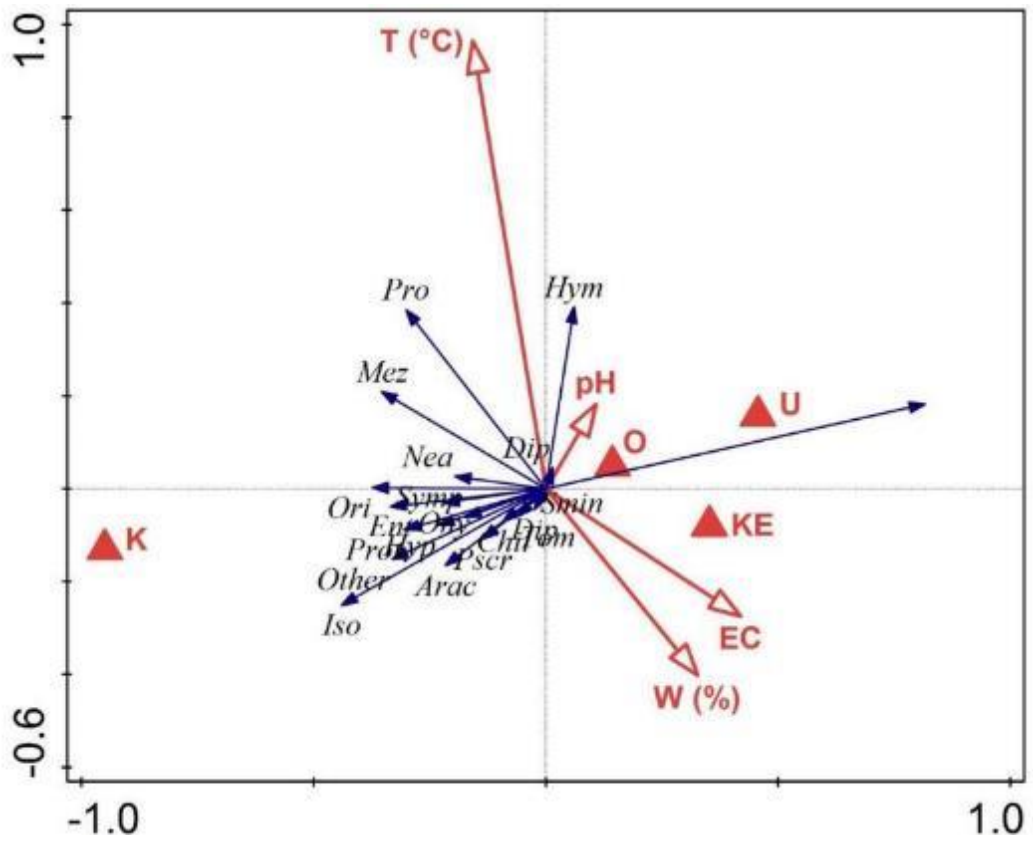
Takson	Yangın	σ_b^2	σ_ε^2	R^2	Sk_r
Oribatida	12,59 (2,53)	32,95	24,08	0,76	4,90
Prostigmata	10,85 (1,50)	43,40	28,13	0,72	5,30
Mezostigmata	5,93 (0,82)	21,58	22,37	0,59	4,72
Entomobryidae	8,28 (0,94)	26,44	26,42	0,63	5,14
Tomoceridae	NS	_	_	_	_
Isotomidae	7,91 (1,34)	29,55	24,87	0,67	4,98
Sminthuridae	NS	_	_	_	_
Neanuridae	NS	_	_	_	_
Onychiuridae	2,85 (0,70)	15,68	12,80	0,66	3,57
Hypogastruridae	5,71 (1,20)	26,50	34,75	0,57	5,89
Diplopoda	0,23 (0,16)	0,12	1,58	0,04	1,25
Chilopoda	0,29 (0,22)	0,27	1,67	0,27	1,29
Protura	1,02 (0,34)	3,12	5,67	0,47	2,38
Arachnida	NS	_	_	_	_
Diplura	0,17 (0,11)	0,02	1,22	0,01	1,10
Pseudoscorpionida	NS	_	_	_	_
Sympyla	0,23 (0,14)	0,26	1,25	0,35	1,11
Hymenoptera	0,77 (0,35)	2,76	4,80	1,24	2,19
Other	0,02 (0,40)	0,28	11,97	0,07	3,46

Not: σb^2, rastegele parametrelerin varyansı; $\sigma\varepsilon^2$, kalan değer varyansı; R^2, belirleme katsayısı; Sk_r, çarpıklık değeri; NS, istatistiksel olarak anlamsız model

4.3.8 Karaçam Meşceresinde Bolluk (Redundancy) Analizi

Karaçam meşceresinde kontrollü yakma uygulaması sonrası mikroeklembacaklı gruplarının dağılımı ve çevresel değişkenlere göstermiş oldukları tepkiler ordinasyon tekniği ile gösterilmiştir (Şekil 4.23). Çevresel değişkenler içi boş bir kırmızı okla gösterilirken, mikroeklembacaklılar mavi oklar ile gösterilmiştir. Şekil 4.23'de T (ºC) toprak sıcaklığı, EC toprak elektriksel iletkenliğini, W (%) toprak nemini, pH toprak asiditesini göstermektedir. Bolluk analizine göre birincil eksen toplam değişkenlerin %58,91'ini açıklarken ikincil eksen %23,47'sini açıklamaktadır. Toplam iki eksen %82,38'ini açıklamaktadır. Mikroeklembacaklı yoğunluğu en fazla kontrol (K) alanında olduğu görülmüştür (p=0,001). Karaçam meşceresinde Protura ve Mezostigmata grupları toprak sıcaklığı (T) ile pozitif ilişki içerisindeyken, Hymenoptera grubu hem toprak sıcaklığı hemde toprak pH'sı ile pozitif ilişki içerisindedir. Toprak sıcaklığının canlılar üzerindeki etkisi önemli (p=0,001) bulunmuştur. Elektriksel iletkenlik ise en fazla Sminthirudae, Tomoceridae familyaları ile ilişkilidir ve mikroeklembacaklıların dağılımındaki etkisi önemlidir (p=0,016). Ec gibi toprak nemide mikroeklembacaklı gruplarının dağılımında etkili (p=0,018)

bulunmuştur. pH ise mikroeklembacaklıların dağılımında bir önemi olmadığı (p=0,841) görülmüştür.

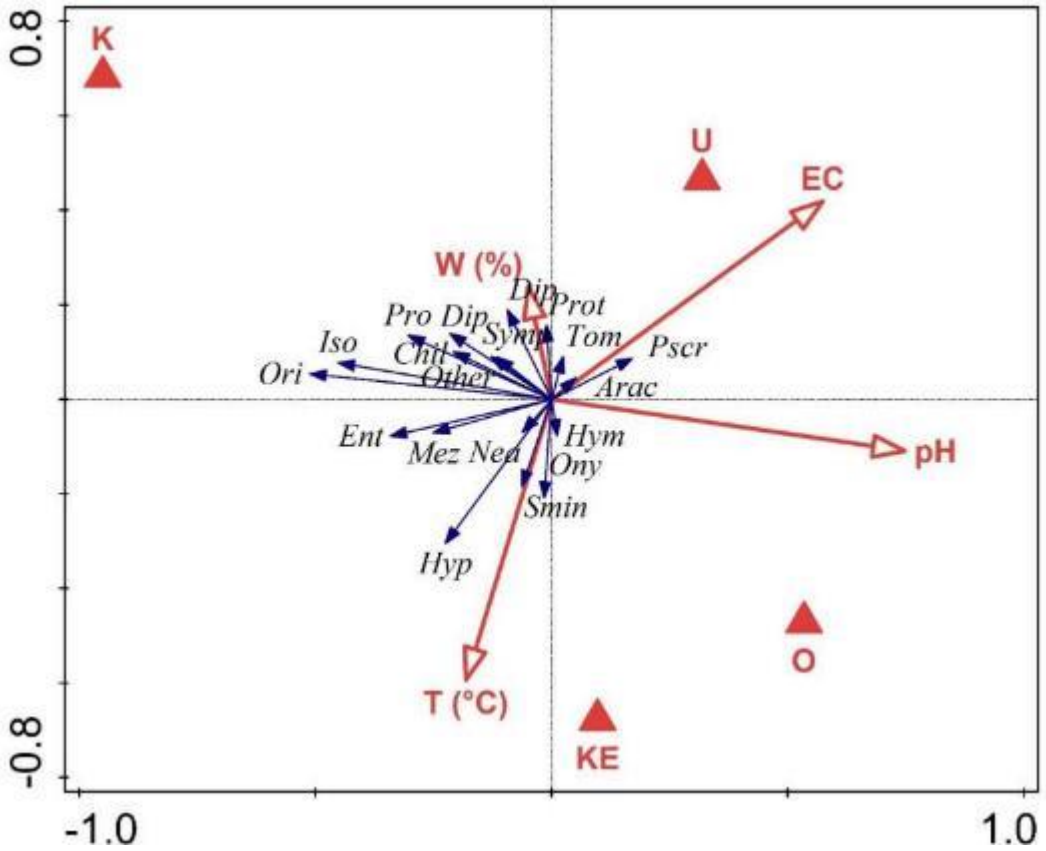


Şekil 4.23 Karaçam meşceresindeki mikroeklembacaklıların bolluk analizi ile örnek alanlara göre dağılımı ve bazı değişkenlerle olan ilişkileri

4.3.9 Sarıçam Meşceresinde Bolluk (Redundancy) Analizi

Sarıçam meşceresinde kontrollü yakma uygulaması sonrası mikroeklembacaklı gruplarının dağılımı ve çevresel değişkenlere göstermiş oldukları tepkiler ordinasyon tekniği ile gösterilmiştir (Şekil 4.24). Çevresel değişkenler içi boş bir kırmızı okla gösterilirken, mikroeklembacaklılar mavi oklar ile gösterilmiştir. Şekil 4.24'de T (ºC) toprak sıcaklığı, EC toprak elektriksel iletkenliğini, W (%) toprak nemini, pH toprak asiditesini göstermektedir. Bolluk analizine göre birincil eksen toplam değişkenlerin %60,94'ünü açıklarken ikincil eksen %15,42'sini açıklamaktadır. Toplam iki eksen %76,36'sını açıklamaktadır. Mikroeklembacaklı yoğunluğu en fazla kontrol (K) alanında olduğu görülmüştür (p=0,001). Sarıçam meşceresinde Tomoceridae, Pseudoscorpion ve Arachnida toprak elektriksel iletkenliği (EC) ile pozitif ilişki içerisindedir. Toprak elektriksel iletkenliğinin canlılar üzerindeki etkisi önemli

(p=0,001) bulunmuştur. Toprak pH'sı en fazla orta ve üst yanan alanlarda bulunmuştur. pH ile canlıların dağılımı arasında negatif ilişki bulunmuştur. Toprak pH'sının canlıların dağılımında önemli etkisi olduğu (p=0,001) görülmüştür.



Şekil 4.24 Karaçam meşceresindeki mikroeklembacaklıların bolluk analizi ile örnek alanlara göre dağılımı ve bazı değişkenlerle olan ilişkileri

5. TARTIŞMA

Yapılan çalışma kapsamında, Anadolu karaçamı ve sarıçam meşcerelerinde kontrollü yakma uygulamalarının toprak özellikleri ve mikroeklembacaklılar üzerine olan etkileri belirlenmiştir. Kontrollü yakmanın ardından iki yıllık süre ile yapılan ölçüm ve gözlemlere dayalı sonuçlardan elde edilen bulgular mevcut çalışmalar ile değerlendirilmiştir.

5.1 Kontrollü Yakma Uygulamaları ve Yangın Şiddeti İlişkisi

Orman yangınlarının ekosistemde meydana getirdiği değişimin tanımlanması yangının nasıl başladığı ve söndürülmesine kadar geçen zamandaki aşamalarının bilinmesiyle mümkündür. Yangın tipine ve yangın şiddetine göre alan heterojenik bir yapı da olabilmekte ve arazide farklı derecelerde yanmış veya yanmamış alanlar kalabilmektedir (Güney vd. 2023). Bu alanlardaki yangın davranışını anlayabilmek için rüzgâr hızı, bağıl nem, sıcaklık gibi etkenlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu anlamda kontrollü yakma uygulanan karaçam meşceresinde rüzgâr hızı 3,4 km/sa, sarıçam meşceresinde ise rüzgâr hızı 7,5 km/sa olarak ölçülmüştür. Rüzgâr hızı, özellikle orman yangın davranışı açısından son derece önemli bir parametredir (Bilgili vd. 2002; Küçük ve Sağlam 2004). Rüzgâr hızı, yangın yayılma oranını doğrudan etkilemektedir (Dinç Durmaz 2014; Küçük vd. 2007). Küçük vd. (2007)'nin karaçam meşceresi ölü örtüsünde yaptığı çalışmada yangının yayılma oranını en fazla etkileyen faktörün rüzgâr olduğunu, yayılma oranındaki değişkenliği rüzgâra bağlı olarak %73 oranında açıklandığı ifade etmektedir. Küçük (2004) karaçam plantasyon sahalarında genellikle rüzgâr hızının 10 km/sa üzerine çıktığı durumlarda yangının yayılma oranında ve şiddetinde gözle görülür bir artış olduğunu belirtmiştir. Kontrollü yakma uygulaması yapılan her iki çalışma alanında rüzgâr hızının, yapılmış çalışmalara oranla düşük olduğu ve yangın açısından risk taşımadığı anlaşılmaktadır. Kontrollü yakma uygulaması yapılan karaçam ve sarıçam meşcerelerinde ekim ayında bağıl nem %36, sıcaklık ise sırasıyla alanlarda 9,3°C ve 9,7°C'dir. Orman yangınları ile hava sıcaklığı ve bağıl nem arasında kuvvetli bir ilişki olduğu bilinmektedir (Bilgili vd., 2019; Coşkuner, 2021). Genellikle %30'luk nem oranı yangının başlayıp gelişebilmesi

için üst sınır olarak kabul edilmektedir (Bilgili vd. 2002; Küçük ve Sağlam, 2004). Sıcaklığın çok yüksek, bağıl nemin ise %10'un altına düştüğü durumlarda ise potansiyel yangın tehlikesinin çok yüksek olduğu bilinmektedir (Bilgili vd., 2021). Her iki çalışma alanında bağıl nemin yüksek, sıcaklığın düşük olması yangın açısından risk faktörü oluşturmadığı anlaşılmaktadır. Bu değerler altında kontrollü yakma uygulaması örtü yangını olarak uygulanmıştır. Elde edilen yangın şiddetine göre karaçam meşceresinde orta ve yüksek şiddetli (621 kW/m) örtü yangını, sarıçam meşceresinde ise yangın şiddetine göre yavaş ilerleyen düşük şiddetli (156kW/m) örtü yangını olarak sınıflandırılmıştır. Bu davranışları tanımlayabilmek için Kanada'nın batısında bulunan British Columbia eyaleti Orman Bakanlığı, bir dizi göstergeye dayalı 1'den 6'ya kadar bir sıralama ölçeği (Tablo 5.1) kullanmaktadır (URL 1, 2023).

Tablo 5.1 British Columbia eyaleti Orman Bakanlığı Yangın Şiddeti Sınıflandırması

1	Bu yangınlar toprak yangınlarıdır.
2	Düşük şiddette örtü yangınlarıdır.
3	Orta şiddette örtü yangınlarıdır.
4	Yüksek şiddette örtü yangını veya pasif tepe yangınlarıdır.
5	Son derece şiddetli örtü yangını veya aktif tepe yangınlarıdır.
6	Aşırı veya agresif aktif tepe yangınlarıdır.

Bu ölçeğe göre karaçam meşceresinde yangın orta derecede hızlı ve düzenli ilerlemektedir ayrıca yayılma oranı yüksektir. Bazı ağaçların tepelerini yakan kısa dikey alev parlamaları görülmekte, yayılma oranı yüksek (3. sınıf) olabileceği öngörülmektedir. Sarıçam meşceresinde ise düzensiz ve sürekli olmayan yangın çoğunlukla sürünerek yavaş ilerlemiştir (2. sınıf). Yangın şiddeti, yangının ekolojik etkileri üzerinde önemli bir parametredir (Bilgili, 2014; Keeley, 2009; Küçük, 2004; Ruecker vd., 2021). Catalanotti ve Rutigliano, (2009) yaptıkları çalışmada kontrollü yakma için optimum aralık 50-250 kW/m yangın şiddeti ve 1,2-1,5 m alev uzunluğu olduğunu belirtmiştir. Kontrollü yakma uygulaması doğal olarak gerçekleşebilecek yangının yangın şiddetini düşürmekte ve örtü yangınlarının tepe yangınlarına dönüşmesinin önemli ölçüde önüne geçmektedir (González vd., 2007; Ivars, 2018). Özellikle orman toprağı üzerindeki ölü yanıcı madde miktarının fazla olduğu meşcerelerde bu uygulama ile yanıcı madde miktarının (Usta vd., 2022), yanıcı madde birikiminin ve sürekliliğinin azalması mümkün olmaktadır (Avcı ve Kormaz, 2021).

Düşük şiddetli kontrollü yakmalar ile orman zeminindeki yanıcı maddedeki azalma mineral toprağı açığa çıkarmaktadır (Lucas-Borja vd., 2016; Weber ve Taylor, 1992). Kontrollü yakma uygulamasını takiben azalan yanıcı madde miktarı sıcaklığın arttığı yaz mevsiminde orman yangınının şiddetini ortalama %96'lık (%59-100 arasında değişen) oranda düşeceğini belirtmiştir. Bu rakam, Avrupa'da çam meşcereleri için yapılan deneysel verilere benzerlik göstermektedir (Fernandes vd., 2000; Vega vd., 1994). McCaw (2013), kontrollü yakma yangın önleme güçlüklerini azaltabileceğini ve yanmadan sonra en az 5 yıl boyunca tepe yangınlarının görülme olasılığını azaltabileceğini bildirmiştir. Karaçam ve Sarıçam meşcerelerinde silvikültürel müdahaleler kapsamında yapılan kesimler kontrollü yakma uygulamalarından hemen önce tamamlanmıştır bu durum yangın şiddetini ve yayılma oranını düşürmektedir (Bilgili ve Sağlam, 2003; Kunkel, 2001; Küçük ve Sevinç, 2023; Küçük vd., 2008b; Nelson, 2001). Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde uygun şartlarda düşük şiddetli kontrollü yakmanın yapılabildiği, tekniğine uygun yapıldığında yangın şiddetinin en üst değerinde bile ağaç ölümlerinin olmadığı görülmektedir. Birçok *Pinus* türü, düşük şiddetli yangınlara zarar görmeden dayanma yeteneğine sahiptir (de Ronde vd., 1990). Fernandes ve Botelho (2004), kontrollü yakma, orman yangınının potansiyel yoğunluğunu ortalama %96 oranında azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca kontrollü yakma ağaçlar veya orman tabanı üzerinde %10 oranında olumsuz bir etkiye sahipken, %89'u hem ekolojik bütünlüğün korunması hem de orman yangınlarından korunma ihtiyaçlarına uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

5.2 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi

Kontrollü yakma uygulamalarının toprak özellikleri (Saturasyon, pH, EC, organik madde, C/N, N, P, K, Ca, Mg, K, Na,) üzerine olan etkisi, yangın öncesi ve yangın sonrasında alanlardan mevsim geçişleri dikkate alınarak toprak örnekleri ile ortaya konulmuştur. Örtü yangını olarak yapılan bu uygulamada alanlar şiddetli, orta şiddetli, az şiddetli olarak sınıflandırılmış ve örnekleme bu şekilde yapılmıştır.

Çalışma alanlarının toprak tekstürü satürasyon değerleri kullanılarak bulunmuş, toprağın suyla doygunluk yüzdeleri ve bünye sınıfları %51-70 (killi balçık toprak), (%71-110) killi toprak >%110 (ağır killi toprak) dikkate alarak belirlenmiştir (Ülgen

ve Yurtsever 1995). Karaçam meşceresinde 0-5 cm derinlik kademesinde alanlar genellikle ağır killi toprak (%23,9), 5-15 cm derinlik kademesinde ise alanlar genellikle killi toprak (%22,1) olarak bulunmuştur. Alanların genel durumuna bakıldığında her iki derinlik kademesinde de (0-5 cm, 5-15 cm) kontrol alanına göre diğer alanların saturasyon değerleri düşük çıkmıştır. Sarıçam meşceresinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde alanlar genellikle ağır killi ve killi (%26,0) toprak olarak bulunmuştur. 5-15 cm derinlik kademesinde ise alanlar genellikle killi ve killi balçık (%24,3) toprak olarak bulunmuştur. Genel olarak değerlendirme yapıldığında kontrol alanına göre diğer alanların (0-5 cm, 5-15 cm) saturasyon değeri düşük çıkmıştır. Ağır bünyeli topraklardan hafif bünyeli topraklara geçişi gözlemlenmiştir. Alanlarda saturasyon değerinin düşmesi kontrollü yakma uygulamasının toprakta iyileşme yaptığını doğrular niteliktedir. Düşük şiddetli yangınlarda organik madde hızlı bir şekilde ayrışarak toprağa karışmış toprağın su tutma ve havalanma kapasitesi olumlu etkilemiştir (Melillo vd., 2002). Tiryaki Güngör vd., (2023) yaptıkları kontrollü yakma uygulamasında çalışmada kil miktarının kontrol alanına nazaran yangın alanlarında azaldığı, kil miktarı en düşük şiddetli yangın alanında (%11,4), en yüksek ise kontrol alanında (%23,7) bulunduğu, yangın şiddeti ile birlikte bu azalış belirgin şekilde ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Orman yangınlarında 400°C üstündeki sıcaklıkta tekstürde bozulmaların olabileceği, düşük sıcaklıklı yangınlarda ise toprak tekstüründe önemli değişikliklerin olmadığı ifade edilmektedir (Alcañiz vd., 2016; Alcañiz vd., 2018; Eldiabani vd., 2014; Heydari vd., 2017; Inbar vd., 2014; Moya vd., 2019; Neary vd. 2005; Neary vd., 2008; Scharenbroch vd., 2012).

Toprağın pH içeriklerine göre 4,5-5,5 (orta asitli toprak), 5,5-6,5 (hafif asitli toprak), 6,5-7,5 (nötr toprak) olarak sınıflandırılmaktadır (Richards, 1954; Ülgen ve Yurtsever, 1995). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde pH değerleri sırasıyla 5,8 ve 6,5 olarak bulunmuş, toprak Hafif asitli sınıfında yer almıştır. Toprak işleme ve yakma alanlarında pH değerleri kontrol alanına göre artmakta ve toprak pH'sı nötr topraklar sınıfında yer almaktadır. Karaçam meşceresinde 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre pH değeri yangının en şiddetli olduğu alanda 0,8 artmıştır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde pH değerleri sırasıyla 6,0 ve 6,5 olarak bulunmuştur. Hafif asitli toprak sınıfında yer almaktadır. Her iki derinlik kademesinde

kontrol alanına göre az şiddetli yakma alanı pH değeri bakımından azalmakta ve orta asitli toprak özelliği gösterirken toprak işleme ve diğer yakma alanlarında pH değerleri kontrol alanına göre artmakta ve toprak pH'sı nötr sınıfında yer almaktadır. Sarıçam meşceresinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde toprak işleme alanında pH değerinde 0,75 ve yangının en şiddetli olduğu alanda pH değeri 0,60 değer artmıştır. Aynı derinlik kademesinde sarıçam meşceresinde ise toprak işleme ve şiddetli yangın alanlarında pH değerinde artış olurken az ve orta şiddetli yangın gözlemlenen alanlarda bir azalış söz konusudur. Ancak bu azalış istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır. Araştırmacılar toprak pH değerinin yangından sonra arttığını belirtmişlerdir (Altun vd., 2004; Arocena ve Opio, 2003; Granged vd., 2011a; Kaptanoğlu vd., 2018; Kaptanoğlu ve Namlı, 2019; Kennard ve Gholz, 2001; Kula, 2018; Küçük, 2006; Muqaddas vd., 2015; Neill vd., 2007; Scharenbroch vd., 2012; Switzer vd., 2012; Tüfekçioğlu vd., 2010; Úbeda vd., 2005). Bu artışın nedenini ise toprak yüzeyinin bitki besin maddesi bakımından zengin kül tabakası ile kaplanması ve külün kimyasal bileşiminin karbonatlar, oksitler ve baz katyonlardan oluşması olarak ifade etmişlerdir (Pereira vd., 2011). Xue vd., (2014) çalışmasında verdiği değerlerde yangın öncesi pH değerinin 4,6 olduğu yangından hemen sonra 5,6'ya çıktığını ancak yangından sonra dördüncü ve yedinci yılda bulunan değerin 4,4-4,6 arasında olduğunu rapor etmiştir. Bazı araştırmacılar ise yangınla beraber pH değerinde önemli bir değişimin olmadığını belirtmişlerdir (Afif ve Oliveira, 2006; Alcañiz vd., 2016; Brye, 2006; Lavoie vd., 2010; Meira-Castro vd., 2014; Neill vd, 2007; Switzer vd., 2012; Valkó vd., 2016). Bu durumun sebebini ise yanıcı madde türüne ve yangın şiddetinin göstermiş olduğu farklılığa, organik maddenin besin maddesi içeriğine, biriken kül miktarına bağlamışlardır.

EC değerlerine göre toprak tuzluluk sınıflandırmasında <0,98 dS/cm "tuzsuz toprak" olarak belirtilmiştir (Richards, 1954). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla EC değerleri 0,22 dS/cm ve 0,28 dS/cm olarak bulunmuş, toprak tuzsuz topraklar sınıfında yer almıştır. Toprak işleme ve yakma alanlarında EC değerleri kontrol alanına göre değişmemekte ve yine tuzsuz topraklar sınıfında yer almaktadır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla EC değerleri 0,19 dS/cm ve 0,24 dS/cm olarak bulunmuş, toprak tuzsuz topraklar sınıfında yer almıştır. Her iki derinlik

kademesinde toprak işleme ve yakma alanlarında EC değerleri artma ve azalma göstermekte ancak bu değişim sınıflandırmada fark oluşturmamaktadır. Karaçam meşcerelerinde EC değeri 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre tüm alanlarda artmaktadır. 0-15 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre orta şiddetli ve şiddetli yangın alanlarında eşit, diğer alanlarda azalmaktadır. Ancak bu azalma yangın sahalarında istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır. Sarıçam meşcerelerinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre az şiddetli yangın alanında bir azalma söz konusu olup bu azalma istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır. Diğer alanlarda ise EC değerinde artış olmaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre sadece toprak işleme alanında bir artış gözlemlenirken yangın sahalarında azalma olmuştur. Bu durumu yangın alanlarındaki yangın şiddetinin diğer alanlardan yüksek olmasıyla açıklanabilmektedir. Çalışmalarda özellikle düşük şiddetli yangınlarda EC değerinde önemli bir değişimin olmadığı ifade edilmektedir (Akburak vd., 2018; Fernández-García vd., 2019; Heydari vd., 2017). Orman yangınlarında organik maddenin yanmasıyla ortaya çıkan katyonların ve külün toprağa karışması ile (Certini, 2005) topraktaki EC değeri artmaktadır (Alcañiz vd., 2016; Francos vd., 2019; Kaptanoğlu vd., 2018; Kaptanoğlu ve Namlı, 2019; Scharenbroch vd., 2012). Aref vd., (2011) üç farklı ormanlık alanda yaptığı çalışmada yangından bir yıl sonra yaptığı EC ölçümlerinde üç alan için de EC'nin istatistiksel olarak önemli derecede azaldığını paylaşmıştır. Yangın şiddetinin artması bu değişim daha belirgin hale getirmekte ve EC değeri yangınla beraber azalmaktadır (Brye, 2006). Bu duruma yanan materyal çeşidi yanma sıcaklığı ve yanan alanın tür farklılığı sebep olarak gösterilmektedir.

Toprak organik madde bakımından değerlendirildiğinde <% 5,15 toprak yüksek miktarda organik madde içermektedir (Charman ve Roper, 2000; Emerson, 1991). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla organik madde %7,73 ve %5,58 olarak bulunmuş, toprak yüksek miktarda organik madde içerdiği belirlenmiştir. Toprak işleme ve yakma alanlarındaki organik madde miktarı kontrol alanına göre azalmaktadır. Sarıçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla organik madde %6,93 ve %4,73 olarak bulunmuş, toprak yüksek miktarda organik madde içerdiği belirlenmiştir. Toprak işleme ve yakma alanlarındaki organik madde miktarı kontrol

alanına göre azalmaktadır. Her iki meşcerede bu durum kontrollü yakma uygulamalarında ayrışmayan organik maddenin yakılarak toprağa katılmasının bir göstergesidir. Karaçam meşcerelerinde 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde kontrol alanlarına göre diğer alanlarda organik madde azalmaktadır. Sarıçam meşcerelerinde ise 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde yine kontrol alanına göre diğer alanlarda organik madde azalmaktadır. Yapılan birçok çalışmada yangınla beraber toprak organik maddesinin azaldığı (Boydak vd., 1996; Chen vd., 2010; Kaptanoğlu ve Namlı, 2019; Kula, 2018; Moya vd., 2019), değişmediği (Goberna vd., 2012; Meria-Castro vd., 2015) veya arttığı (Hu vd., 2020; Liodakis vd., 2009; Pereira vd., 2014; Santín vd., 2018) tespit edilmiştir. Aref vd., (2011) yaptığı çalışmada yangın öncesi %9,5 olan organik maddenin yangından sonra %3,71'e gerilediğini ve bu durumun istatistiksel olarak önemli olduğunu belirtmiştir. Orta şiddetli yangınlar ve örtü yangınlarının etkilerinin belirlendiği çalışmalarda ise organik madde miktarında yangın sonrası istatistiksel olarak bir fark oluşturmadığı literatürde yer almakta, yangın sonrasında toprak üzerindeki organik maddenin azalması, organik maddede bağlı bulunan N'in bu katmanda azalması anlamına gelmektedir (Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2021).

Toprak toplam azot değerlerine göre > %0,501(çok yüksek), %0,251-%0,500 (yüksek) ve %0,151-%0,250 (orta) sınıflandırılmaktadır (Bruce ve Rayment, 1982). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla toplam azot %0,63 ve %0,30 olarak bulunmuştur. Toprak çok yüksek ve yüksek miktarda toplam azot içermektedir. Toprak işleme ve yakma alanlarındaki organik madde miktarı kontrol alanına göre %6,37-%7,41 değer azalmaktadır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla toplam azot %0,45 ve %0,20 olarak bulunmuştur. Toprak yüksek ve orta miktarda toplam azot içermektedir. Toprak işleme ve yakma alanlarındaki organik madde miktarı kontrol alanına göre %13,84-%8,43 değer azalmaktadır. Tiryaki Güngör vd., (2023) toprak azot bakımından yangınla beraber önemli derecede artışın olduğunu belirtmiştir. En düşük azot içeriği kontrol alanında (%0,43), en yüksek azot içeriği ise yangının en şiddetli olduğu alanda (%0,76) belirlenmiştir. Azot içeriği bakımından alanlar arasındaki farklılık önemli düzeyde çıkmıştır. Dzwonko vd., (2015) ve Kahveci, (2016) yapmış oldukları çalışmada yangının topraktaki azotu azalttığı

sonucunu bulmuşlardır. Bu durum, yakma sırasında açığa çıkan ısı enerjisi nedeniyle toplam azotun buharlaşarak alandan uzaklaşması ve yakma işleminin yarattığı uygun ortam hem simbiyotik ve hem de simbiyotik olmayan yollardan azot bağlamasının hızlanmasıyla açıklanabilmektedir. Bazı araştırma bulgularına göre, kontrollü yangınlardan sonra mineral topraklardaki azot içeriği artmakta (Afif ve Oliveira, 2006; Alcañiz vd., 2016; Goberna vd., 2012; Hosseini vd., 2017; Kennard ve Gholz, 2001; Liu vd., 2018; Shakesby vd., 2015; Úbeda vd., 2005) veya değişmemektedir (Akburak vd., 2018; Arocena ve Opio , 2003; Brockway vd., 2002; Fernández-García vd., 2019 a,b; Grady ve Hart, 2006; Guinto vd., 2001; Gundale vd, 2005; Lavoie vd., 2010; Moya vd., 2019; Moqhaddas ve Stephens, 2007; Neill vd., 2007; Roaldson vd., 2014; Switzer vd., 2012; Trappe vd., 2009). Toplam azottaki artış, özellikle kontrollü yakmalarda düşük yoğunluklu olması azot bakımından zengin küllerin eklenmesinden ve daha yüksek miktarda azot salan organik materyalin daha yüksek oranda mineralleşmesinden kaynaklanmaktadır (Afif ve Oliveira, 2006; Alcañiz vd., 2018; Ferrer vd., 2021; Úbeda vd., 2005; Wan vd., 2021). Toplam azot içeriğinde yakmadan sonra, önce azalma sonra da yükselme biçiminde değişim pek çok araştırıcı tarafından gözlenmiştir (Heyward ve Bernette, 1934; Viro, 1974).

Karaçam meşceresinde 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre diğer alanlarda C/N oranında en fazla artış %12,2'dir. Bu durum topraktaki organik karbondan kaynaklandığı düşünülmektedir. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre diğer alanlarda en fazla azalma %16,7 olmuştur. Sarıçam meşceresinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre C/N oranında en fazla azalma %14,8'dir. Bu durum yine karaçam meşceresinde olduğu gibi toprak karbonundaki artışa bağlanabilir. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre sadece orta şiddetli yangın alanında artış (%5,3) gözlemlenirken diğer alanlarda azalma olmuş ve bu durum topraktaki organik karbondan kaynaklanmıştır Genellikle yangın sonrası karbonun azalması (Moya, 2019) azotun artması (Hosseini vd., 2017) ile birlikte C/N oranında bir azalma (Kaptanoğlu vd., 2018; Woods ve Balfour, 2010) beklenmektedir. Organik karbon içeriğindeki azalma bu duruma bağlanmakta ve yangın sonrasındaki azot mineralizasyonununda artış beklenmektedir (Çepel, 1975; Tecimen, 2011; White, 1986). Tiryaki Güngör vd., (2023) C/N oranı değerlerinin en düşük değer yüksek şiddetli yangın alanında (7,9), en yüksek değer ise kontrol alanında (14,6) tespit

etmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda ise C/N değerinin yangından sonra artış gösterdiği ifade edilmiştir (Gundale vd., 2005; Scharenboch vd., 2012). Bu durum yangından sonra organik karbonun toprakta artışı C/N oranının da artması olarak düşünülmektedir (Kahveci, 2016).

Topraklar fosfor içeriklerine göre> 80,0 (mg/kg= ppm) "çok fazla" olarak sınıflandırılmıştır (FAO, 1990). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla fosfor değeri 13564 ppm ve 13216 ppm olarak bulunmuştur. Toprakta fosfor miktarı çok fazla olarak belirlenmiştir. Toprak işleme ve yakma alanlarındaki fosfor miktarı kontrol alanına göre 0-5cm derinlik kademesinde en fazla %5,1 ve 5-15 cm derinlik kademesinde %3,3 artmıştır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla fosfor 14352 ppm ve 12774 ppm olarak bulunmuştur. Toprakta fosfor miktarı çok fazla olarak belirlenmiştir. 0-5 cm derinlik kademesinde toprak işleme ve yakma alanlarındaki fosfor değeri kontrol alanına göre %6,94 azalmaktadır. Toprak 5-15 cm derinlik kademesinde ise toprak işleme alanında fosfor değeri artmakta yakma alanlarında bu değer %11,29 azalmaktadır.

Topraklar kalsiyum içeriklerine göre> 2860 (mg/kg = ppm) "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır (Loue, 1968; Pizer, 1967). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla kalsiyum 8803 ppm ve 8551 ppm olarak bulunmuştur. Toprak yüksek miktarda kalsiyum içermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde toprak işleme ve yakma alanlarındaki kalsiyum miktarı kontrol alanına göre artmakta, 5-15 cm derinlik kademesine göre azalmaktadır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla kalsiyum 6610 ppm ve 6369 ppm olarak bulunmuştur. Toprak yüksek miktarda kalsiyum içermektedir. Her iki derinlik kademesinde toprak işleme alanında kalsiyum değeri artmakta, yakma alanlarında azalmaktadır. Karaçam meşceresinde kalsiyum miktarında 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre orta şiddetli yangın alanında %0,3 artış gözlemlenirken, diğer alanlarda %1,71 azalma söz konusu olmuştur. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanlarına göre diğer alanlardaki kalsiyum miktarı %6,54 azalmaktadır. Her iki derinlik kademesindeki bu azalma istatistik olarak bir fark oluşturmamaktadır. Sarıçam meşceresinde 0-5 cm derinlik

kademesine göre kontrol alanında kalsiyum miktarında yangın alanlarında %17,37 azalma toprak işleme alanında ise bir %17,3 artış olmuştur. Yangın alanlarından sadece az şiddetli yangın alanı istatistik olarak fark oluşturmaktadır. Bu durum yangın şiddetine bağlanmaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanlarına göre kalsiyum miktarı toprak işleme alanında %17,45 artarken diğer alanlarda %22,99 azalmıştır. Bu alanlarda sadece şiddetli yangın alanında istatistik olarak fark oluşturmaktadır.

Topraklar magnezyum içeriklerine göre> 115 (mg/kg = ppm) "yüksek" olarak sınır değerlerine göre sınıflandırılmıştır (Loue, 1968; Pizer, 1967). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla magnezyum 444 ppm ve 1668 ppm olarak bulunmuştur. Toprak yüksek miktarda magnezyum içermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde toprak işleme ve yakma alanlarındaki kalsiyum miktarı kontrol alanına göre artmakta, 5-15 cm derinlik kademesine göre azalmaktadır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla kalsiyum 312 ppm ve 225 ppm olarak bulunmuştur. Toprak yüksek miktarda magnezyum içermektedir. Her iki derinlik kademesinde toprak işleme ve yakma alanlarında magnezyum değeri artmakta, 0-5 cm derinlik kademesinde az şiddetli yakma alanında azalmaktadır. Karaçam meşceresinde 0-5 cm derinlik kademesinde magnezyum miktarında kontrol alanına göre diğer alanlarda %11,59 artmıştır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise kontrol alanına göre diğer alanlarda magnezyum miktarında %16,64 azalmıştır. Bu alanlarda az şiddetli ve orta şiddetli yangın alanları istatistik olarak fark oluşturmaktadır. Sarıçam meşcerelerinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde kontrol alanına göre magnezyum miktarı az şiddetli yangın alanında azalmış, diğer alanlarda en fazla %19,45 artmıştır. Az şiddetli yangın alanındaki bu azalma istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise magnezyum miktarı kontrol alanına göre diğer alanlarda en fazla %25,89 artmaktadır.

Topraklar potasyum içeriklerine göre> 1000 (mg/kg=ppm) "çok fazla" olarak sınıflandırılmıştır (FAO, 1990). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla potasyum 6344 ppm ve 9853 ppm olarak bulunmuştur. Toprak çok fazla miktarda potasyum içermektedir. Toprakta 0-5 cm

derinlik kademesinde toprak işleme ve yakma alanlarındaki potasyum miktarı kontrol alanına göre %6,11 değer artmakta, 5-15 cm derinlik kademesine göre %1,34 değer azalmaktadır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla potasyum 8879 ppm ve 8499 ppm olarak bulunmuştur. Toprak çok fazla miktarda potasyum içermektedir. Toprak 0-5 cm derinlik kademesinde potasyum değerleri toprak işleme ve yakma alanlarında kontrol alanına göre %4,96 değer azalmakta, 5-15 cm derinlik kademesinde toprak işleme alanında potasyum değeri %4,14 artmakta, yakma alanlarında potasyum değeri %2,38 azalmaktadır. Karaçam meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesinde potasyum miktarı kontrol alanına göre diğer alanlarda artmaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise potasyum miktarı kontrol alanına göre diğer alanlarda azalmaktadır. Bu azalama alanlar arasında istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. Sarıçam meşceresinde ise 0-5 cm derinlik kademesinde potasyum miktarı kontrol alanına göre diğer alanlarda azalmaktadır. Bu azalma alanlar arasında istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise potasyum miktarı kontrol alanına göre yangın alanlarında azalmakta, toprak işleme alanında artmaktadır. Bu azalma yangın alanları arasında istatistik olarak fark oluşturmamaktadır.

Topraklar sodyum içeriklerine göre 68-320 (mg/kg= ppm) arasında orta, 320-460 (mg/kg= ppm) arasında yüksek olarak sınıflandırılmıştır (Metson, 1961). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla sodyum 289 ppm ve 285 ppm olarak bulunmuştur. Toprak orta miktarda sodyum içermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde toprak işleme ve şiddetli yakma alanlarındaki sodyum miktarı kontrol alanına göre %3,45 değer artmakta, diğer alanlarda %2,21 değer azalmaktadır. Toprak 5-15 cm derinlik kademesine göre toprak işleme alanında sodyum değeri %1,74 değer artmakta, yakma alanlarında %2,39 değer azalmaktadır. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla sodyum 368 ppm ve 316 ppm olarak bulunmuştur. Toprak yüksek miktarda sodyum içermektedir. 0-5 cm derinlik kademesinde sodyum değeri toprak işleme ve yakma alanlarında %10,62 değer azalmakta, 5-15 cm derinlik kademesinde toprak işleme alanında sodyum değeri %5,76 artmakta, yakma alanlarında sodyum değeri %7,2 değer azalmaktadır. Karaçam meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesinde sodyum miktarı kontrol alanına göre şiddetli yangın alanı ve

toprak işleme alanında artmış az şiddetli ve orta şiddetli yangın alanında azalmıştır. Bu azalma istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise sodyum miktarı kontrol alanına göre yangın alanlarında azalmış, toprak işleme alanında artmıştır. Sodyum miktarındaki azalma yangın alanları arasında istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. Sarıçam meşcerelerinde 0-5 cm derinlik kademesi sodyum miktarı kontrol alanına göre tüm alanlarda azalmaktadır. Bu alanlardan orta şiddetli ve şiddetli yangın alanları istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. 5-15 cm derinlik kademesinde ise sodyum miktarı kontrol alanına göre toprak işleme alanında yüksek, yangın alanlarında düşük çıkmıştır. Yangın alanlarındaki sodyum değerinin düşük çıkması istatistik olarak fark oluşturmamaktadır.

Ölü örtü birikimin fazla olması ve yeterli ayrışmanın olmaması gençleştirme alanlarında tohumun toprakla buluşamamasına neden olmaktadır. Ormancılık uygulamalarında bu durum toprak işlemesini zorunlu hale getirmektedir. Çalışma kapsamında karaçam ve sarıçam meşcerelerinde elde edilen bulgular toprak işleme ve yakma uygulaması arasında çok fazla fark olmadığı her iki uygulamanın da yapılabilir olduğunu desteklemektedir. Ancak toprak işlemesinde zaman kaybı olmakta ve ekonomik açıdan yüksek maliyetler oluşturmaktadır. Kontrollü yakma uygulaması bu anlamda toprak işlemesine göre daha avantajlıdır. Yakma uygulamasından sonra kül tabakası toprağa karışmakta ve toprak besin maddesi bakımından artmaktadır. Genel olarak çalışma alanlarından elde edilen bulgular ile topraktaki fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum gibi mevcut besin maddelerinin literatürde belirtildiği gibi artması beklenmektedir. Ancak bulgular değerlendirildiğinde P, Ca, Mg, K, Na miktarlarında bazı alanlarda kontrol alanlarına göre azalmaktadır bu durum istatistik olarak fark oluşturmamaktadır. Karaçam meşceresinde genellikle P, Ca, Mg, K, Na değerleri yakma ve toprak işlemesi alanlarında literatüre uyumlu olarak artmakta, sarıçam mesceresinde ise değerler genellikle azalmaktadır. Bu durum sarıçam meşceresinde yangın şiddetinin düşük olmasına bağlı olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalarda yangınlardan sonra fosfor (P) miktarında artışın olması (Afif ve Oliveira, 2006; Altun vd., 2004; Badia ve Marti, 2003; Badia vd., 2014; Boydak vd., 1996; Ekinci, 2006; Esquilin vd., 2008; Guinto vd.,2001; Kaptanoğlu ve Namlı, 2019; Kula, 2018; Kutiel ve Shaviv, 1992; Rubenacker vd., 2012; Úbeda vd., 2005; Yıldız vd., 2010), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum

(Na) ve potasyum (K) gibi mevcut katyonların da kontrollü yangınlardan sonra artması (Arocena ve Opio, 2003; Kennard ve Gholz, 2001; Lavoie vd., 2010; Scharenbroch vd., 2012; Shakesby vd., 2015; Switzer vd., 2012) veya en azından düşük yoğunluklu yangınların ardından konsantrasyonunda değişiklik olmaması (Brockway vd., 2002; Neill vd., 2007; Sherman vd., 2005) beklenmektedir.

Topraklar kireç içeriklerine göre %2-%4 az kireçli, %4-%8 orta kireçli olarak sınıflandırılmıştır (Hızalan ve Ünal, 1966). Karaçam meşceresinde kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla kireç %3,08 %3,30 olarak bulunmaktadır. Topraklar az kireçli topraklar sınıfında yer almaktadır. 0-5 cm derinlik kademesinde toprak işleme ve orta şiddetli yakma alanlarındaki kireç miktarı kontrol alanına göre %0,52 değer artmakta, diğer alanlarda %2,13 değer azalmaktadır. Toprak 5-15 cm derinlik kademesine göre orta şiddetli yakma alanında azalmakta diğer alanlarda %6,13 değer artmaktadır. Toprak kireç sınıflandırması değişmemektedir. Sarıçam meşceresinde ise kontrol alanında 0-5 cm ve 5-15 cm derinlik kademelerinde sırasıyla kireç %3,21 ve %3,07 olarak bulunmaktadır. Alanlar az kireçli toprak sınıfında yer almaktadır. Her iki derinlik kademesinde kireç toprak işleme alanında %16,02 değer artmakta, yakma alanlarında %4,09 değer azalmaktadır. Toprak işleme alanlarında orta kireç toprak sınıflandırmasında yer almakta, yakma alanlarında ise kireç sınıflandırması değişmemektedir. Bu durum sarıçam meşceresinde yangın şiddetine bağlı olarak düşünülmektedir. Çalışmalarda kireç ($CaC0_3$) miktarı yakma uygulamaları sonrasında artmaktadır (Dikici ve Yılmaz, 2006; Etiegni ve Campell, 1991; Goforth vd., 2005; Kaptanoğlu ve Namlı, 2019; Kula, 2018; Lavee vd., 1995; Ulery vd., 1993). Goforth vd. (2005) orman yangınından sonra toprak yüzeyinde meydana gelen külde toprağa karışmak üzere yüksek miktarda kirecin birikmiş olduğunu, ibreli ağaçların yoğun olduğu kısımlardan yangın sonrası alınan küllerde daha üniform hâlde oluşan alkalin oksitlerin $CaCO3$ oluşumu için alınabilir hâlde bulunduğunu belirtmişlerdir. Kireç yüzdesi değişimi Ca miktarındaki değişimle paralellik göstermektedir ayrıca çam ve meşede yapılan çalışmada odun külünde bol miktarda Ca bulunduğu tespit edilmiştir (Etiegni ve Campell, 1991; Ulery vd., 1993).

5.3 Kontrollü Yakma Uygulamalarının Mikroeklembacaklılar Üzerine Etkisi

Toprak üstü ölü-diri örtüde kontrollü yakmalar sonucunda meydana gelen değişimler toprak ayrıştırıcılarının yaşam alanlarını ve beslenme kaynakları değiştirmektedir (Gongalsky vd., 2012; Haimi vd., 2000, Hutchings vd., 2011; Malmström vd., 2009; Moretti vd., 2004, 2006). Kontrollü yakma uygulaması düşük şiddette olmasına rağmen hareketsiz mikroorganizmalara oranla hareketli toprak omurgasızlarını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca yakmanın toprak üzerinde bulunan ölü-diri örtüyü uzaklaştırması bu canlıların miktarını da önemli ölçüde azaltmaktadır (Certini 2005; Gongalsky vd., 2012). Bu durum ise eklembacaklıların çeşitliliği etkilenmektedir (Çakır ve Makineci, 2018; Sabais vd., 2011; Salmon vd., 2008). Kontrollü yakma uygulamaları esnasında sıcaklığın >50°C ulaşması mikroeklembacaklı birey sayısını azaltırken, birçok toprak faunası için ölüm oranı %100 olmaktadır (Ahlgren, 1974; Gongalsky vd., 2012). Toprak ölü örtüsü veya mineral toprak tabakası habitat kullanım durumuna göre canlıların yangından farklı etkilenmelerine sebep olur. Örneğin, Collembola ve Acarina ölü örtüde yaşadıklarından ölü örtünün yanması bu canlıların habitatlarının yok olmasına neden olur (Binkley ve Fisher, 2020). Çalışma alanlarımızda yakma ile ölü örtünün alandan uzaklaşması yaşam alanlarındaki besin maddelerinin yok olmasına, yangından sonra toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki değişikliklerin olması bu durum sonucu olarak da mikroeklembacaklı birey sayılarında azalma olduğu düşünülmektedir. Malmström vd. (2008), mikroeklembacaklı taksonlarının iyileşmesi yaklaşık olarak bir yıldan beş yıla kadar değiştiğini bildirmektedir. Radea ve Arianoutsou (2000) tarafından *Pinus halepensis* ormanlarında yangın sonrasında yapılan bir çalışmada eklembacaklı komünitesinin düşük yangın şiddetinde daha az zarar gördüğünü ifade etmiştir. Yangın bütün alanı aynı oranda yakmayabilir, bu sahaların içinde irili ufaklı yanmamış kısımların kaldığı bilinmektedir (Halpern ve Antos, 2022; Yildiz ve Dönmez, 2021). Çalışma alanlarındaki karaçam ve sarıçam meşceresinde yapılan yakmalar sonucunda alandaki canlı sayıları azalmıştır. Toprak üstü vejetasyonun iyileşmeye başlamasıyla alana tekrar gelebildikleri gözlemlenmiştir. Çalışmamızda kontrollü yakma uygulaması karaçam (1,8ha) ve sarıçam (1,24ha) meşcerelerinin içinden seçilmiştir. Örneklemenin koridor oluştururken belirli mesafeler (3m) dikkate alınarak yapılması, yakma alanlarının içinden seçilmesi, yanmamış alanların nispeten kalması, daha

önceden alanlarda silvikültürel müdahalelerin yapılması ile doğal toprak yapısının bozulması gibi faktörlerin olması canlıların bu alanlara gelebildiği ancak canlı sayılarının az ve orantısız olmasıyla ilişkilendirilebilir. Çakır vd., (2023) çalışmalarında yakma uygulamasının orman yangınlarına kıyasla daha küçük alanlarda (20mx20m) yapıldığını, toprak mikroeklembacaklıların, yanmamış alanlardan canlıların kolayca gelebileceği ve toprak kalitesinde hızlı bir iyileşmeye yol açabileceğini ifade etmiştir. Çalışmamızda ölü örtü ve toprak beraber örneklenmiş olup ölü örtü ve toprağın 0-5 cm derinlik kademesinde yıllık toplam birey sayısı kontrol alanında 268109 bry.m^{-2}, kenar etkisi alanında 116775 bry.m^{-2}, orta alanda 179053 bry.m^{-2} ve üst alanda 181294 bry.m^{-2} olarak bulunmuştur. Murunga (2013), ölü örtü tabakasında fazla sayıda bireyin bulunması ve yangından bu tabakanın daha fazla etkilenmesi eklembacaklılarının tür çeşitliliğinin, yanmış alanda derinlikle birlikte arttığını ifade etmiştir. Aynı zamanda kontrol ve yangın alanlarında 5-10 cm derinlik kademesinde 611 ve 255 birey, 0-5 cm toprak derinliğinde ise sırasıyla 530 ve 392 birey olmak üzere toprak eklembacaklısı belirtilmiştir. Çakır (2013) yaptığı çalışmada toplam mikroeklembacaklıların miktarını Belgrad ormanı meşe ekosisteminde ölü örtü ve toprak içerisinde yaklaşık 160.000 bry.m^{-2} olarak bildirilmiştir. Yakma alanlarındaki yanmamış noktalardan yanmış alanlara doğru toprak canlılarının geçişleri sırasında en önemli faktörlerden biri de toprak nemidir. Mikroeklembacaklılar toprak nemi ile yakından ilişkilidir yaşam döngüleri bu duruma bağlı olarak değişmektedir. Yaz aylarında toprak neminin azalmasına bağlı olarak toprak içerisinde veya uyku durumunda geçirirler (Christiansen, 1964; Irmler, 2006). Çakır (2013), yaşam stratejilerine bağlı olarak collembola familyalarının bazı aylarda hiç görülmediği buna rağmen acarina takımı bireylerinde sayıları azalsa bile genel olarak her ay örneklendiği, kurak ve soğuk aylarda ölü örtüde bulunan eklembacaklı miktarının azaldığı, toprak içerisindeki eklembacaklı miktarının ise arttığı şeklinde ifade etmiştir. (Barnes vd., 1998). Eklembacaklıların çeşitliliğinin mevsimlere göre değişimler gösterdiğini ortaya koyan çalışmalar genellikle en nemli mevsimde, en yüksek çeşitlilik olduğunu tespit etmişlerdir (Palacios-Vartas vd., 2007). Duyar (2018) Kastamonu Araç'ta bahar aylarında karaçam meşceresinde yapmış olduğu çalışmada mikroeklembacaklı miktarının 129.242 bry.m^{-2} olduğunu belirtmiştir. Başka bir çalışmada en yüksek mikroeklembacaklı miktarı Eldivan (73.543 bry.m^{-2}) ve Belgrad (100.967 bry.m^{-2}) ormanların da sırası ile kasım ve mayıs ayında olduğu belirtilmiştir

(Cakir ve Makineci, 2013; Çakır, 2019). Benzer olarak çalışma alanlarımızdaki karaçam ve sarıçam meşcerelerinde mikroeklembacaklı birey sayıları nisan ve ekim aylarında daha fazla gözlemlenmiştir. Mikroeklembacaklıların toprak faunası içerisinde miktar ve çeşitliliğine göre en fazla bulunan taksonları Acari ve Collembola olarak bilinmektedir (Petersen ve Luxton, 1982). Çalışma alanlarında yıllık toplam birey sayıları bakımından mikroeklembacaklılar değerlendirildiğinde; kontrol alanında Akarina takımı %67, Collembola familyası %29, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %4; kenar etkisi alanında Akarina takımı %80, Collembola takımı %19, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %1; orta alanda Akarina takımı %78, Collembola familyası %19, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %3; üst alanda Akarina takımı %89, Collembola familyası %10, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %1 olarak tespit edilmiştir. Sarıçam meşceresinde ise Yıllık toplam birey sayıları bakımından mikroeklembacaklılar değerlendirildiğinde; kontrol alanında Akarina takımı %73, Collembola familyası %25, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2; kenar etkisi alanında Akarina takımı %45, Collembola familyası %53, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2; orta alanda Akarina takımı %48, Collembola familyası %50, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2; üst alanda Akarina takımı %56, Collembola familyası %42, yırtıcı-çürükçül-otçul-hepçil ve diğer canlılar %2 olarak tespit edilmiştir. Duyar ve Makineci, (2016) yaptığı çalışmada eklembacaklılar topluluğu içerisinde Collembola %48 ve Acarina %19 en baskın gruplar olduğunu ifade etmiştir. Karaçam ormanlarında yapılan çalışmalarda ise yarı kurak karaçam ormanlarında Acari ve Collembola taksonları toplam faunanın %98,5'ini oluşturmaktadır (Çakır, 2019). Daha önceki yapılan çalışmalar sonuçlarımızı doğrular niteliktedir. Çakır ve Makineci (2013), çalışmalarında toplam 22 farklı mikro ve makroeklembacaklı grubu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda toplam yıllık karaçam ve sarıçam meşcerelerinin her birinde 10 taksona ait 10 familya tespit edilmiştir.

Bulgularımızda Shannon-Wiener indeksi değeri bakımından; karaçam meşceresinde kontrol alanında mikroeklembacaklı çeşitliliği H′= 1,36; kenar etkisi alnında H′=0,83; orta alanda H′=1,18 ve üst alanda H′=0,78 bulunmuş, sarıçam meşceresinde kontrol alanında H′= 1,30; kenar etkisi alnında H′=1,37; orta alanda H′=1,05 ve üst alanda H′=1,21 şeklinde bulunmuştur. Bu değerlendirmeye göre, çalışma alanlarımızdaki

çeşitlilik Shannon-Wiener indeksi H′ değerlerinin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu duruma ise çalışma alanlarında daha önceden yapılan silvikültürel müdahalelerin sebep olduğu düşünülmektedir. Başka bir çalışmada ise doğal alan ve bozulmuş (ekili) alanlardaki toprak eklembacaklılarının çeşitliliğine göre doğal alanla (H′=1,15) bozulmuş alan (H′=1,10) arasında önemsiz küçük bir fark belirlenmiştir (Abbas, 2012). Elde edilen sonuçlar, doğal ortam üzerindeki insan müdahalesinin çeşitliliği olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur (Duyar, 2014).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Anadolu karaçamı (*Pinus nigra*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) gençleştirme meşcerelerinde kontrollü yakma uygulamalarının toprak özellikleri ve mikroeklembacaklıları üzerine olan etkileri ortaya konulmuştur. Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde yapılan kontrollü yakma uygulamalarının, toprak özellikleri ve mikroeklembacaklılar üzerine etkisi elde edilen sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

- ✓ Çalışma alanında yapılan kontrollü yakma uygulaması şeritler halinde yakma tekniğine uygun olarak örtü yangını şeklinde yapılmıştır. Yangın karaçam meşceresinde (621 kW/m) orta ve yüksek şiddetli örtü yangın şiddeti sınıfı, sarıçam meşceresinde bulunan çalışma alanında ise (156 kW/m) yavaş ilerleyen düşük şiddetli örtü yangın şiddeti sınıfı olarak bulunmuştur. Düşük şiddetli yakma uygulamaları orman zeminindeki yanıcı madde birikiminin azalmasına, mineral toprağın ortaya çıkmasına ve tohumun toprakla direk buluşmasına, yangına hassas alanların azalmasına katkı sağlamaktadır.

- ✓ Kontrollü yakma uygulaması yapılan alanlarda karaçam meşceresine göre sarıçam meşceresinde yangın şiddeti daha düşük bulunmuştur. Toprak üzerinde biriken ölü örtü miktarı sarıçam meşceresinde daha az olması yangın şiddetini düşürmektedir.

- ✓ Kontrollü yakma uygulaması sonrasında karaçam ve sarıçam meşcereleri toprak üzerindeki kül rengi ve miktarı dikkate alınarak farklı şiddet sınıflarına ayrılmış, farklı iki derinlik kademesi (0-5 cm, 5-15 cm) olarak örneklenmiştir. Toprak, yanma koşullarına bağlı olarak 0-5 cm derinlik kademesinde daha fazla etkilenmiştir.

- ✓ Şiddetli ve büyük orman yangınlarının toprak özellikleri üzerine olan olumsuz etkisi kontrollü yakma uygulaması yaptığımız alanlarda görülmemiştir. Aksine yangın şiddetinin düşük olması, yanıcı madde tüketiminin az olması gibi faktörler toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumlu olarak etkilenmiştir.

- ✓ Karaçam ve sarıçam meşcerelerindeki toprak özellikleri elde edilen bulgulara göre değerlendirilmiştir. Literatürdeki sınır değerleri baz alınarak toprak işleme ve yakma sahaları kontrol alanlarına göre karşılaştırılmıştır. Bu anlamda toprak saturasyon değerlerinin düşük çıkması, toprağın su tutma ve havalanma kapasitesine olumlu yönde etkilemiştir. Toprakta; pH ve EC değerleri artmakta, organik madde ve N miktarı azalmaktadır. C/N oranı karaçam meşceresinde organik karbona bağlı olarak artmakta, sarıçam meşceresinde ise azalmaktadır. P, Ca, Mg, K, Na ve kireç değerlerinde her iki meşcerede tüm alanların en az birinde artmaktadır. Elde edilen sonuçlar literatür ile ilişkilidir. Toprak özellikleri bakımından zamana bağlı olarak olumlu bir değişim meydana gelmiştir.

- ✓ Kontrollü yakma uygulamaları tohumu toprakla buluştururken, toprak yüzeyinde biriken ölü örtü yakma ile toprağa katılmakta ve toprak bitki besin elementlerince daha zengin olmaktadır. Ancak çalışma alanlarından elde edilen bulgular doğrultusunda toprak besin maddesi bakımından yeterli düzeydedir. Bu açıdan değerlendirildiğinde yakma uygulamaları her ne kadar toprak özelliklerinde iyileşme meydana getirse de özellikle besin maddesince yeterli olan topraklarda uygulanması ayrışmanın yavaş olduğu çam meşcerelerinde ölü örtü birikimini azaltmaya, tohumu toprakla buluşturmaya ve daha şiddetli orman yangınlarının zararını önlemeye yönelik olduğu anlaşılmaktadır.

- ✓ İşletme Müdürlüklerince uygulanan standart silvikültürel işlemlerde toprağın derinlik kademeleri makineli toprak işleme yapılarak toprak üzerinde biriken ölü örtü toprak içerisine karıştırılmaktadır. Çalışma alanlarındaki bulgular makineli toprak işlemesinin toprak özelliklerini olumlu yönde etkilediği yönündedir. Aynı amaç için kullanılan kontrollü yakma uygulamaları makineli toprak işlemeye göre zaman ve ekonomik açıdan daha avantajlıdır.

- ✓ Toprak mikroeklembacaklılarına ait yapılan çalışmalarda toprağın doğal yapısının bozulmaması canlıların örneklenmesinde önem taşımaktadır. Çalışma yapılan alanlarda yakma uygulamasından hemen önce yapılan silvikültürel uygulamalar toprak yapısını bozmuştur. Alandan traktör ile sürütülerek çıkarılan ağaçlar toprağın üst tabakasını tahrip etmiştir. Yakma uygulamasının bu alanlarda olması,

büyük alanda yakmaların yapılması ve bu alanlar içinden örnek alanların oluşturulması canlıların alana gelmesini zor hale getirmiş ve canlı sayılarını olumsuz etkilemiştir. Çalışmamızda mikroeklembacaklıların örnekleme modeline göre belirli aralıklarla koridor oluşturulmuş ve bu alanlar üzerinde çalışılmıştır. Bu sebeple kontrol alanlarının da daha önceden silvikültürel müdahale görmüş olması yine canlı sayılarını olumsuz etkilemiştir.

- ✓ Kontrollü yakma uygulaması yapılan alanlarda koridorların kurulma amacı yakma ile mikroeklembacaklı miktarlarındaki azalışın zamana bağlı olarak nasıl değiştiği, hangi alanlarda arttığını belirlemeye yöneliktir. Ancak alanlar üzerinde daha önceden yapılan silvikültürel müdahaleler ve sonrasında yakma uygulaması canlıların yaşamsal aktivitelerinin tam olarak anlaşılamamasına neden olmuştur. Özellikle yakma uygulamasının büyük alanlarda yapılması bu alanlar içinde yanmayan kısımlar olsa bile mikroeklembacaklıların bir yılda bir metre ilerlemesi bu alanlara tekrar gelebilmesini zor hale getirmiştir.

- ✓ Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde kontrol alanları hariç yakma alanlarında uygulamayı takiben alınan örneklerde toprak canlılarına ait çok az sayıda birey bulunmuştur. Ölü örtü ayrışmasına büyük katkı sağlayan toprak mezofaunasına ait mikroeklembacaklılar toprak içerisinde ve ölü örtüde yaşamsal aktivitelerin devam ettirmektedir. Miktar ve çeşitlilikleri ölü örtü çeşitliliği ile yakından ilişkilidir. Kontrollü yakma uygulaması ile toprak üzerindeki ölü örtünün toprağa kül olarak karışması, artan sıcaklık ve toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki değişiklikler bu canlıların yoğunluklarında azalmaya neden olmuştur. Toprak içindeki gözeneklerde yaşamaları, boyutlarının küçük ve hareket kabiliyetlerinin yavaş olması yakma uygulaması yapılan alanlardan uzaklaşamamalarına sebep olmuştur.

- ✓ Çalışma alanlarından elde edilen bulgular değerlendiğinde yakma uygulaması yapılan alanlara göre kontrol alanlarda (Karaçam meşceresinde 745231 bry.m^{-2}, Sarıçam meşceresinde 657594 bry.m^{-2}) daha fazla sayıda toprak mezofaunasına ait bireyler tespit edilmiştir. Mikroeklembacaklıların yaşam döngüleri özellikle toprak nemi ile yakından ilişkilidir. Yakma uygulaması sonrasında özellikle toprak

nemine ve ölü örtünün alana gelme durumuna bağlı olarak kenar etkisi, orta ve üst alanlardan en az birine gelebildikleri özellikle uygulamayı takip eden bahar aylarında sayı bakımından daha fazla olduğu belirlenmiştir.

- ✓ Alanlarda en fazla mikroeklembacaklılar içerisinde Acarina taksonları ve Collembola familyalarına ait birey bulunmaktadır. Colembola familyalarına ait bireyler bazı aylarda hiç görülmemesine rağmen Acarina taksonları her ay gözlemlenmiştir. Bu alanlarda görülen diğer yırtıcı, çürükçül, otçul, hepçil bireyler daha az sayıda bulunmaktadır. Karaçam ve sarıçam meşcerelerinde bulunan çalışma alanlarının her birinde 10 taksona ait 10 familya tespit edilmiştir.

- ✓ Yangınların çoğunlukla orman ekosistemini tahrip ettiği düşüncesi uzun yıllar boyunca devam etmektedir. Ancak alanlarda yangın şiddeti ve yanma koşulları gibi faktörlerin uygun olması şartıyla kontrollü yakmaların uygulanması ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirmektedir. Bu nedenle yakma uygulamalarının yangına hassas alanlarda planlanması, sonrasında çıkabilecek büyük yangınların olumsuz etkilerini azaltmaktadır. Bu sebeple uygulamalarda silvikültürel işlemlere ek olarak kontrollü yakma uygulaması kullanımı uygun şartlar altında artırılmalı ve uzman ekiplerden destek alınmalıdır.

- ✓ Doğal orman yangınları ile kontrollü yakma uygulamaları karşılaştırıldığında düşük şiddetli yakmalar toprak özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle ölü örtü birikimi fazla ve ayrışmanın yavaş olduğu çam meşcerelerinde toprak özelliklerinin iyileşmesi açısından kontrollü yakmalar daha çok tercih edilmelidir.

- ✓ Gençleştirme alanlarında yapılan toprak işlemesi toprak özellikleri bakımından yakmalar ile hemen hemen aynı sonuçları ortaya koymaktadır. Ancak toprak işleme zaman ve maliyetleri artırmaktadır. Kontrollü yakmaların uygun alanlarda toprak işlemesine oranla daha çok tercih edilmesi sağlanmalıdır.

- ✓ Orman zemini üzerinde istiflenmiş ölü örtü miktarı kontrollü yakmalar ile azalmakta ve tohum direk toprağa ulaşmaktadır. Uygun ortamlarda çimlenen tohum daha iyi gelişim göstermektedir. Ülkemiz ormanlarında doğal yayılış

gösteren geniş alanlara sahip karaçam ve sarıçam türlerinden oluşan meşcerelerde yakma uygulaması gençleştirme başarısını artırdığı için ormancılık faaliyetlerinde daha çok yer verilmelidir.

- ✓ Doğal gençleştirme faaliyetleri kapsamında silvikültürel işlemlerin toprak ekosisteminde çeşitli sebeplerle tahribatı toprak altı canlılarının büyük oranda azalmasına sebep olmaktadır. Özellikle ormanlarda yapılan üretim faaliyetlerinin doğal toprak yapısını bozduğu alanlarda toprak altında yaşamsal aktivitelerini sürdüren ayrıştırıcıları daha fazla etkilenmektedir. Bu sebeple meşcerelerde silvikültürel faaliyetlerin sadece toprak üstü vejetasyona göre değil toprak altında yaşayan canlılarda dikkate alınacak şekilde planlanması sağlanmalıdır.

- ✓ Kontrollü yakma uygulamalarında yangın şiddetinin düşük olması doğal yangınlara oranla toprak altı canlılarını daha az etkilemektedir. Düşük şiddetli yangınlardan daha az kalıcı zarar gören toprak altı canlıları bu alandan kaçmakta ya da toprağın daha derinlerine inmektedir. Ancak boyutları küçük olan mikroeklembacaklılar düşük şiddetli yangınlardan bile olumsuz etkilenmektedir. Özellikle yakma uygulamalarında küçük alan tercih edilmeli ve alanlar arasında geçiş zonlarının bırakılmalıdır. Bu geçiş zonlarındaki doğal toprak yapısının korunması sağlanmalıdır. Bu durum daha sonra alana göç edecek mikroeklembacaklı sayı ve çeşitliliğini etkileyeceği için uygulamaların bu şekilde yapılması büyük kayıpların telafi edilmesini sağlayacaktır.

- ✓ Genel bir değerlendirme olarak, ormancılık faaliyetlerinde doğal gençleştirme çalışmaları mekanik toprak işlemesi ile yapılmaktadır. Toprak üzerinde istiflenmiş ölü örtünün toprakla karıştırılması sonucunda hem tohumun toprakla buluşma ihtimali artmakta hem de toprağın besin elementleri bakımından daha zengin olması sağlanmaktadır. Ancak mekanik toprak işlemesinin yapılması uzun sürmekte ve ekonomik açıdan Orman İşletmelerine büyük yük getirmektedir. Uygulamadaki bu durumu sonuç aynı kalmak üzere farklı bir yönetim anlayışı olarak kontrolü yakma uygulamaları ile yapılması önerilmektedir. Toprak üzerindeki özellikle çam meşcerelerinde ayrışmamış ölü örtünün düşük şiddetli

yakmalar ile toprağa karıştılması toprak işleme ile aynı kazancı sağlayacağı için uygulamalarda kontrollü yakmaların daha çok yer alması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Abbas, M.J. (2012). Seasonal diversity of Collembola assemblages in two different habitats of Aligarh, Indian *Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 2, 18-25, ISSN: 2231-6345.

Abbott, I. (1984). Changes in the abundance and activity of certain soil and litter fauna in the jarrah forest of Western Australia after a moderate intensity fire. Aust. *Journal Soil Research*, 22, 463–469.

Aber, J.D., & Melillo, J.M. (1991). Terrestrial Ecosystems. *Saunders Publishing Company*, Florida.

Afif, E., & Oliveira, P. (2006). Efectos del fuego prescrito sobre el matorral en las propiedades del suelo. *Investıgacıon Agrarıa Sıstemas Recursos Forestales*,15 (3), 262–270.

Agbeshie, A.A., Abugre, S., Atta-Darkwa, T. & Awuah, R. (2022). *Journal of Forestry Research*, 33 (5), 1419-1441.

Ahlgren, I. F., & Ahlgren, C. E. (1965). Effects of prescribed burning on soil microorganisms in a Minnesota jack pine forest. *Ecology*, 46(3), 304-310.

Ahlgren, I.F. (1974). The Effect of Fire on Soil Organisms. *Fire and Ecosystems*. *Academic press*, Inc. New York, 47-72.

Akburak, S., Son, Y., Makineci, E. & Çakir, M. (2018). Impacts of low intensity prescribed fre on microbial and chemical soil properties in a Quercus frainetto forest. *Journal for Research*, 29 (3), 687–696.

Akkaya, A., & Uğurtaş, İ.H. (2006). The feeding biology of Ophisops elegans Menetries, 1832 (Reptilia: Lacertidae) populations of the Bursa region. *Turkish Journal of Zoology*, 30, 357-360.

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Farguell, J., Úbeda, X. (2016). Long-term dynamics of soil chemical properties after a prescribed fire in a Mediterranean forest (Montgrí Massif, Catalonia, Spain). *Science of the Total Environment*, 572, 1329–1335.

Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M. & Úbeda, X. (2018). Effects of prescribed fires on soil properties: a review. *Science of the Total Environment*, 613–614, 944–957.

Alexander, M.E. & Cruz, M.G. (2013). Assessing the effect of foliar moisture on the spread rate of crown fires. *International Journal of Wildland Fire*, 22: 22: 415-427.

Alexander, M.E. (1982). Calculating and interpreting forest fire intensities. *Canadian Journal of Botany*, 60, 349-357.

Alexander, M.E., & Cruz, M.G. (2014). Chapter 9: Crown fire dynamics in conifer forests, in Synthesis of Knowledge of Extreme Fire Behavior: Volume 2 for Fire Behavior Specialists, Researchers and Meteorologists. USDA For. Serv., Pac. Northwest Res. Stn., Portland, Or. *General Technical Report*. PNW-GTR-891.

Alexander, M.E., Mutch, R.W., Davis, K.M. & Bucks, C.M. (2012). Wildland fires: Dangers and Survival, Chapter 12 (Modified from Cottrell WH: the book of fire, ed, 2, Missoula, Mont, 2004, *Mountain Press Publishing Company*).

Alexis, M., Rasse, R., Rumpel, C., Bardoux, G., Pechot, N., Schamalzer, P., Drake, B. & Mariotti, A. (2007). Fire impact on C and N losses and charcoal production in a shrub oak ecosystem. *Biogeochemistry*, 82 (2), 201–216.

Allison, L. E., & Moodie, C. D. (1965). Carbonate. In C. A. Black (Ed.), Methods of soil analysis (pp. 1379– 1396). Wisconsin: *American Society of Agronomy*.

Altun, L., Bilgili, E., Sağlam, B., Küçük, Ö., Yılmaz, M. & Tüfekçioğlu, A. (2004). Soil organic matter soil pH and soil nutritient dynamics ın forest stands after fire. *International Soil Congress (ISC) on Natural Resource Management for Sustainable Development*, Erzurum.

André, H. M., Ducarme, X., & Lebrun, P. (2002). Soil biodiversity: myth, reality or conning? *Oikos*, 96(1), 3-24.

Arcenegui, V., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Zornoza, R., Mataix-Beneyto, J. & García-Orenes, F. (2008). Immediate effects of wildfires on water repellency and aggregate stability in Mediterranean calcareous soils. *Catena*, 74, 219–226.

Archibald, S., Lehmann, C. E., Gómez-Dans, J. L., & Bradstock, R. A. (2013). Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(16), 6442-6447.

Aref, I. M., El Atta, H. A., & Mohamed Al Ghamde, A. R. (2011). Effect of forest fires on tree diversity and some soil properties. *International Journal of Agriculture & Biology*, 13(5).

Arocena, J.M. & Opio, C. (2003). Prescribed fire-induced changes in properties of sub-boreal forest soils. *Geoderma*, 113, 1–16.

Augustine, D., Brewer, P., Blumenthal, D. & Derner, J. (2014). Prescribed fire, soil organic nitrogen dynamics, and plant responses in a semiarid grassland. *Journal Arid Environment*, 104, 59–66.

Avcı, M., & Korkmaz, M. (2021). Türkiye'de orman yangını sorunu: Güncel bazı konular üzerine değerlendirmeler. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 22(3): 229-240.

Avcı, M., Korkmaz, M. & Alkan, H. (2009). Türkiye'de orman yangınlarının nedenleri üzerine bir değerlendirme. *1. Orman Yangınları ile Mücadele Sempozyumu*, 07-10 Ocak, Antalya, s. 33-45.

Badía, D., & Martí, C. (2003). Plant ash and heat intensity effects on chemical and physical properties of two constrasting soils. *Arid Land Research and Management*, 17,23-41.

Badía, D., López-García, S., Martí, C., Ortiz-Perpiñá, O., Girona-García, A. & Casanova-Gascón, J. (2017). Burn effects on soil properties associated to heat transfer under contrasting moisture content. *Science of the Total Environment*, 601-602, 1119 1128.

Badía, D., Martí C., Aguirre, AJ., Aznar, J.M., González-Pérez, J.A., De la Rosa, J.M., León J, Ibarra P. & Echeverría, T. (2014). Wildfre efects on nutrients and organic carbon of a Rendzic Phaeozem in NE Spain: changes at cm-scale topsoil. *Catena*, 113,267–275.

BarnesB, V., Zak, D. R. & Denton, S. R. (1998). *Forest Ecology* (4th editon).

Barreiro, A., Fontúrbel, M.T., Lombao, A., Martín, A., Vega, J.A., Fernández, C., Carballas, T. & DíazRaviña, M. (2015). Using phospholipid fatty acid and community level physiological profiling techniques to characterize soil microbial communities following an experimental fire and different stabilization treatments. *Catena*, 135, 419–429.

Bayram, A. (1987). Doğu Canik Dağları örümcekleri, Ankara Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara, Türkiye.

Bayram, A. (1994). Spider records from the East Canik Mountains (Araneae). *XII. National Biology Congress* (6- 8 July- Edirne), 167-173.

Baysal, İ., Bilgili, E. & Başkent, E. Z. (2016). Orman Yangınları ve Orman Amenajman Planları, Kastamonu Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi*, 16 (1): 169-180.

Beccaloni, J. (2009). Arachnids. London: Natural History Museum, 271-289.

Begum, F., Bajracharya, R.M., Sharma, S., Sitaula, B.K. (2011). Assessment of Soil Quality Using Microarthropod Communities Under Different Land System: A Case Study in the Mid-Hills of Central Nepal. *Journal of Life Sciences*, 5, 66-73.

Bej-Bienko, G. J., & Bykhovskii, B. E. (Eds.). (1967). Keys to the insects of the European USSR: in five volumes. 1. Apterygota, Palaeoptera, Hemimetabola. *Israel Program for Scientific Translations*.

Bellido, A. (1987). Field experiment about direct effect of a heatland prescribed fire on microarthropod community. *Revue d'écologie et de biologie du Sol*, 24, 603–622.

Bento-Goncalves, A., Vieira, A., Ubeda, X. & Martin, D. (2012). Fire and soils: key concepts and recent advances. *Geoderma*, 191, 3–13.

Berber, A. S., Tavşanoğlu, Ç., & Turgay, O. C. (2015). Effects of surface fire on soil properties in a mixed chestnut-beech-pine forest in Turkey. *Flamma*, 6(2), 78-80.

Bilgili E., Coskuner K.A., Usta Y. & Goltas M., (2019), Modeling surface fuels moisture content in *Pinus brutia* stands, *Journal of Forestry Research*, 30(2), 575-587.

Bilgili, E. & Sağlam, B. (2003). Fire behavior in maquis in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 184, 201-207.

Bilgili, E. (1998). A state dependent model of forest floor development. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22(4), 323-328.

Bilgili, E. (2000). Orman yangınları tehlike oranları sistemine doğru. *T.C. Orman Bakanlığı Teknik Bülten*, s 13-14.

Bilgili, E. (2014). Orman Koruma Dersi Geçici Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon, 155 s.

Bilgili, E. Küçük, Ö., Sağlam, B. & Coşkuner, A. (2021). Büyük Orman Yangınları: Sebepleri, Organizasyonu ve İdaresi. *TÜBA*, Ankara.

Bilgili, E., & Goldammer, J. G. (2000, August). Fire in the Mediterranean basin: towards an interdisciplinary science program. *In Proceedings, XXI IUFRO World Congress* (pp. 45-54).

Bilgili, E., Küçük, Ö. & Sağlam, B. (2002). Yangın Davranışının Tahmini ve Yangınlarla Mücadeledeki Önemi, KÜ., *Orman Fakültesi Dergisi*, 2(2), Kastamonu.

Binkley, D., & Fisher, R.F. (2020). *Ecology and Management of Forest Soils* Wiley Blackwell, Chichester.

Bird, S.B., Coulson, R.N. & Fisher, R.F. (2004). Changes in soil and litter arthropod abundance following tree harvesting and site preparation in a loblolly pine (Pinus taeda L.) plantation. *Forest Ecology and Management*, 202, 195-208.

Bogdanovıć, A.M., & Blesıć, B. (2011). Seasonal dynamics of protura in an oak forest in Kragujevac (Serbia). *Kragujevac Journal of Science*, 33, 77-82.

Borchers, S.L., & Perry, D.A. (1990). Growth and ectomycorrhizal formation Douglas-fir seedlings grown in soils collected at different distances from pioneering hardwoods in southwest Oregon. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 712–721.

Boydak, M., Eler, Ü. & Pehlivan, N. (1996). Antalya-Elmalı Yöresi Sedirlerinin (Cedrus libani Rich.) Gençleştirilmesinde Denetimli Yakma ve Diğer Bazı Faktörlerin Başarı Üzerine Etkileri, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Rapor No: 2, Antalya, 42 s.

Brand, R. (2002). The effect of prescribed burning on epigeic springtails (insect: Collembola) of woodland litter. *The American Midland Naturalist Journal*. 148, 383–393.

Brockway, D.G., Gatewood, R.G., Paris, R.B. (2002). Restoring fire as an ecological process in shortgrass prairie ecosystems: initial effects of prescribed burning during the dormant and growing seasons. *Journal Environment Management*, 65, 135–152.

Broza, M., & Izhaki, I. (1997). Post-fire arthropod assemblages in Mediterranean forest soils in Israel. *International Journal Of Wildland Fire*, 7, 317–325.

Bruce, R. C., & Rayment, G. E. (1982). Analytical methods and interpretations used by the Agricultural Chemistry Branch for soil and land use surveys. *Queensland Department of Primary Industries Bulletin* QB82004.

Brye, K.R. (2006). Soil physicochemical changes following 12 years of annual burning in a humidsubtropical tallgrass prairie: a hypothesis. *Acta Oecologica*., 30, 407–413.

Burrows, N., & McCaw, L. (2013). Prescribed burning in southwestern Australian forests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(s1), e25-e34.

Butler, B.W., Ottmar, R.D., Rupp, T.S., Miller, E., Howard, K., Schmoll, R., Theisen, S., Vihnanek, R.E. & Jimenez, D. (2013). Quantifying the effect of fuel reduction treatments on fire behavior in boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 43, 97-102.

Byram, G.M. (1959). Combustion of forest fuels, In: Davis, K.P. (Ed.), Forest fire control and use. pp. 61-89, (McGraw-Hill: New York).

Cakır, M., (2019). The Negative Effect of Wood Ants (*Formica rufa*) on Microarthropod Density and Soil Biological Quality in A Semi-Arid Pine Forest. *Pedobiologia*, 77: 150593.

Cakir, M., & Makineci, E. (2013). Humus characteristics and seasonal changes of soil arthropod communities in a natural sessile oak (Quercus petraea L.) stand and adjacent Austrian pine (Pinus nigra Arnold) plantation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 8943-8955.

Cao, Z., Han, X., Hu, C., Chen, J., Zhang, D. & Steinberger, Y. (2011). Changes in the abundance and structure of a soil mite (Acari) community under long-term organic and chemical fertilizer treatments. *Applied Soil Ecology*, 49, 131- 138

Castaño-Meneses, G., Palacıos-Vargas, J.G. & Cutz-Pool, L.Q. (2004). Feeding habits of Collembola and their ecological niche, Anales del Instituto de Biología, *Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, pp. 135- 142.

Catalanotti, A. E., & Rutigliano, F. A. (2009). *Effects of prescribed burning on soil and vegetation* (Doctoral dissertation, Ph. D. Thesis, Universidad de Nápoles, Federico II, Naples, Italy, 2011.

Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia* 143(1), 1–10.

Certini, G., & Scalenghe, R. (2021). Soil is the best testifier of the diachronous dawn of the Anthropocene. *Journal Of Plant Nutrition and Soil Science* (1), 1-4.

Ceylan, M., & Vural, A. (2023). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) Yöntemi ile Yeraltı Suyu Potansiyel Alanlarının Tespiti: Gökdere Havzası (Gümüşhane) Örneği. *International Conference on Scientific and Academic Research*, 1, 342–349.

Charman, P. E. V., & Roper, M. M. (2000). Soil Organic Matter. In: (Eds. P. E. V. Charman and B. W. Murphy) Soil: Their Properties and Management. pp. 260-270. 2nd Ed. *Oxford University Press.*

Chen, S., Peng, S., Chen, B., Chen, D., & Cheng, J. (2010). Effects of fire disturbance on the soil physical and chemical properties and vegetation of Pinus massoniana forest in south subtropical area. Acta Ecologica Sinica, 30(3), 184-189.

Cheney, N.P., Gould, J.S. & Catchpole, W.R. (1998). Prediction of fire spread in grasslands. *International Journal of Wildland Fire*, 8, 1–13.

Choromanska, U., & DeLuca, T.H. (2001). Prescribed fire alters impact of wildlife on soil biochemical properties in a ponderosa pine forest. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 232–238.

Christiansen, K. (1964). Bionomics of collembola. *Annual Review of Entomology*, 9; 147-178.

Christopoulou, A., Fule, P. Z., Andriopoulos, P., Sarris, D. ve Arianoutsou, M. (2013). Dendrochronology-based fire history of Pinus nigra forests in Mount Taygetos, Southern Greece, *Forest Ecology and Management*, 293, 132-139.

Christopoulou, A., Fyllas, N. M., Andriopoulos, P., Koutsias, N., Dimitrakopoulos, P. G. & Arianoutsou, M. (2014). Post-fire regeneration patterns of Pinus nigra in a recently burned area in Mount Taygetos, Southern Greece: The role of unburned forest patches, *Forest Ecology and Management*, 327, 148-156.

Cole, L., Bradford, M.A., Shaw, P.J.A. & Bardgett, R.D. (2006). The abundance, richness and functional role of soil meso- and macro-fauna in temperate grassland − a case study. *Applied Soil Ecology*, 33, 186–198.

Coleman, D.C. (2000). Soil biota, soil systems, and process, in: Levin, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity. Academic Press*, pp. 305-314.

Coleman, D.C., Callaham, M.A., Crossley Jr, D.A. (2018). Fundamentals of soil ecology, 3rd Edition. *Academic press*.

Coleman, D.C., Crossley Jr, D.A. & Hendrix, P.F. (2004). Fundamentals of Soil Ecology, second ed. *Elsevier Academic Press,* USA.

Coskuner, K. A. (2021). Doğu Karadeniz Orman Yangınlarının Uzun Dönem Meteorolojik Parametrelerle Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7 (2), 374-381.

Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M. & Kraus, D. (2011). La prevención de los grandes incendios forestales adaptada al incendio tipo. *Unitat Tècnica GRAF*, Barcelona

Cruz, M.G. (1999). Modeling the initiation and spread of crown fires. *University of Montana, Missoula*, MT. M.Sc. Thesis. 162 s.

Cruz, M.G., Alexander, M.E. & Wakimoto R.H. (2004). Modeling the likelihood of crown fire occurrence in conifer forest stands. *Forest Science*, 50(5), 640-658.

Çakır, M. (2013). Toprak Eklembacaklılarının, Kayın ve Meşe Ekosistemindeki Mevsimsel Değişimi ve Ölü Örtü Ayrışmasına Etkileri. Ph.D., *Institute of Science and Technology*, Ph.D thesis, Istanbul University, Science Institute (in Turkish, with English summary). İstanbul.

Çakır, M. (2017). Kurak Ekosistemlerde Toprak Faunasının Önemi. *Anatolian Journal of Forest Research,* 3; 67-78.

Çakır, M., & Makineci, E. (2011). Toprak faunası: sınıflandırılması ve besin ağındaki yeri. İ.Ü. *Orman Fakültesi Dergisi*, 61: 43-55.

Çakır, M., & Makineci, E. (2018). Community structure and seasonal variations of soil microarthropods during environmental changes. *Applied Soil Ecology*, 123; 313-317.

Çakır, M., Akburak, S., Makineci, E. & Bolat, F. (2023). Recovery of soil biological quality (QBS-ar) and soil microarthropod abundance following a prescribed fire in the *Quercus frainetto* Forest. *Applied Soil Ecology*, 184: 104768.

Çakır, M. & Makineci, E. (2012). Toprak faunası: sınıflandırılması ve besin ağındaki yeri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi 61, 43-55.

Çakır, M. & Makineci, E. (2013). Humus characteristics and seasonal changes of soil arthropod communities in a natural sessile oak (*Quercus petraea* L.) stand and adjacent Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) plantation, *Environmental Monitoring and Assessment,* 185, 8943–8955.

Çanakçıoğlu, H. (1993). Orman Koruma, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın No:3624, *İ.Ü. Orman Fakültesi*, Yayın No: 411, İstanbul.

Çepel, N. (1975). Orman yangınlarının mîkroklima ve toprak özellikleri üzerine yaptığı etkiler *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B Cilt:24 Sayı:1. İstanbul.

Çepel, N., (1988). Orman Ekolojisi. *İ.Ü. Orman Fakülteleri Yayınları*, No:287, İstanbul.

Çiçek, İ. & Ataol, M. (2009). Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(1), 51-65.

Daubenmire, R.F. (1974). Plant and environment. *A Texbook of Plant Autecology*. J. Wiley and Sons, Newyork.

de Ronde, C., Goldammer, J.G., Wade, D. & Soares, R.V. (1990). Prescribed fire in industrial pine plantations. In: Goldammer, J., (Ed.), Fire in the Tropical Biota: *Ecosystem Processes and Global Challenges, Springer*, Berlin, pp. 216–272

DeBano, L. F., & Neary, D. G. (1987). Part A The Soil Resource: Its Importance Characteristics, and General Responses to Fire, Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water, D. G. In: Neary, Rayn, K. C. and DeBano, L. F. (Ed.), U. S. *Department of Agriculture Forest Service Rocky Mountain Research Station*, Ogden, Utah, 21-92.

DeBano, L. F., Dunn P. H. & Conrad, C. E. (1977). "Fire's effect on physical and chemical properties of chaparral soils", In: Mooney, H. A., Conrad C.E. (Technical Coordinators), Proceedings of the Symposium on the Environmental Consequences of Fire and Fuel Management in Mediterranean Ecosystems, August 4-5, 1988, Palo Alto, CA. USDA *Forest Service General Technical Report*, WO-3, Washington, D.C, 65-74.

DeBano, L. F., Rice, R. M. & Eugene, C.C. (1979). Soil heating in chaparral fires: effects on soil properties, plant nutrients, erosion, and runoff. Res. Paper PSW RP-145. Berkeley, CA: US *Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station*. 21 p, 145.

DeBone, L.F., & And Dunn, P.H. (1977). Fire's effects on the biological and chemical properties of chaparral soils usda *Forest Service General Technical Report*. W:3.

DeByle, N.V. (1976). Soil fertility as affected by broadcast burning following clearcutting in northern rocky mountain larch/fir forests. *Proceedings Montana Tall Timbers Fire Ecology Conference, and Fire and Land Management Symposium*, ss. 441–464.

Deharveng, L., & Bedos, A. (2004). Insecta: Collembola, Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region, In: Yule, C.M., Yong, H.S. (ed.), *Academy of Sciences*, Malaysia, 384-393.

Dems, C.L., Taylor, A.H., Smithwick, E.A., Kreye, J.K. & Kaye, M.W. (2021). Prescribed fire alters structure and composition of a mid-Atlantic oak forest up to eight years after burning. *Fire Ecology*, 17(1), 1–13.

Dikici, H. & Yılmaz, C.H. (2005). Peat fire effects on some properties of an artificially drained peatland. *Journal of Environmental Quality* vol:35 no:3 p:866-870.

Dikici, H., & Yilmaz, C. H. (2006). Peat fire effects on some properties of an artificially drained peatland. *Journal of Environmental Quality*, 35(3), 866870.

Dinç Durmaz, B. (2014). Aralama Görmüş Genç Kızılçam Ağaçlandırma Alanlarında Yangın Davranışı, Doktora Tezi, KTÜ, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Dindal, D.L. (1990). Soil biology guide. Wiley, New York. Fjellberg, A., 1998. The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part 1: Poduromorpha fauna, *Brill*.

Doamba, S.W.M.F., Savadogo, P. & Nacro, H.B. (2014). Effects of burning on soil macrofauna in a savanna-woodland under different experimental fuel load treatments. *Applied Soil Ecology*, 81, 37–44.

Dondale, C.D. (1990). Litter Araneae, Soil Biology Guide, In: Dindal, D.L. (ed.), Wiley, *New York*, 1053-1092.

Duane, A., Castellnou, M. & Brotons, L. (2021). Towards a comprehensive look at global drivers of novel extreme wildfire events. *Climatic Change*, 165(3), 43.

Dunn, P.H. & DeBano, L.F. (1977). Fire's effects on biological and chemical properties of chaparral soils. In: H.A. Mooney and C.E. Conrad (Technical Coordinators), Symposium on the Environmental Consequences of Fire and Fuel management in Mediterranean Ecosystems, 1-5 August 1977, Palo Alto, CA, USA US Dep. *Agricaltural Forest Service General Technical Report*, WO-3, pp. 75-84.

Duyar, A., (2018). Diversity of Soil Microarthropods in Habitats Containing Different Tree Species in the Spring Season. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27: 9634-9641.

Duyar, A., 2014. Toprak eklembacaklılarının (*Arthropoda*) Bolu-Aladağ göknar (*Abies bornmulleriana* Mattf.) ekosistemindeki mevsimsel değişimi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Duyar, A. & Makineci, E., (2016). The seasonal variation of arthropods living on forest soil at different altitudes in fir (*Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana*) ecosystem in Bolu-Aladağ. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 572-586.

Dzwonko, Z., Loster, S. & Gawroński, S. (2015). Impact of fire severity on soil properties and the development of tree and shrub species in a Scots pine moist forest site in southern Poland, *Forest Ecology and Management*, 307342, 56-63.

Edgecombe, G.D. (2010). Arthropod phylogeny: An overview from the perspectives of morphology, molecular data and the fossil record. *Arthropod Structure & Development*, 39, pp. 74-87.

Edwards, C.A. (1990). Symphyla, Soil biology guide, In: Dindal, D.L., (ed.), Wiley, *New York*, 891-910.

Eisenbeis, G., &Wichard, W. (1987). *Atlas on the Biology of SoilArthropod*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.

Ekinci, H. (2006). Effect of forest fire on some soil physical, chemical and biological properties in Çanakkale, Turkey. *International Journal of Agriculture and Biology*, Vol.8, No. 1, 102-106.

Eldiabani, G. S., Hale, W. H., & Heron, C. P. (2014). The effect of forest fires on physical properties and magnetic susceptibility of semi-arid soils in north-eastern, Libya. International *Journal of Environmental and Ecological Engineering*, 8(1), 54-60.

Emerson, W.W. (1991). Structural decline of soil, assessment and prevention. *Australian Journal of Soil Research*. 29, 905-922.

Esquilin, A.E.J., Stromberger, M.E. & Shepperd, W.D. (2008). Soil scarification and wildfire interactions and effects on microbial communities and carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 72,111-118.

Etiegni, L., & Campbell, A.G. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource Technology*, 37, 173-178.

Evans, A.V., Garrıson, R.W. & Schlager, N. (2003). *Grzimeks Animal Life Encyclopedia* Vol.3 Insects (2th edition). Gale.

FAO, (1990). Micronutrient. Assessment at the country level: an international study. *FAO soil bulletin by Mikko Sillanpaa*. Rome.

Fellows, A.W., Flerchinger, G.N., Lohse, K.A. & Seyfried, M.S. (2018). Rapid recovery of gross production and respiration in a mesic mountain big sagebrush ecosystem following prescribed fire. *Ecosystems* 21(7):1283–1294.

Fernandes, C.J., Vega A. & Fonturbel., T. (2013). Shrub resprouting response after fuel reduction treatments: Comparison of prescribed burning, clearing and mastication. *Journal of Environmental Management*, 117, 235-241.

Fernandes, P. M. & Botelho, H. (2004). Analysis of the prescribed burning practice in the pine forest of northwestern Portugal. *Journal of Environmental Management*, 70, 15- 26.

Fernandes, P. M., Fernandes, M. M. & Loureiro, C. (2012). Survival to prescribed fire of plantation-grown Corsican black pine in northern Portugal, *Annals of Forest Science*, 69, 7, 813-820.

Fernandes, P. M., Vega, J. A., Jiménez, E. & Rigolot, E. (2008). Fire resistance of European pines, *Forest Ecology and Management*, 256, 3, 246-255.

Fernandes, P., Botelho, H. & Loureiro, C., (2000). Fire hazard implications of alternative fuel management techniques-case studies from northern Portugal. In: Neuenschwander, L., Ryan, K. (Eds.), Proceedings From the Joint Fire Science Conference and Workshop, vol. II. University of Idaho, Moscow, pp. 268–270.

Fernandes, P., Matt Davies, G., Fernández, C., Moreira, F., Rigolot, E., Stoof, C., Vega, J.A. & Molina, D. (2013). Prescribed burning in southern Europe:

developing fire management in a dynamic landscape. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 11, 4–14.

Fernandes, P.M. (2009). Combining forest structure data and fuel modelling to classify fire hazard in Portugal. *Annals of Forest Science*, 66:415–415.

Fernandez, C.J., Vega A. & Fonturbel., T. (2013). Shrub resprouting response after fuel reduction treatments: Comparison of prescribed burning, clearing and mastication. *Journal of Environmental Management*, 117, 235-241.

Fernández-García, V., Marcos, E., Fernández-Guisuraga, J.M., Taboada, A., Suárez-Seoane, S. & Calvo, L. (2019a). Impact of burn severity on soil properties in a Pinus pinaster ecosystem immediately after fire. *International Journal of Wildland Fire*, 28(5):354–364.

Fernández-García, V., Marcos, E., Huerta, S. & Calvo, L. (2021). Soil-vegetation relationships in Mediterranean forests after fire. *Forest Ecosystem*, 8(1), 1–13.

Fernández-García, V., Miesel, J., Baeza, M.J., Marcos, E. & Calvo, L. (2019b). Wildfire effects on soil properties in fire-prone pine ecosystems: Indicators of burn severity legacy over the medium term after fre. *Applied Soil Ecology*, 135,147–156.

Ferrer, I., Thurman, E.M., Zweigenbaum, J.A., Murphy, S.F., Webster, J.P. & Rosario-Ortiz, F.L. (2021). Wildfres: Identifcation of a new suite of aromatic polycarboxylic acids in ash and surface water. *Science of the Total Environment*, 770:144661.

Francos, M., Pereira, P. & Úbeda, X. (2019). Effect of pre- and post-wildfire management practices on plant recovery after a wildfire in Northeast Iberian Peninsula, *Journal of Forestry Research*, December 1-15.

Francos, M., Stefanuto, E.B., Úbeda, X. & Pereira, P. (2019). Long-term impact of prescribed fire on soil chemical properties in a wildland-urban interface. Northeastern Iberian Peninsula. *Science of the Total Environment*, 689:305–311.

Francos, M. & Úbeda, X. (2021). Prescribed fire management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21, 100250.

Franklin, J. F. (1993). Preserving biodiversity: species, ecosystems, or landscapes? *Ecological applications*, 3(2), 202-205.

Fujımakı, R., Sato, Y., Okaı, N. & Kaneko, N. (2010). The train millipede (Parafontaria laminata) mediates soil aggregation and N dynamics in a Japanese larch forest. *Geoderma*, 159, 216-220.

Gauthier, S., Bergeron, Y. & Simon, J. P. (1996). Effects of Fire Regime on the Serotiny Level of Jack Pine. *Journal of Ecology*, 84, 539-548.

Genç, M. (2013). Sivikültür Tekniği, *Süleyman Demirel Üniversitesi* Yayın No: 46, Isparta, 400 s.

Gergócs, V., & Hufnagel, L. (2009). Application of oribatid mites as indicators. *Applied Ecology And Environmental Research*, 7(1), 79-98.

Giovannini, G., & Lucchesi, S. (1997). Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities. *Soil Science*, 162(7), 479-486.

Goberna, M., García, C., Insam, H., Hernández, M. T., & Verdú, M. (2012). Burning fire-prone Mediterranean shrublands: immediate changes in soil microbial community structure and ecosystem functions. *Microbial Ecology*, 64, 242-255.

Goforth, B.R., Graham, R.C., Hubbert, K.R., Zanner, C.W. & Minnich, R.A. (2005). Spatial distribution and properties of ash and thermally altered soils after high-severity forest fire, southern California. *International Journal of Wildland Fire*, 14: 343-354.

Gongalsky, K.B., Malmstro¨m, A., Zaitsev, A.S., Shakhab, S.V., Bengtsson, J. & Persson, T. (2012). Do burned areas recover from inside? An experiment with soil fauna in a heterogeneous landscape. *Applied Soil Ecology*., 59, 73–86.

Grabczyńska, O., Olejniczak, I., Pręd*e*cka, A., & Russel, S. (2009). Short-term effects of prescribed forest fire on soil mites (Acari). *Polish Journal of Ecology*, 57(4), 805-809.

Grady, K.C., & Hart, S.C. (2006). Influences of thinning, prescribed burning and wildfire on soil processes and properties in southwestern ponderosa pine forests: a retrospective study. *Forest Ecology Management*, 234, 123–135.

Granged, A.J.P., Jordán, A., Zavala, L.M., Muñoz-Rojas, M. & Mataix-Solera, J., (2011a). Short-term effects of experimental fire for a soil under eucalyptus forest (SE Australia). *Geoderma*, 167–168, 125–134.

Granged, A.J.P., Zavala, L.M., Jordán, A. & Bárcenas-Moreno, G. (2011b). Post-fire evolution of soil properties and vegetation cover in a Mediterranean heathland after experimental burning: a 3-year study. *Geoderma*, 164, 85–94.

Gray, D.M. & Dighton, J. (2009). Nutrient utilization by pine seedlings and soil microbes in oligotrophic pine barrens forest soils subjected to prescribed fire treatment. *Soil Biology, Biochem*, 41 (9), 1957–1965.

Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., García-Orenes, F., & Gómez, I. (2001). Different patterns of aggregate stability in burned and restored soils. *Arid Land Research and Management*, 15(2), 163-171.

Guinto, D. F., Xu, Z. H., House, A. P. N., & Saffigna, P. G. (2001). Soil chemical properties and forest floor nutrients under repeated prescribed-burning in eucalypt forests of south-east Queensland, Australia. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 31(2), 170-187.

Gullan, P.J., & Cranston, P.S. (2009). The insects: *An outline of entomology*, John Wiley & Sons.

Gundale, M.J., DeLuca, T.H., Fiedler, C.E., Ramsey, P.W., Harrington, M.G., Gannon, J.E. (2005). Restoration treatments in a Montana ponderosa pine forest: effects on soil physical, chemical and biological properties. *Forest Ecology Management*, 213, 25–38.

Gülcur, F. (1974). Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. *İ.Ü. Orman Fakültesi* Yayın No:201.

Güney, C.O., Mert, A. & Gülsoy, S. (2023). Orman yangınları sonrası ekosistem tabanlı planlamaya doğru: Yanma derinliğinin sınıflandırılması. *Afet ve Risk Dergisi* Cilt: 6 Sayı: 1(206-225).

Haimi, J., Fritze, H. & Moilanen, P. (2000). Responses of soil decomposer animals to wood-ash fertilization and burning in a coniferous forest stand. *Forest Ecology Management*. 129, 53–61.

Haines, T.K., Busby, R.L. & Cleaves, D.A. (2001). Prescribed Burning in the South: Trends, Purpose, and Barriers, *Southern Journal of Applied Forestry*, 25, 4, 149-153.

Halpern, C.B. & Antos, J.A., (2022). Burn Severity and pre-fire seral state ınteract to shape vegetation responses to fire in a young, Western Cascade Range Forest. *Forest Ecology and Management*, 507: 120028.

Hartford, R.A., & Rothermel, R.C. (1991). Fuel moisture as measured and predicted during the 1988 fires in Yellowstone Park. United States Department of Agriculture. Forest Service, Research Note INT-396. *Intermountain Research Station, Ogden*, Utah. 7 p.

Hernandez-Presa, M., Bustos, C., Ortego, M., Tunon, J., Renedo, G., Ruiz-Ortega, M. & Egido, J. (1997). Angiotensin-converting enzyme inhibition prevents arterial nuclear factor-κB activation, monocyte chemoattractant protein-1 expression, and macrophage infiltration in a rabbit model of early accelerated atherosclerosis. *Circulation*, 95(6), 1532-1541.

Heydari, M., Rostamy, A., Najafi, F. & Dey, D.C. (2017). Effect of fire severity on physical and biochemical soil properties in Zagros oak (Quercus brantii lindl.) forests in Iran. *Journal of Forestry Research*. 28, 95–104.

Heyward, F., & Barnette, R.M. (1934). Effects of frequent fires on chemical composition of forest soils in the Longleaf Pine Region. *Florida Agricultural Experiment Station Technical Bulletin*.

Hızalan, E., & Ünal, H. (1966). Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. *A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 278, Ankara.

Hiers, J.K., O'Brien, J.J., Varner, J.M., Butler, B.W., Dickinson, M., Furman, J., Gallagher, M., Godwin, D., Goodrick, S.L., Hood, S.M. & Hudak, A. (2020). Prescribed fire science: the case for a refined research agenda. *Fire Ecology*, 16(1),1–15.

Hille, M. (2006). Fire Ecology of Scots Pine in Northwest Europe, PhD Thesis, *Wageningen University*, Wageningen.

Hoffman, R.L. (1990). Diplopoda, Soil Biology Guide, In: Dindal, D.L. (ed.), Wiley, *New York*, 835-859.

Hopkin, S.P. (1997). Biology of Springtails (Insecta: Collembola). *Oxford University Press*, 344 p.

Hosseini, M., Geissen, V., González-Pelayo, O., Serpa, D., Machado, A.I., Ritsema, C. & Keizer, J.J. (2017). Efects of fre occurrence and recurrence on nitrogen and phosphorus losses by overland fow in maritime pine plantations in north-central Portugal. *Geoderma* 289,97–106.

Hoy, M. A. (2011). Agricultural acarology: *introduction to integrated mite management*, (Vol. 7). CRC press.

Hu, M., Song, J., Li, S., Li, Z., Hao, Y., Di, M. & Wan, S. (2020). Understanding the efects of fre and nitrogen addition on soil respiration of a feld study by combining observations with a meta-analysis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 292,108106.

Huebner, K., Lindo, Z. & Lechowic, M.J. (2012). Post-fire succession of collembolan communities in a northern hardwood forest. *European Journal of Soil Biology*, 48, 59–65.

Hutchings, L., Jarre, A., Lamont, T. & van den Berg, M. (2011). St Helena Bay 1950s to 2000s: muted climate signals, large human impact. *Internal Report, MA-RE Institute, University of Cape Town*.

Inbar, A., Lado, M., Sternberg, M., Tenau, H. & Ben-Hur, M. (2014). Forest fre efects on soil chemical and physicochemical properties, infltration, runof, and erosion in a semiarid Mediterranean region. *Geoderma* 221,131–138.

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Irmak, A. (1972). Toprak İlmi. Taş Matbaası, İstanbul.

Irmler, U. (2006). Climatic and litter fall effects on collembolan and oribatid mite species and communities in a beech wood based on a 7 years investigation. *European Journal of Soil Biology*, 42; 51-62.

Ivars, T.V. (2018). The Effects of Prescribed Fire Burning on the Vigour of Mediterranean Pine Species, PhD Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de *Catalunya* (CTFC), Barcelona.

İnak, E., & Çobanoğlu, S. (2017). Toprak Akarları (Acari: Oribatida) ve Ekotoksikoloji. Mustafa Kemal Üniversitesi *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 89 96.

Johnson, D. W. (1992). Effects of forest management on soil carbon storage. *Water, Air, and Soil Pollution*, 64, 83-120.

Joo, S.J., Yim, M.H. & Nakane, K. (2006). Contribution of microarthropods to the decomposition of needle litter in a Japanese cedar (Cryptomeria japonica D. Don) plantation. *Forest Ecology and Management*, 234: 192-198.

Jordan, A., Zavala, L., Mataix-Solera, J., Nava, A. & Alanis, N. (2011). Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability of Mexican volcanic soils. *Catena*, 84 (3), 136–147.

Jorgensen, J.R., & Hodges, C.S. (1971). Effects of prescribed burning on the microbial characteristics of soil. USDA For Ser (Eds.), Prescribed Burning Symposium Proceedings, pp. 107–110.

Kacar, B. (2009). Toprak analizleri. *Nobel Akademik Yayıncılık*.

Kacar, B., & Katkat, V. (2010). Bitki besleme (5. Basım), Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti: *Kızılay-Ankara*.

Kahveci, Ü. (2016). Yangın Görmüş Kızılçam Meşcerelerinde Azot Mineralleşme Potansiyelinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Artvin Çoruh Üniversitesi.

Kakouros, P., & Dafis, S. (2012). Guidelines for restoration of Pinus nigra forests affected by fires through a structured approach, Version 2, *Grek Biotope-Wetland Centre, Thermi*, 27.

Kalra, Y.P. & Maynard, D.G. (1991). Methods manual for forest soil and plant analysis. *Forestry Canada Northern Forestry Publication*. Alberta, Canada.

Kamczyc, J., Urbanowski, C., & Pers-Kamczyc, E. (2017). Mite communities (Acari: Mesostigmata) in young and mature coniferous forests after surface wildfire. *Experimental and Applied Acarology*, 72, 145-160.

Kantarcı, M.D. (2000). Toprak İlmi, İstanbul Üniversitesi *Orman Fakültesi Yayınları*, 4261, İstanbul.

Kaptanoğlu, A.S., & Namlı, A. (2019). Orman yangınının ve yangın sonrası boşaltma kesimlerinin toprak özelliklerine etkisi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 29 – 46.

Kaptanoğlu, A.S., Tavşanoğlu, Ç. & Turgay, O.C. (2018). Soil chemistry and microbial activity after a surface fire in a mixed temperate forest. *Eurasian Journal of Forest Science,* 6(4), 1-13.

Kara, Ö., & Bolat, İ. (2009). "Short term effects of wildfire on microbial biomass and abundance in black pine plantation soils in Turkey", *Ecological Indicators*, 9, 1151-1155.

Karaöz, M.Ö. (1989). Toprakların su ekonomisine ilişkin bazı fiziksel özelliklerinin laboratuvarda belirlenmesi yöntemleri. İstanbul Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi*, 39(2), 133-144.

Karaöz, M.Ö. (1992). Yaprak ve ölü örtü analiz yöntemleri. İstanbul Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi*, 42, 57-71.

Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 18, 116-126.

Keeley, J. E. (2012). Ecology and evolution of pine life histories. *Annals of Forest Science*, 69, 445-453.

Kennard, D.K., & Gholz, H.L. (2001). Effects of high-intensity fires on soil properties and plant growth in a Bolivian dry forest. *Plant Soil,* 234, 119–129.

Kentley, J. (1990). Acarina: Prostigmata (Actenidida), Soil Biology Guide, In: Dindal, Kıran, K., Aktaç, N., 2006, The vertical distribution of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of the Samanli Mountains, Turkey, *Linzer Biologische Beiträge*, 38(2), 1105-1122.D.L. (ed.), Wiley, New York, 667–756

Kıss, L., & Magnın, F. (2003). The impact of fire on some Mediterranean land snail communities and patterns of post-fire recolonization. *Journal of Molluscan Studies*, 69(1), 43-53.

Kim, J.W., & Jung, C. (2008). Abundance of soil microarthropods associated with forest fire severity in Samcheok, Korea. *Journal Asia Pacific Entomology*. 11, 77–81.

Kimmins, J.P. (1997). Forest Ecology. *Macmillan Publishing Company*, New Jersey, A.B.D.

Kiss, L., & Magnin, F. (2006). High resilience of Mediterranean land snail communities to wildfires. *Biodiversity & Conservation,* 15, 2925-2944.

Knicker, H., Almendros, G., González-Vila, F.J., González-Pérez, J.A. & Polvillo, O. (2006). Characteristic alterations of quantity and quality of soil organic matter caused by forest fires in continental Mediterranean ecosystems: a solid-state 13C NMR study. *Europen Journal Soil Science*. 57:558–569.

Krantz, G.W. (1978). A manual of acarology (2nd edition), *Oregon State University Bookstores*, Corvallis.

Krantz, G.W., & Ainscough, B.D. (1990). Acarina: Mesostigmata (Gamasida), *Soil Biology Guide,* In: Dindal, D.L. (ed.), Wiley, New York.

Kuhnelt, W. (1961). *Soil biology, with special reference to the animal kingdom*. Faber & Faber., England.

Kula, B. (2018). Karaçam meşcerelerindeki örtü ve tepe yangınlarının toprak özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek lisans tezi.*

Kunkel, K. E., 2001. Surface Energy Budget and Fuel Moisture, Forest Fires Behavior and Ecological Effects, E. A. Jonhnson ve K. Miyanishi (Ed.), *Academic Press., San Diego*, 303-350.

Kupfer, J. A., Terando, A. J., Gao, P., Teske, C. & Hiers, J. K. (2020). Climate change projected to reduce prescribed burning opportunities in the south-eastern United States. *International Journal of Wildland Fire*, 29(9), 764.

Kutiel, P., & Shaviv, A. (1992). Effects of soil type, plant composition and leaching on soil nutrients following a simulated forest fire. *Forest Ecology And Management*, 53(1-4), 329-343.

Kücük, Ö., Bilgili, E. & Sağlam, B. (2008a). Estimating Crown Fuel Loading for Calabrian Pine and Anatolian Black Pine, *International Journal of Wildland Fire*, 17(1), 147- 154.

Küçük Ö., Bilgili E. & Baysal İ., (2007), Fire development from a point source in surface fuels of a mature anatolian black pine stand, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31(4), 263-273.

Küçük, M. (2006). Genç karaçam meşcerelerinde yangının toprak solunumu, kök kütlesi ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 61, Artvin.

Küçük, Ö. (2004). Yanıcı madde özellikleri ve yangın davranışına bağlı yangın potansiyelinin belirlenmesi ve haritalanması. *KTU Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Trabzon.

Küçük, Ö., Bilgili, E., Dinç Durmaz, B., Sağlam, B., Baysal, İ. (2009). Örtü yangınının tepe yangınına geçişinde etkili olan faktörler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(2), 80-85.

Küçük, Ö., Bilgili, E., Sağlam, B., Başkaya, Ş. & Dinç Durmaz, B., (2008b). Some parameters affecting fire behavior in Anatolian black pine slash. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2), 121-129.

Küçük, Ö., Bilgili, E., Sağlam, B., Durmaz, B. D. & Baysal, İ. (2010). Türkiye'de Yangın Davranışının Belirlenmesine Yönelik Yapılan Deneme Yangınları. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*. Cilt: III, Sayfa: 1251-1261.

Küçük, Ö. & Sağlam, B. (2004). Orman yangınları ve hava halleri. *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi*, 4 (2), 220–231.

Küçük, Ö. & Sevinç, V., (2023). Fire behavior prediction with artificial intelligence in thinned black pine (*Pinus nigra Arnold*) stand. Volume 529. *Forest Ecology and Management.*

Ladrach, W. (2009) The effects of fıre in agriculture and forest ecosystems. Special report, 5400 *Grosvenor Lane Bethesda*, Maryland 20814, USA.

Larroulet, M. S., Hepper, E. N., Redondo, M. P. Á., Belmonte, V., & Urioste, A. M. (2016). The Caldenal ecosystem: Effects of a prescribed burning on soil chemical properties. *Arid Land Research and Management*, 30(1), 105-119.

Larssen, T. (2007). Unravelling collembolan life belowground: Stoichiometry, metabolism and release of carbon and nitrogen, Ph. D. Thesis, *Plant Nutrition and Soil Fertility Laboratory, University of Copenhagen*- Denmark.

Lavee, H., Kutiel, P., Segev, M., & Benyamini, Y. (1995). Effect of surface roughness on runoff and erosion in a Mediterranean ecosystem: the role of fire. *Geomorphology*, 11(3), 227-234.

Lavoie, M., Starr, G., Mack, M. C., Martin, T. A., & Gholz, H. L. (2010). Effects of a prescribed fire on understory vegetation, carbon pools, and soil nutrients in a longleaf pine-slash pine forest in Florida. *Natural Areas Journal*, 30(1), 82-94.

Lebrun, P. & Straalen, N.M. (1995). Oribatid mites: Prospects for their use in ecotoxicology. *Experimental and Applied Acarology*, 19 (7), 361-379.

Levıs, J.G.E. (2007). The Biology of Centipedes. *Cambridge University Press*, London.

Liodakis, S., Antonopoulos, I., & Tsapara, V. (2009). Forest fire retardancy evaluation of carbonate minerals using DTG and LOI. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 96(1), 203-209.

Liu, J., Qiu, L., Wang, X., Wei, X., Gao, H., Zhang, Y., Cheng, J. (2018). Efects of wildfre and topography on soil nutrients in a semiarid restored grassland. *Plant Soil*, 428(1),123–136.

Lock, K., Adriaens, T. & Stevens, M. (2010). Distribution and ecology of the Belgian Campodea species (Diplura: Campodeidae), *European Journal of Soil Biology*, 46, 62-65.

Longcore, T. (2003). Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in coastal sage scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology*. 11: 397-409.

López, R. (2002). Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial. *Universidad de los Andes, Mérida*. Venezuela, pp. 8–42.

Loue, A. (1968). Diagnostis Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. *Societe Commerciale des Potasses d"Alsace Services Agronomiques*, pp. 31-41.

Lucas-Borja M.E., Calsamiglia A., Fortesa J., GarcíaComendador J., Guardiola E.L., García-Orenes F., Gago J. & Estrany J. (2018). The role of wild fire on soil quality in abandoned terraces of three Mediterranean micro-catchments. *Catena*, 170, 246–256. DOI: 10.1016/j.catena.2018.06.014

Lucas-Borja, M. E., Ortega, R., Miralles, I., Plaza-Álvarez, P. A., González-Romero, J., Peña-Molina, E., Moya, D., Zema, D. A., Wagenbrenner, J. W. & de las Heras, J. (2020). Efects of wildfre and logging on soil functionality in the short-term in Pinus halepensis M. forests, *European Journal of Forest Research,* 1-11.

Lucas-Borja, M.E., Madrigal, J., Candel-Pérez, D., Jiménez, E., Moya, D., de las Heras, J., Guijarro, M., Vega, J. A., Fernández, C. & Hernando, C. (2016). Effects of prescribed burning, vegetation treatment and seed predation on natural regeneration of Spanish black pine (*Pinus nigra Arn. ssp. salzmannii*) in pure and mixed forest stands, *Forest Ecology and Management,* 378, 24-30.

Malmström, A. (2010). The importance of measuring fire severity – Evidence from microarthropod studies. *Forest Ecology and Management*, 260, 62–70.

Malmström, A. (2012). Collembola in Low Stumps at Clear-Cuts. Is Stump Harvesting a Threat? Scand. *Journal Forest Research*, 27, 734–745.

Malmström, A., Persson, T. & Ahlström, K. (2008). Effects of fire intensity on survival and recovery of soil microarthropods after a clearcut burning. Can. *Journal Forest Research*, 38, 2465–2475.

Malmström, A., Persson, T., Ahlström, K., Gongalsky, K.B. & Bengtsson, J. (2009). Dynamics of soil meso- and macrofauna during a 5-year period after clear-cut burning in a boreal forest. *Applied Soil Ecology*, 43, 61–74.

Mantoni, C., Di Musciano, M. & Fattorini, S. (2020). Use of microarthropods to evaluate the impact of fire on soil biological quality. *Journal of Environmental Management*, 266, 110624.

Marcos, E., Tarrega, R. & Luis, E. (2007). Changes in a Humic Cambisol heated (100-500 °C) under laboratory conditions: The significance of heating time. *Geoderma*, 138(3- 4), 237-243.

Marx, M.T., Guhmann, P. & Decker, P. (2012). Adaptations and Predispositions of Different Middle European Arthropod Taxa (Collembola, Araneae, Chilopoda, Diplopoda) to Flooding and Drought Conditions. *Animals*, 2, 564-590.

Massman, W.J., Frank, J.M. & Mooney, S.J. (2010). Advancing investigation and physical modeling of first-order fire effects on soils. *Fire Ecology*, 6, 36–54.

Mataix-Solera, J., & Doerr, S.H. (2004). Hydrophobicity and agregate stability in calcerous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain. *Geoderma*, 118, 77-88.

Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2007). Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. *Incendios forestales, suelos y erosión hídrica*, 5-40.

McCauley, A., Jones, C. & Jacobsen, J. (2009) Nutrient Management. Nutrient management module 9 Montana State University Extension Service. *Publication*, 4449-9, p.1-16.

McCaw, W.L. (2013). Managing forest fuels using prescribed fire a perspective from southern Australia. *Forest Ecology Managament*, 294, 217–224.

McKenney, D. W., Sims, R. A., Solué, F. G., Mackey, B. G. & Caampbell, K. L., (eds) (1994). Towards asset of Biodiversty Indicators for Canadian Forest: Proceeding of a *Forest Biodiversity Indicators Workshop*. Sault Ste. Marie, Ontario. Nov. 19-Dec.1. 1993.113

Medianero, E., Castano-Meneses, G., Tishechkin, A., Basset, Y., Barrios, H., Odegaard, F., Cline, A.R. & Bail, J. (2007). Influence of local illumination and plant composition on the spatial and seasonal distribution of litter-dwelling arthropods in a tropical rainforest, *Pedobiologia*, 51(2), 131-145.

Mehtatalo, L., & Lappi, J. (2020). *Biometry for Forestry and Environmental*, Data: with examples in R. New York: Chapman and Hall/CRC. 426 p.

Meira-Castro, A., Shakesby, R.A., Espinha Marques, J., Doerr, S., Meixedo, J.P., Teixeira, J. & Chaminé, H.I. (2014). Effects of prescribed fire on surface soil in a Pinus pinaster plantation, northern Portugal. *Environmental Earth Sciences*, 73 (6), 3011–3018.

Melillo, J.M., Steudier, P.A., Aber, J.D., Newkirk, K., Lux, H., Bowles, F.P., Morrisseau, S. (2002). Soil warming and carbon-cycle feedbacks to the climate system. *Science*, 298 (5601), 2173–2176.

Meyer, J.R. (2016a). *General Entomology*. Protura

Meyer, J.R. (2016b). *General Entomology*. Diplura.

Minelli, A., & Golovatch, S.I. (2001). Myriapods, *Encyclopedia of Biodiversity*, 4, 291- 303.

Minor, M., & Cianciolo, J. (2007). Diversity of soil mites (Acari: Oribatida, Mesostigmata) along a gradient of land use types in New York. *Applied Soil Ecology*, 35, 140-153.

Moghaddas, E., & Stephens, S.L. (2007). Thinning, burning and thin-burn fuel treatment effects on soil properties in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology Management*, 250, 156–166.

Mooney, C. (2013). Can light stand thinning weaken an advancing crown fire? A case study in black spruce (Picea mariana). *FP Innovations Wildfire Operations Research*, Hinton, Alberta. 10 p.

Moretti, M., Duelli, P. & Obrist, M.K. (2006). Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia* 149,312–327.

Moya, D., González-De Vega, S., Lozano, E., García-Orenes, F., MataixSolera, J., Lucas-Borja, ME. & de Las, H.J. (2019). The burn severity and plant recovery relationship afect the biological and chemical soil properties of Pinus halepensis

Mill. stands in the short and mid-terms after wildfre. *Journal Enviroment Management*, 235, 250–256.

Muchmore, W.B. (1990). Pseudoscorpionida, *Soil Biology,* Guide, In: Dindal, D.L., (ed.), Wiley, New York, 503-527.

Muqaddas, B., Zhou, X., Lewis, T., Wild, C. & Chen, C. (2015). Long-term frequent prescribed fre decreases surface soil carbon and nitrogen pools in a wet sclerophyll forest of Southeast Queensland, *Australia Science Total Environment*, 536, 39–47.

Murunga, M. (2013). Assessment Of Short Term Effects Of Fıre On Soıl Arthropods In The Aberdare Natıonal Park, Kenya. A Dissertation submitted in partial fulfillment as a requirement for an award of a Bachelors Degree (BSc.) *In Environment Conservation and Natural Resources Management.*

Nabatte, P., & Nyombi, K. (2013). Effects of pine plantation surface fires on soil chemical properties in Uganda. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, 1(7): 10-14.

Naery, D.Y., Klopatek, C., DeBano, L.F. & Ffolliott, F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. Forest Ecology and Management 122 (1999) 51-71. USDA Forest Service, *Rocky Mountain Research Station*, Flagstaff AZ 86001, USA.

Neary, D.G., Ryan, K.C. & DeBano, L.F. (2005). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. *General Techinical Report*, RMRS-GTR-42-4. (Ogden, UT.)

Neary, D.G., Ryan, K.C. & DeBano, L.F. (2008). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol.4. Ogden, UT: U.S. *Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station*. 250 p.

Neill, C., Patterson, W.A. & Crary, D.W. (2007). Responses of soil carbon, nitrogen and cations to the frequency and seasonality of prescribed burning in a Cape Cod oak-pine forest. *Forest Ecology Management*, 250, 234–243.

Nelson, R. M., (2001). Water relations of forest fuels, Forest Fires Behavior and Ecological Effects, E. A. Johnson ve K. Miyanishi (Ed.), *Academic Press., San Diego*, 79-149.

Neyişci, T. (1996). Kolay ve Güç Yanan Bitki Türleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*, Yıl:33, Sayı:5, Ankara.

Neyişçi, T. (1989). Kızılçam orman ekosistemlerinde denetimli yakmanın toprak kimyasal özellikleri ve fidan gelişimi üzerine etkileri. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü*, Teknik Bülten No: 205, 56 sayfa Ankara.

Neyişçi, T., Şirin, G. & Sarıbaşak, H. (2002). Batı Akdeniz Bölgesinde Orman Yangını Tehlikesinin Düşürülmesinde Denetimli Yakma Tekniğinin Uygulanma Olanakları. TOD Yayın No 2. ISBN 975-93478-1-4, 63 sayfa, *Ankara*.

OGM. (2020a). Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, *Ankara*, 58s.

OGM. (2020b). Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2019 Türkiye Raporu. Orman Genel Müdürlüğü, *Ankara*, 215s.

Ojala, R., & Huhta, V. (2001). Dispersal of microarthropods in forest soil. *Pedobiologia* 45(5): 443-450.

Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M. J. I., Chotte, J. L., de Deyn, G. B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N. C., Jones, A. & Kandeler, E., et al. (2016). Chapter 2. Diversity of soil organisms. *In Global Soil Biodiversity Atlas* (ed. European Commission). *Publications Office of the European Union*, Luxembourg.

Önen, Ö., & Koç, K. (2011). Seasonal and vertical distribution of Acarina fauna of grassland, Çankaya University, *Journal Of Science And Engineering*, Volume 8, No. 2, 277-289.

Özata, M.A. (2015). Ordu ili Collembola (Hexapoda) faunasının belirlenmesi üzerine bir çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu.

Özdamar, S. (2010). Determination of Forest Fire Effects Using Landsat TM Satellite Data. Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, *Forest Engineering Department, Bachelor's Degree Thesis*, 26 p., Isparta, Turkey.

Özkazanç, N.K., & Ertuğrul, M. (2011). Orman Yangınlarının Fauna Üzerine Etkileri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt:13, Sayı: 19,128-135.

Page, A.L., Miller, R.H. & Keeney, D.R. (1982). Methods of Soil Analysis, Part 2, 2nd Edition. *Agronomy Monograph*, Vol. 9. *American Society of Agronomy. Madison*, WI, 1142pp. 2.

Pakdemirli, B. & Küçük, Ö., (2021). Orman Yangınlarının Yönetiminde Kullanılan Yeni Teknolojiler. Ekoloji ve Ekonomi Ekseninde Türkiye'de Orman ve Ormancılık. Sayfa 3-21.

Palacios-Vartas, J.G., Casta˜no-Meneses, G., Gómez-Anaya, J.A., Martínez-Yrizar, A., Mejía-Recamier, B.E. & Martínez-Sánchez, J. (2007). Litter and soil arthropods diversity and density in a tropical dry forest ecosystem in Western Mexico, *Biodiversity and Conservation*, 16, 3706–3717.

Panico, S.C., Ceccherini, M.T., Memoli, V., Maisto, G., Pietramellara, G., Barile, R. & De Marco, A. (2020). Effects of different vegetation types on burnt soil properties and microbial community. *International Journal of Wildland Fires*, 29, 628–636.

Parisi, V., Menta, C., Gardi, C., Jacomini, C. & Mozzanica, E. (2005). Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105: 323-333.

Parlak, M. (2012). Effect of heating on some physical, chemical and mineralogical aspects of forest soil. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 143-152.

Parlak, M. (2018). Çanakkale (Eceabat, Akbaş Şehitliği) orman yangınıyla bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin zamansal değişiminin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 29-38.

Paul, D., Nongmaithem, A. & Jha, L.K. (2011). Collembolan density and diversity in a forest and an agroecosystem. *Open Journal Soil Science*, 1:54–60.

Pausas, J.G., & Keeley, J.E. (2009). A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), 593-601. doi:10.1525/bio.2009.59.7.10

Paveglio, T.B., Brenkert-Smith, H., Hall, T. & Smith, A.M.S. (2015). Understanding social impact from wildfires: advancing means for assessment. *International Journal of Wildland Fire*, 24(2), 212-224.

Per, S., Taşdemir, A. & Ayyıldız, N. (2015). Türkiye faunası için yeni oribatid akarlar (Acari, Oribatida). *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5 (1), 29-34.

Pereira, P., Francos, M., Brevik, E. C., Ubeda, X., & Bogunovic, I. (2018). Post-fire soil management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 26-32.

Pereira, P., Úbeda, X., Martin, D., Mataix-Solera, J., Cerda, A., & Burguet, M. (2014). Wildfire effects on extractable elements in ash from a Pinus pinaster forest in Portugal. *Hydrological Processes*, 28(11), 3681-3690.

Pereira, P., Úbeda, X., Martin, D., Mataix-Solera, J. & Guerrero, C. (2011). Effects of a low severity prescribed fire on water-soluble elements in ash from a cork oak (Quercus suber) forest located in the northeast of the Iberian Peninsula. *Environment Research*, 111, 237–247.

Petersen, H. (2002). General aspects of collembolan ecology at the turn of the millennium, *Pedobiologia*, 46, 246-260.

Petersen, H., & Luxton, M. (1982). A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39, 288-388.

Pierson, F.B., Robichaud, P.R., Moffet, C.A., Spaeth, K.E., Williams, C.J., Hardegree, S.P. & Clark, P.E. (2008). Soil water repellency and infiltration in coarse-textured soils of burned and unburned sagebrush ecosystems. *Catena* 74 (2), 98–108.

Pizer, N.H. (1967). Some Advisory Aspect. Soil Potassium and Magnesium. *Tech. Bull*. No.14:184.

Pritchett, W.L. (1979). Proporties and Managemant of Forest Soils. *John Willey and Sons.*

Radea, C. (1993). Environmental factors that influence the temporal variation of predatory macroarthropods in the organic horizon of a Mediterranean pine forest. *Biologia Gallo-Hellenica,* 20: 249-258.

Radea, C., & Arianoutsou, M. (2012). Soil arthropod communities and population dynamics following wildfires in pine forests of the Mediterranean Basin: a review. *Israel Journal of Ecology and Evolution*ment, 58(2-3), 137-149.

Reinhardt, E.D., Brown, J.K., Fischer, W.C. & Graham, R.T. (1991). Woody fuel and duff consumption by prescribed fire in northern Idoha mixed conifer logging slash. USDA *Forest Service General Technical Report,* INT-443.

Reinhardt, E.D., Keane, R.E., & Brown, J.K. (1997). First order fire effects model: FOFEM 4.0 user's guide. USDA *Forest Service General Technical Report,* INT-344.

Ribeiro-Kumara, C., Pumpanen, J., Heinonsalo, J., Metslaid, M., Orumaa, A., Jõgiste, K., Berninger, F. & Köster, K. (2020). Long-term effects of forest fires on soil greenhouse gas emissions and extracellular enzyme activities in a hemiboreal forest. *Science Total Environment,* 718:135291.

Richards, L.A. (1954). Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils. US Department of Agriculture, Forest Service, 60.

Riley, C.B., Herms, D.A. & Gardiner, M.M. (2018). Exotic trees contribute to urban forest diversity and ecosystem services in inner-city Cleveland, OH. Urban Forestry & Urban Greening, 29 pp. 367-376.

Ritcher, D.D., & Ralston, C.W. (1982). Prescribed fire: effects on water quality and forest nutrient cycling. *Science,* 661–663

Roaldson, L.M., Johnson, D.W., Miller, W.W., Murphy, J.D., Walker, R.F., Stein, C.M. & Glass, D.W. (2014). Prescribed fire and timber harvesting effects on soil carbon and nitrogen in a pine forest. *Soil Science Society of America Journal*, 78 (1), S48–S57.

Robertson, G.P., Coleman, D.C., Bledsoe, C.S. & Sollins, P. (1999). Standard Soil Methods For Long-Term. *Ecological Research, Oxford University Press*.

Rothermel, R.C. (1991). Predicting behavior and size of crown fires in the Northern Rocky Mountains. USDA *Forest Service General Technical Report,* INT-438.

Rubenacker, A., Campitelli, P., Velasco M. and Ceppi, S. (2012). Fire ımpact on several chemical and physicochemical parameters in a forest soil departamento de recursos naturales, facultad de ciencias agropecuarias, *Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.*

Ruecker, G., Leimv-bach, D. & Tiedemann, J. (2021). Estimation of Byram's Fire Intensity and Rate of Spread from Spaceborne Remote Sensing Data in a Savanna Landscape, *Fire*, 4, 65, 1-14.

Ruf, A., Beck, L. (2005). The use of predatory soil mites in ecological soil classification and assessment concepts, with perspectives for oribatid mites. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62 (2): 290-299.

Rutigliano, F. A., Migliorini, M., Maggi, O., D'Ascoli, R., Fanciulli, P. P., & Persiani, A. M. (2013). Dynamics of fungi and fungivorous microarthropods in a Mediterranean maquis soil affected by experimental fire. *European Journal of Soil Biology*, 56, 33-43.

Ryan, K. C., Knapp, E. E., & Varner, J. M. (2013). Prescribed fire in North American forests and woodlands: history, current practice, and challenges. Frontiers in *Ecology and the Environment*, 11(s1), e15-e24.

Ryan, K.C. (2002). Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica*, 36: 13–39.

Sabaıs, A.C.W., Scheu, S. & Eısenhauer, N. (2011). Plant species richness drives the density and diversity of Collembola in temperate grassland. *Acta Oecologica*.

Sağlam, B. (2002). Meteorolojik Faktörlere Bağlı Yanıcı Madde Nem İçerikleri ve Maki Tipi Yanıcı Maddelerde Yangın Davranışı, Doktora Tezi, *KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 120 s.

Sağlam, B., Tüfekcioglu, A., Tüfekcioglu, M., Küçük, M. & Ateş, M. (2017). Yaşlı karaçam meşcerelerinde farklı şiddetlerdeki örtü yangınlarının erozyon toprak solunumu azot mineralizasyonu ve mikrobiyal biyokütle ile diğer bazı toprak özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. TÜBİTAK 1001 *Araştırma Projesi Raporu*. Proje No: 213O193. Artvin.

Saifutdinov, R.A., Gongalsky, K.B., Zaitsev, A.S. (2018). Evidence of a trait-specific response to burning in springtails (Hexapoda: Collembola) in the boreal forests of European Russia. *Geoderma*, 332, 173–179.

Salmon, S., Frizzera, L. & Camaret, S. (2008). Linking forest dynamics to richness and assemblage of soil zoological groups and to soil mineralization processes. *Forest Ecology Management*, 256, 1612–1623.

Salmon, S., Mantel, J., Frizzera, L. & Zanella, A. (2006). Changes in humus forms and soil animal communities in two developmental phases of Norway spruce on an acidic substrate. *Forest Ecology And Management*, 237, 47-56.

San Emeterio, L., Múgica, L., Ugarte, M. D., Goicoa, T., & Canals, R. M. (2016). Sustainability of traditional pastoral fires in highlands under global change: Effects on soil function and nutrient cycling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 155-163.

Santín, C., & Doerr, S. H. (2016). Fire effects on soils: the human dimension. Philosophical Transactions of the Royal Society B: *Biological Sciences*, 371(1696), 20150171.

Santín, C., Otero, X.L., Doerr, S.H. & Chafer, C.J. (2018). Impact of a moderate/high-severity prescribed eucalypt forest fire on soil phosphorous stocks and partitioning. *Science Total Environment*, 621:1103–1114.

Scharenbroch, B.C., Nix, B., Jacobs, K.A. & Bowles, M.L. (2012). Two decades of low-severity prescribed fire increases soil nutrient availability in Midwestern, USA oak (Quercus) forest. *Geoderma*, 183-184, 89–91

Schroeder, Dave. (2010). Fire behaviour in thinned jack pine: two case studies of FireSmart treatments in Canada's Northwest Territories. *FP Innovations Advantage Report*, Volume 12. No.7. October 2010. 11p.

Scotter, G. (1963). Effects of Forest fires on soil properties in northem saskatchewan. *Forestry Chronicle*, 39(4).

Shakesby, R.A., Bento, C.P.M., Ferreira, C.S.S., Ferreira, A.J.D., Stoof, C.R., Urbanek, E. & Walsh, R.P.D. (2015). Impacts of prescribed fire on soil loss and soil quality: an assessment based on an experimentally-burned catchment in central Portugal. *Catena*, 128, 278–293.

Shannon, C., & Weaver, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois Pres: Urbana*.

Shear, W. A., & Bonamo, P. M. (1988). Devonobiomorpha, a new order of centipeds (Chilopoda) from the Middle Devonian of Gilboa, New York State, USA, and the phylogeny of centiped orders. American Museum novitates; no. 2927.

Shen, J., Chen, C.R., Lewis, T. (2016). Long term repeated fire disturbance after soil bacterial diversity but not the abundance in an Australian wet sclerophyll forest. *Scientific reports*, 19639.6

Sherman, L. A., Brye, K. R., Gill, D. E., & Koenig, K. A. (2005). Soil chemistry as affected by first-time prescribed burning of a grassland restoration on a coastal plain Ultisol. *Soil Science*, 170(11), 913-927.

Shimano, S., & Matsuo, T. (2002). Morphological studies on the digestive tract of Scheloribates azumaensis (Acari, Oribatida). *Journal of the Acarology Society of Japan*, 11 (1): 37-40.

Sileshi, G., & Mafongola, P.L. (2006). "The short term impact of forest fire on soil invertebrates in the Miombo." *Biodiversity and Conservation: Springer*- online.

Smilauer, P. & Lep's, J. (2014). Multivariate analysis of ecological data using CANOCO 5, 2nd edn. Cambridge, UK: *Cambridge University Press*, 362.

Somme, L. (1995). Invertebrates in hot and cold arid environment. *Springer*, Berlin.

Stocks, B. J., Alexander, M. E., & Lanoville, R. A. (2004a). Overview of the international crown fire modelling experiment (ICFME). *Canadian Journal of Forest Research*, 34(8), 1543-1547.

Stocks, B.J., Alexander, M.E. & Wotton, B.M. (2004b). Crown fire behaviour in a northern jack pine-black spruce forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 1548-1560.

Stocks, B.J., Alexander, M.E., Wotton, B.M., Stefner, C.N., Flannigan, M.D., Taylor, S.W., Lavoie, N., Mason, J.A., Hartley, G.R., Maffey, M.E., Dalrymple, G.N., Blake, T.W., Cruz, M.G., & Lanoville, R.A. (2004). Crown fire behavior in a northern jack pine – black spruce forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 1548–1560.

Stoev, P. & Enghoff, H. (2008). A revision of the millipede tribe Apfelbeckiini Verhoeff, 1900 (Diplopoda: Callipodida: Schizopetalidae). *Steenstrupia* 39 (1), 47–66. *Copenhagen*, Denmark. April. ISSN 0375-2909.

Stoev, P., Zapparoli, M., Golovatch, S., Enghoff, H., Akkari, N. & Barber, A. (2010). Myriapods (Myriapoda), Chapter 7.2, *BioRisk*, 4, 97-130.

Swengel, A. B. (2001). A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. *Biodiversity & Conservation*, 10, 1141-1169.

Swift, M.J., Heal, W., Anderson, J.M. (1979). Decomposition in Terrestrial Ecosystems. *University of California Press*, Berkeley.

Switzer, J.M., Hope, G.D., Grayston, S.J., Prescott, C.E. (2012). Changes in soil chemical and biological properties after thinning and prescribed fire for ecosystem restoration in a Rocky Mountain Douglas-fir forest. *Forest Ecology Management*, 275, 1–13.

Sylvaın, Z.A., & Buddle, C.M. (2010). Effects of forest stand type on oribatid mite (Acari: Oribatida) assemblages in a southwestern Quebec forest. *Pedobiologia*, 53, 321-325.

Şengönül, K. (1985). Orman yangınları ile toprak ısınması arasındaki ilişkiler ve yangınların toprak özellikleri üzerine etkileri. *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi* Seri B, Sayı:2 Cilt:35. İstanbul.

Şengönül, K. (1993). Kızılçam sahalarında güç ıslanan topraklar ve doğurduğu sorunlar. *Uluslararası Kızılçam Sempozyumu*, 18-23 Ekim, 2003. Sayfa 85-89.

Şirin, G., & Sarıbaşak, H. (1997). Yangın Yönetimi ve Denetimli Yakma, Batı *Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 3, 57-75.

Tan, K.H., Hajek, B.F., Barshad, I. & Klute, A. (1986). Thermal analysis techniques. Methods of Soil Analysis. 1. Physical and Mineralogical Methods. *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison*, WI, pp. 151–183.

Tarrant, R.F. (1956). Effects of Slash Burning on Some Soils of the Douglas-Fir Region 1. *Soil Science Society of America Journal*, 20(3), 408-411.

Tecimen, H.B., & Makineci, E. (2007). Ağaçlarda besin maddelerinin yeniden taşınması olayı ve ekolojik yönü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A, 134-145.

Thımm, T., Hoffmann, A., Borkott, H., Munch, J.C. & Tebbe, C.C. (1998). The gut of the soil microarthropod Folsomia candida (Collembola) is a frequently changeable but selective habitat and a vector for microorganisms. *Applied And Environmental Microbiology*, 64, 2660-2669.

Thoresen, J., Vermeire, M. L., Venter, Z., Wolfaard, G., Krumins, J. A., Cramer, M., & Hawkins, H. J. (2021). Fire and herbivory shape soil arthropod communities through habitat heterogeneity and nutrient cycling in savannas. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01413.

Tipping, C. (2013). Proturans, Protura spp. (Entognatha: Protura) https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN200.

Tiryaki Güngör, A.G., Küçük, M., Bilgili, E., Küçük, Ö., (2023). Anadolu Karaçam (Pinus nigra ssp. pallasiana) meşcerelerinde kontrollü yakma uygulamalarının bazı ölü örtü, kül ve toprak özellikleri üzerine etkileri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 82-89.

To, P., Eboreime, E. & Agyapong, V.I.O. (2021). The ımpact of wildfires on mental health: A Scoping review. Behavioral sciences, 11(9), 126. doi:10.3390/bs11090126 Summers, W., Coloff, S., & Conard, S.G. (2011). Fire History and Climate Change, *Joint Fire Science Program*, Project 09-2-01-09.

Touchan, R., Baisan, C., Mitsopoulos, I. D. & Dimitrakopoulos, A. P. (2012). Fire History in European Black Pine (Pinus Nigra Arn.) Forests of the Valia Kalda, Pindus Mountains, *Greece, Tree-Ring Research*, 68, 1, 45-50.

Trammell, T. L. E., Rhoades, C. C., & Bukaveckas, P. A. (2004). Effects of prescribed fire on nutrient pools and losses from glades occurring within oak-hickory forests of central Kentucky. *Restoration Ecology*, 12(4), 597-604.

Trappe, M.J., Cromack, K., Trappe, J.M., Perrakis, D.D.B., Cazares-Gonzales, Castellano, M.A., Miller, S.L. (2009). Interactions among prescribed fire, soil attributes, and mycorrhizal community structure at Crater Lake National Park, Oregon, USA. *Fire Ecology*, 5 (2), 30–50.

Tufekcioglu, A., Kucuk, M., Saglam, B., Bilgili, E., Altun, L. (2010). Soil properties and root biomass responses to prescribed burning in young corsican pine (Pinus nigra Arn.) stands, *Journal of Environmental Biology*, 31, 3, 369-373.

Tüfekçioğlu, A., & Tüfekçioğlu, M. (2021). Yangın Sonrası Orman Toprağında Meydana Gelen Değişim ve Etkileşimler. *TÜBA, Ankara*.

Tüzüner, A. (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, s: 61-73, *Ankara*.

Úbeda, X., Lorca, M., Outeiro, L. R., Bernia, S., & Castellnou, M. (2005). Effects of prescribed fire on soil quality in Mediterranean grassland (Prades Mountains, north-east Spain). *International Journal of Wildland Fire*, 14(4), 379-384.

Ulery, A. L., & Graham, R. C. (1993). Forest fire effects on soil color and texture. *Soil Science Society of America Journal*, 57(1), 135-140.

URL-1. (2023). Wildfire rank, www2.gov.bc.ca/gov/content/safety/wildfire-status/wildfire-response/about-wildfire/wildfire-rank Erişim Tarihi; 04/12/2023

Usta, Y., Bilgili, E. & Coşkuner, K.A. (2022). Karaçam Ekosistemlerinde Orman Yangınlarının Ekolojik Rolü, Karaçam, O. In: Sevgi, Tecimen, H. B., Okan, T. (Ed.), *Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara*, 252-272.

Ülgen, N. & Yurtsever, N. (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, s.230, *Ankara*.

Valkó, O., Deák, B., Magura, T., Török, P., Kelemen, A., Tóth, K., Horváth, R., Nagy, D.D., Debnár, Z., Zsigrai, G., Kapocsi, I. & Tóthmérész, B. (2016). Supporting biodiversity by prescribed burning in grasslands—a multi-taxa approach. *Science Total Environment*, 572, 1377–1384.

Valor, T., González-Olabarria, J. R. & Piqué, M. (2015). Assessing the impact of prescribed burning on the growth of European pines, *Forest Ecology and Management*, 343, 101-109.

Vega, J.A., Valette, J., Rego, F., Hernando, C., Gillon, D., Ventura, J., Bara, S., Gomendy, V., Botelho, H., Guijarro, M., Houssard, C., Ruas, L., Cuin˜as, P., Marechal, J., Mendes-Lopes, J., Dı´ez, R., Fernandes, P., Fontu´rbel, M., Santos, J., Rozados, M. & Beloso, M., (1994). Forest fire prevention through prescribed burning: an international cooperative project carried out in the European STEP program. In: Viegas, D.X., (Ed.), *Proceedings of the Second International Conference on Forest Fire Research, University of Coimbra, Coimbra*, pp. 75–84.

Verma, S., & Jayakumar, S. (2012). İmpact of forest fire on physical, chemical and biological proterties of soil: a review. *Department of Ecology and Environmental Sciences, Pondicherry University*, Puducherry-605 014, India.

Viro, P.J. (1974). Effect of forest fire on soil. In T.T. Kozlawski and C.E. Ahlgren (ed.). *Fire and Ecosystems Academic Press*. Inc. New York.

Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F., & Van Der Heijden, M. G. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(14), 5266-5270.

Wallwork, J.A. (1976). The distribution and Diversity of Soil fauna. *The distribution and Diversity of Soil fauna.*

Walter, D.E. (1988). Predation and mycophagy by endeostigmatid mites (Acariformes: Prostigmata), *Experimental and Applied Acarology*, 4, 159-166.

Wan, X., Li, C. & Parikh, S.J. (2021). Chemical composition of soil-associated ash from the southern California Thomas fre and its potential inhalation risks to farmworkers. *Journal Environment Management*, 278, 111570.

Weber, M. G., & Taylor, S. W. (1992). The use of prescribed fire in the management of Canada's forested lands, *The Forestry Chronicle*, 68, 3, 324-334.

White, C.S. (1986). Effects of prescribed fire on rates of decomposition and nitrogen mineralization in a ponderosapine ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 2: 87-95.

White, P.S., & Pickett, S.T.A. (1985). Natural Disturbance and Patch Dynamics: An Introduction. In: The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics, *Academic Press*, Orlando, 3-16.

Whitford, W.G. (1989). Abiotic controls on the functional structure of soil food webs. *Biology and Fertility of Soils*, 8, 1-6.

Williams, R.J., Hallgren, S.W. & Wilson, G.W.T. (2012). Frequency of prescribed burning in an upland oak forest determines soil and litter properties and alters the soil microbial community. *Forest Ecology Management*, 265, 241–247.

Wiwatwitaya, D., & Takeda, H. (2005). Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities, *Ecological Research*, 20, 59–70.

Wolters, V. (2001). Biodiversity of soil animals and its function. European Journal of *Soil Biology*. 37: 221-227.

Woods, S. W., & Balfour, V. N. (2010). The effects of soil texture and ash thickness on the post-fire hydrological response from ash-covered soils. *Journal of Hydrology*, 393(3-4), 274-286.

Wu, Y., Caı, Q., Lın, C., Chen, Y., Lı, Y. & Cheng, X. (2009). Responses of ground-dwelling spiders to four hedgerow species on sloped agricultural fields in Southwest China. *Progress in Natural Science*, 19, 337-346.

Xue, L., Li, Q., & Chen, H. (2014). Effects of a wildfire on selected physical, chemical and biochemical soil properties in a Pinus massoniana forest in South China. *Forests*, 5(12), 2947-2966.

Yıldız, O. & Dönmez, H.A., 2021. Küresel ısınma, yangın ve orman ekosistemleri. *Orman ve Av Dergisi*. Eylül-Ekim: 18-25.

Yıldız, T. (2013). Araç ilçe analizi, T. C. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, Kastamonu, 39. Bengtsson, J., 2002. Disturbance and resilience in soil animal communities. *Europen Journal Soil Biology*. 38, 119–125.

Yüksel, E., Taşçı, S., & Canhilal, R. (2020). Zehirli Arthropodlar: Akrepler, Örümcekler, Böcekler ve Çıyanlar. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 3(2), 26-31.

Zaitsev, A.S., Gongalsky, K.B., Persson, T. & Bengtsson, J. (2014). Connectivity of litter islands remaining after a fire and unburned forest determines the recovery of soil fauna. *Applied Soil Ecology*, 83, 101–108.

Zaragoza, J. A. (2015). Orden Pseudoscorpiones. *Revista*, IDE@-SEA, 1-10.

Zavala, L. M., De Celis, R. & Jordán, A. (2014). How Wildfires Affect Soil Properties. Bried Review, *Geographical Research Letters*, 40, 2, 311-331.

Zavala, L.M., Granged, A.J.P., Jordan, A. & Barcenas-Moreno, G. (2010). Effect of burning temperature on water repellency and aggregate stability in forest soils under laboratory conditions. *Geoderma*,158 (3–4), 366–374.

EKLER

EK A. Karaçam ve Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklı Sayılarının (m^{-2}) Alanlara Göre Dağılımı

	Karaçam Meşceresi						Sarıçam Meşceresi			
Takson	**Kontrol Alan**	**Kenar Etkisi Alanı**	**Orta Alan**	**Üst Alan**		**Takson**	**Kontrol Alan**	**Kenar Etkisi Alanı**	**Orta Alan**	**Üst Alan**
Oribatida	54259	23237	31258	22057		***Oribatida***	112527	31611	20524	27955
Prostigmata	105804	61808	89644	133051		***Prostigmata***	68413	28073	32083	24298
Mezostigmata	18990	7903	18991	6723		***Mezostigmata***	16868	7431	9555	9672
Entomobryidae	13447	3067	12621	6487		***Entomobryidae***	22765	20642	15098	20759
Tomoceridae	1062	354	0	354		***Tomoceridae***	118	0	118	0
Isotomidae	55084	7903	18637	6841		***Isotomidae***	27955	21350	17929	13919
Sminthuridae	118	0	354	0		***Sminthuridae***	118	236	236	354
Neanuridae	236	1533	0	0		***Neanuridae***	472	354	354	118
Onychiuridae	2359	7785	1651	354		***Onychiuridae***	1651	8492	4364	5662
Hypogastruridae	4954	1416	472	3539		***Hypogastruridae***	14390	27483	26539	5072
Diplopoda	0	0	0	118		***Diplopoda***	354	0	0	118
Chilopoda	118	0	0	0		***Chilopoda***	472	118	0	0
Protura	7549	472	2123	708		***Protura***	944	1062	826	826
Arachnida	354	118	0	0		***Arachnida***	118	118	236	236
Diplura	118	0	354	0		***Diplura***	236	0	0	118
Pseudoscorpionida	118	0	0	0		***Pseudoscorpionida***	0	0	0	118
Sympyla	236	0	0	0		***Sympyla***	354	0	0	0
Hymenoptera	118	236	472	590		***Hymenoptera***	708	236	592	472
Diğer Canlılar	3185	944	2477	472		***Diğer Canlılar***	2124	708	236	708

EK B. Karaçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Yıllık Toplam Birey Sayısı (m^{-2}) İstatistik Verileri

Uygulama Alanı	Meso	Pros	Orib	Ento	Tom	Iso	Smint	Nea	Ony	Hypo
Kontrol	1899 ± 568	10580 ± 3031	5426 ± 1562	1345 ± 393	106 ± 76	5508 ± 1674	12 ± 12	24 ± 24	236 ± 142	496 ± 177
KE	790 ± 303	6181 ± 1887	2324 ± 1252	307 ± 114	35 ± 35	1156 ± 545	0 ± 0	0 ± 0	779 ± 779	142 ± 70
Orta	2560 ± 1058	8127 ± 3903	3173 ± 1392	1321 ± 584	212 ± 212	1262 ± 813	708 ± 669	0 ± 0	0 ± 0	12 ± 12
Üst	802 ± 298	13146 ± 8118	2217 ± 1018	507 ± 225	212 ± 212	684 ± 413	35 ± 35	0 ± 0	35 ± 35	307 ± 233
p	0,153	0,762	0,299	0,118	0,818	0,005	0,375	0,404	0,490	0,142
F	1,867	0,389	1,272	2,092	0,309	5,156	1,068	1,000	0,823	1,934

Uygulama Alanı	Diplo	Chilo	Prot	Arac	Diplu	Psudoscr	Symp	Hym	Oth
Kontrol	0 ± 0	24 ± 16	755 ± 577	35 ± 25	12 ± 12	12 ± 12	24 ± 24	12 ± 12	319 ± 121
KE	0 ± 0	0 ± 0	47 ± 31	12 ± 12	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	24 ± 16	94 ± 49
Orta	165 ± 165	35 ± 35	165 ± 141	0 ± 0	59 ± 47	0 ± 0	24 ± 24	47 ± 47	71 ± 36
Üst	12 ± 12	47 ± 47	59 ± 59	0 ± 0	12 ± 12	0 ± 0	0 ± 0	59 ± 32	53 ± 28
p	0,426	0,729	0,300	0,247	0,367	0,404	0,578	0,676	0,034
F	0,953	0,436	1,268	1,440	1,086	1,000	0,667	0,513	3,227

EK C. Karaçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Mevsimsel Dağılım İstatistik Verileri

Mezostigmata	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	1769 ± 719	472 ± 197	4010 ± 908	354 ± 129	1298 ± 489	2359 ± 325	1062 ± 448	5898 ± 454	236 ± 149	1533 ± 197
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1769 ± 592	1887 ± 712	1651 ± 415	118 ± 75	2241 ± 841	236 ± 149	0 ± 0
Orta	354 ± 224	354 ± 0	0 ± 0	7667 ± 2209	1416 ± 448	2713 ± 325	354 ± 129	5426 ± 395	0 ± 0	708 ± 448
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	2005 ± 415	1887 ± 395	708 ± 258	236 ± 149	1651 ± 454	118 ± 75	118 ± 75
F	3,529	0,357	_	7,693	0,349	6,944	2,936	14,740	0,278	6,193
p	0,090	0,563	_	0,001	0,790	0,002	0,058	<0,000	0,761	0,011

Prostigmata	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	7667 ± 2540	7431 ± 2079	4010 ± 269	6134 ± 1745	18872 ± 5556	11559 ± 2425	3893 ± 563	12621 ± 2527	236 ± 149	33380 ± 10259
KE	826 ± 298	236 ± 149	590 ± 373	7313 ± 2846	13564 ± 4146	7549 ± 1165	4010 ± 1369	11559 ± 3692	118 ± 75	16042 ± 3544
Orta	118 ± 75	6016 ± 3474	236 ± 149	2595 ± 522	20760 ± 2125	8610 ± 1829	2713 ± 489	9908 ± 646	590 ± 197	38099 ± 3070
Üst	0 ± 0	826 ± 325	6605 ± 4178	8257 ± 2179	14508 ± 2886	2005 ± 395	5308 ± 1903	9672 ± 1194	944 ± 325	84926 ± 22710
F	7,968	3,189	2,065	1,518	0,780	5,945	0,744	0,359	3,226	5,394
p	0,004	0,046	0,137	0,240	0,519	0,005	0,539	0,783	0,044	0,007

Oribatid	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	13447 ± 5385	4718 ± 197	9200 ± 684	2123 ± 563	4011 ± 1441	2949 ± 415	2241 ± 75	13801 ± 2018	708 ± 224	1061 ± 224
KE	1062 ± 258	0 ± 0	1887 ± 879	354 ± 224	0 ± 0	2123 ± 684	1298 ± 522	13211 ± 3069	236 ± 75	3067 ± 454
Orta	236 ± 149	354 ± 129	236 ± 75	2831 ± 1148	2595 ± 789	4247 ± 1009	2477 ± 466	15098 ± 1301	472 ± 149	2713 ± 1716
Üst	236 ± 75	236 ± 149	2241 ± 454	1769 ± 786	1062 ± 388	1298 ± 522	1769 ± 807	11205 ± 3962	944 ± 395	1297 ± 821
F	5,772	263,500	43,410	1,884	4,328	3,276	0,955	0,340	1,587	1,038
p	0,005	<0,000	<0,000	0,165	0,016	0,042	0,433	0,797	0,224	0,397

EK C'nin devamı

Entomobryidae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	1297 ± 197	1415 ± 258	0 ± 0	1887 ± 978	4246 ± 1233	1179 ± 269	1887 ± 269	1297 ± 454	236 ± 75	0 ± 0
KE	826 ± 522	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 149	236 ± 75	1062 ± 448	354 ± 224	0 ± 0	118 ± 75	236 ± 149
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	5426 ± 2101	2123 ± 342	2123 ± 786	2595 ± 269	0 ± 0	354 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1533 ± 860	118 ± 75	2123 ± 342	472 ± 298	2005 ± 952	118 ± 75	118 ± 75
F	0,714	_	_	3,215	9,153	1,340	16,910	0,450	3,056	0,500
p	0,418	_	_	0,045	0,001	0,290	<0,000	0,518	0,052	0,496

Tomoceridae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	708 ± 342	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	354 ± 129	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	0,938	_	_	_	_	_	_	_	_	_
p	0,356	_	_	_	_	_	_	_	_	_

İsotomidae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	11323 ± 1311	2713 ± 395	7313 ± 1052	2477 ± 1058	590 ± 373	9554 ± 1009	4718 ± 663	15687 ± 3572	708 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	2123 ± 684	472 ± 197	118 ± 75	2005 ± 779	354 ± 224	1533 ± 583	590 ± 269	708 ± 448
Orta	354 ± 224	118 ± 75	472 ± 75	8375 ± 2693	0 ± 0	6723 ± 775	590 ± 269	1887 ± 650	118 ± 75	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1887 ± 978	0 ± 0	354 ± 224	472 ± 298	4010 ± 650	0 ± 0	118 ± 75
F	68,000	41,720	24,190	5,185	1,538	31,520	27,750	12,860	3,750	1,689
p	<0,000	<0,000	<0,000	0,008	0,243	<0,000	<0,000	<0,000	0,048	0,223

EK C'nin devamı

Sminthuridae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
p	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Neanuridae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1533 ± 970	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
p	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Onychiuridae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	354 ± 129	118 ± 75	0 ± 0	472 ± 298	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1416 ± 592	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	7785 ± 4376	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1651 ± 831	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	–	–	–	0,100	–	1,896	–	–	–	–
p	–	–	–	0,758	–	0,199	–	–	–	–

EK C'nin devamı

Hypogastruridae	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	1062 ± 671	118 ± 75	0 ± 0	354 ± 0	944 ± 597	1651 ± 735	590 ± 269	236 ± 149
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	590 ± 197	472 ± 298	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	472 ± 197	354 ± 224	2359 ± 325	0 ± 0	0 ± 0
F	_	_	1,000	0,000	_	0,399	0,590	0,776	1,607	_
p	_	_	0,341	1,000	_	0,756	0,567	0,399	0,234	_

Diplopoda	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

Chilopoda	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

EK C'nin devamı

Protura	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	5897 ± 2614	118 ± 75	708 ± 0	472 ± 197	0 ± 0	354 ± 129	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 149	1415 ± 224	0 ± 0	472 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	590 ± 373	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0
F	_	_	10,000	4,504	_	2,778	_	_	_	_
p	_	_	0,010	0,014	_	0,068	_	_	_	_

Arachnida	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

Diplura	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	236 ± 149	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

EK C'nin devamı

Pseudoscorpionida	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
p	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Sympyla	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
p	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Hymenoptera	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	472 ± 298	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 75
F	–	–	–	–	1,250	–	–	–	–	0,833
p	–	–	–	–	0,315	–	–	–	–	0,454

EK C'nin devamı

Other	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	236 ± 75	118 ± 75	1179 ± 269	118 ± 75	118 ± 75	826 ± 415	0 ± 0	354 ± 0	118 ± 75	118 ± 75
KE	236 ± 75	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	472 ± 149	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	1769 ± 342	118 ± 75	118 ± 75	118 ± 75	0 ± 0
Üst	0 ± 0	118 ± 75	236 ± 149	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
F	0,000	0,000	10,140	1,000	_	6,360	_	10,000	0,000	_
p	1,000	1,000	0,002	0,341	_	0,003	_	0,010	1,000	_

EK D. Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Yıllık Toplam Birey Sayısı (m^{-2}) İstatistik Verileri

Uygulama Alanı	Meso	Pros	Orib	Ento	Tom	Iso	Smint	Nea	Ony	Hypo
Kontrol	1687 ± 576	6841 ± 2109	11253 ± 3148	2277 ± 839	12 ± 12	2796 ± 669	12 ± 12	47 ± 36	165 ± 141	1439 ± 626
KE	743 ± 363	2808 ± 1146	3161 ± 1220	2064 ± 657	0 ± 0	2135 ± 1129	24 ± 16	35 ± 25	849 ± 372	2748 ± 1379
Orta	944 ± 370	3303 ± 1518	2182 ± 749	1533 ± 667	0 ± 0	1793 ± 1040	24 ± 16	35 ± 35	437 ± 306	2654 ± 1592
Üst	979 ± 426	2477 ± 903	2796 ± 839	2088 ± 638	0 ± 0	1404 ± 574	35 ± 35	12 ± 12	566 ± 452	507 ± 406
p	0,466	0,158	0,002	0,892	0,404	0,722	0,898	0,850	0,553	0,443
F	0,869	1,835	5,812	0,205	1,000	0,445	0,197	0,265	0,709	0,915

Uygulama Alanı	Diplo	Chilo	Prot	Arac	Diplu	Psudoscr	Symp	Hym	Oth
Kontrol	35 ± 18	47 ± 26	94 ± 49	12 ± 12	24 ± 16	0 ± 0	24 ± 24	71 ± 40	260 ± 89
KE	0 ± 0	12 ± 12	106 ± 94	12 ± 12	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	24 ± 16	118 ± 43
Orta	0 ± 0	0 ± 0	83 ± 83	24 ± 16	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	47 ± 36	59 ± 26
Üst	12 ± 12	0 ± 0	83 ± 70	24 ± 16	12 ± 12	12 ± 12	30 ± 20	53 ± 28	118 ± 39
p	0,084	0,081	0,995	0,868	0,283	0,404	0,404	0,766	0,083
F	2,400	2,434	0,022	0,240	1,320	1,000	1,000	0,383	2,408

EK E. Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Mevsimsel Dağılım İstatistik Verileri

Mezostigmata	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	1534 ± 415	118 ± 75	0 ± 0	1887 ± 789	3303 ± 1978	3892 ± 342	236 ± 75	5072 ± 1052	118 ± 75	708 ± 342
KE	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	590 ± 197	1651 ± 538	826 ± 197	0 ± 0	3657 ± 325	472 ± 197	0 ± 0
Orta	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 129	2713 ± 637	2359 ± 373	236 ± 149	2595 ± 970	1180 ± 538	0 ± 0
Üst	0 ± 0	236 ± 149	0 ± 0	0 ± 0	4128 ± 1429	2005 ± 712	708 ± 258	2005 ± 298	118 ± 75	472 ± 197
p	10,080	0,500	_	3,012	0,653	7,980	2,353	3,232	2,951	0,357
F	0,002	0,496	_	0,080	0,591	0,001	0,129	0,044	0,058	0,563
Prostigmata	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	2595 ± 454	9672 ± 4802	5544 ± 1978	6959 ± 1636	5897 ± 1429	22647 ± 1823	2595 ± 489	11559 ± 2763	118 ± 75	826 ± 522
KE	0 ± 0	0 ± 0	472 ± 149	3539 ± 1246	10262 ± 3955	3303 ± 298	708 ± 342	8139 ± 1058	708 ± 258	944 ± 395
Orta	472 ± 298	354 ± 129	0 ± 0	354 ± 129	13801 ± 2465	6959 ± 1301	590 ± 197	8611 ± 935	944 ± 325	0 ± 0
Üst	236 ± 75	944 ± 395	236 ± 75	2005 ± 712	5898 ± 2947	8375 ± 2167	1533 ± 197	4600 ± 895	354 ± 129	118 ± 75
p	16,850	3,516	6,847	6,670	1,803	29,430	7,906	3,121	2,762	1,378
F	0,000	0,056	0,008	0,003	0,179	0,000	0,001	0,049	0,069	0,282
Oribatid	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	21585 ± 466	2359 ± 597	7313 ± 1417	19462 ± 1367	6369 ± 1809	16631 ± 2329	3303 ± 298	30196 ± 3781	2359 ± 454	2949 ± 1307
KE	354 ± 224	118 ± 75	1062 ± 0	4010 ± 1661	4954 ± 1614	4600 ± 224	1062 ± 466	12857 ± 2228	2005 ± 735	590 ± 373
Orta	826 ± 415	118 ± 75	118 ± 75	2005 ± 1044	6487 ± 1892	2595 ± 538	826 ± 522	6251 ± 1721	944 ± 75	354 ± 224
Üst	236 ± 149	0 ± 0	1062 ± 466	2949 ± 197	3067 ± 1099	6016 ± 2242	2005 ± 325	8375 ± 1745	944 ± 75	3303 ± 757
p	965,700	13,670	19,670	47,580	0,955	14,590	7,392	18,710	2,813	3,849
F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,433	0,000	0,002	0,000	0,066	0,025

EK E'nin devamı

Entomobryidae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	3775 ± 1542	472 ± 298	354 ± 129	8493 ± 2208	1061 ± 224	4600 ± 904	1887 ± 269	1533 ± 522	118 ± 75	472 ± 298
KE	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	1180 ± 522	2831 ± 563	4718 ± 1172	4600 ± 2581	5072 ± 1874	472 ± 75	1652 ± 489
Orta	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	6487 ± 1944	3538 ± 1233	1533 ± 269	2359 ± 75	118 ± 75	944 ± 325
Üst	0 ± 0	236 ± 149	0 ± 0	1770 ± 563	5426 ± 2987	3657 ± 538	4718 ± 1255	2949 ± 650	236 ± 75	1769 ± 1119
p	5,613	5,613	_	9,061	1,858	0,380	1,394	2,170	5,000	0,888
F	0,039	0,039	_	0,003	0,169	0,768	0,274	0,123	0,010	0,464
Tomoceridae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
İsotomidae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	2123 ± 684	590 ± 269	3302 ± 489	4482 ± 489	1061 ± 342	6723 ± 1058	1298 ± 395	4600 ± 684	3657 ± 1865	118 ± 75
KE	0 ± 0	118 ± 75	472 ± 75	1062 ± 129	236 ± 149	7667 ± 2784	1298 ± 522	9908 ± 3426	354 ± 129	236 ± 149
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	472 ± 298	2005 ± 735	5190 ± 789	236 ± 75	9908 ± 4812	118 ± 75	0 ± 0
Üst	0 ± 0	236 ± 149	0 ± 0	4954 ± 1614	826 ± 325	4010 ± 1275	354 ± 224	2713 ± 269	590 ± 75	236 ± 149
p	_	1,806	32,730	7,187	2,760	0,944	2,787	1,538	3,153	0,278
F	_	0,198	0,000	0,002	0,069	0,438	0,067	0,236	0,048	0,761

EK E'nin devamı

Sminthuridae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	–	–	–	0,909	–	–	–	–	–	–
F	–	–	–	0,424	–	–	–	–	–	–
Neanuridae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 149	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	–	–	–	0,536	–	–	–	–	–	–
F	–	–	–	0,596	–	–	–	–	–	–
Onychiuridae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	1415 ± 466	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	826 ± 197	0 ± 0	3421 ± 1944	472 ± 298	2241 ± 917	1416 ± 684	118 ± 75
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	472 ± 75	0 ± 0	826 ± 269	0 ± 0	3067 ± 395	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	472 ± 149	0 ± 0	4600 ± 129	0 ± 0	472 ± 298	0 ± 0	0 ± 0
p	–	–	–	3,269	–	2,892	–	3,800	–	–
F	–	–	–	0,043	–	0,087	–	0,026	–	–

EK E'nin devamı

Hypogastruridae	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	118 ± 75	0 ± 0	354 ± 224	2595 ± 1221	2713 ± 1294	118 ± 75	826 ± 415	6251 ± 2690	0 ± 0	1416 ± 563
KE	118 ± 75	0 ± 0	118 ± 75	2123 ± 1126	14154 ± 2689	1180 ± 538	944 ± 489	4836 ± 1114	0 ± 0	4010 ± 1486
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	4836 ± 2224	2123 ± 786	708 ± 342	16277 ± 7837	236 ± 149	2241 ± 1417
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 129	0 ± 0	472 ± 298	118 ± 75	4128 ± 1626
p	0,000	_	1,000	1,876	8,022	3,553	0,079	2,551	0,500	0,997
F	1,000	_	0,341	0,187	0,004	0,329	0,924	0,085	0,496	0,414
Diplopoda	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	118 ± 75	118 ± 75	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Chilopoda	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	236 ± 75	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

EK E'nin devamı

Protura	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	472 ± 197	118 ± 75	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	944 ± 325	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	826 ± 269	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	708 ± 258	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	2,813	_	_	_	_	2,148	_	_	_	_
F	0,124	_	_	_	_	0,126	_	_	_	_
Arachnida	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	_	0,000	_	_	0,000	_	_	_	_	_
F	_	1,000	_	_	1,000	_	_	_	_	_
Diplura	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_

EK E'nin devamı

Pseudoscorpionida	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Sympyla	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 75	0 ± 0
KE	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
Üst	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
p	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
F	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_
Hymenoptera	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	236 ± 75
KE	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75
Orta	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	354 ± 224
Üst	236 ± 149	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75
p	0,417	0,000	_	_	1,000	_	_	_	_	0,764
F	0,667	1,000	_	_	0,341	_	_	_	_	0,528

EK E'nin devamı

Other	Eki.20	Ara.20	Şub.21	Haz.21	Ağu.21	Eki.21	Şub.22	Nis.22	Haz.22	Ağu.22
Kontrol	236 ± 75	0 ± 0	472 ± 197	118 ± 75	236 ± 149	826 ± 197	0 ± 0	590 ± 373	118 ± 75	0 ± 0
KE	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	118 ± 75	118 ± 75	0 ± 0	472 ± 197	118 ± 75	118 ± 75
Orta	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	236 ± 75	118 ± 75	0 ± 0	118 ± 75
Üst	118 ± 75	0 ± 0	0 ± 0	118 ± 75	354 ± 224	0 ± 0	118 ± 75	236 ± 149	236 ± 75	0 ± 0
p	0,833	_	_	0,000	0,536	10,000	1,250	0,901	0,833	0,000
F	0,454	_	_	1,000	0,596	0,002	0,290	0,458	0,454	1,000

EK F. Karaçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Birey Sayıları ve Çeşitliliklerine Ait İstatistik Verileri

Karaçam Birey Sayısı	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	43171 ±5838	17221 ±2507	27483 ±1558	14390 ±2867	29606 ±5353	29134 ±4070	14862 ±847	52843 ±1036	2949 ±75	36447 ±10084
KE	3303 ±790	236 ±149	4718 ±1255	10498 ±3468	15923 ±4915	25124 ±3902	6606 ±2217	28544 ±7866	1651 ±269	20170 ±3357
Orta	1062 ±671	6841 ±3549	1180 ±197	29252 ±8278	27365 ±2101	28898 ±5228	8846 ±904	32437 ±1940	1651 ±75	41519 ±2148
Üst	472 ±75	1180 ±538	9436 ±4029	16395 ±4690	17811 ±3105	7549 ±1173	8610 ±2763	31021 ±5544	2123 ±259	86813 ±22508
p	0,000	0,000	0,000	0,100	0,068	0,002	0,031	0,008	0,000	0,008
F	49,296	12,683	26,945	2,383	2,777	6,947	3,610	5,152	9,972	5,221
Karaçam Biyoçeşitlilik	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	1,52 ±0,07	1,41 ±0,02	1,58 ±0,03	1,54 ±0,10	1,07 ±0,22	1,50 ±0,04	1,57 ±0,08	1,54 ±0,05	1,63 ±0,13	0,49 ±0,10
KE	1,36 ±0,14	0,00 ±0,00	0,50 ±0,16	1,12 ±0,13	0,51 ±0,02	1,46 ±0,13	0,59 ±0,23	0,92 ±0,11	1,18 ±0,39	0,66 ±0,10
Orta	0,49 ±0,31	0,79 ±0,17	1,00 ±0,08	1,79 ±0,05	0,83 ±0,07	1,84 ±0,04	1,38 ±0,08	1,19 ±0,03	1,23 ±0,03	0,24 ±0,09
Üst	0,31 ±0,20	0,34 ±0,22	0,42 ±0,17	1,18 ±0,14	0,67 ±0,08	1,57 ±0,11	0,93 ±0,08	1,50 ±0,05	0,57 ±0,19	0,13 ±0,05
p	0,000	0,000	0,000	0,001	0,024	0,030	0,000	0,000	0,030	0,002
F	9,230	20,076	17,836	8,329	3,887	3,664	11,046	18,907	3,657	7,022

EK G. Sarıçam Çalışma Alanlarında Mikroeklembacaklıların Birey Sayıları ve Çeşitliliklerine Ait İstatistik Verileri

Sarıçam Birey Sayısı	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	32555 ±1361	13565 ±4135	17339 ±1795	45058 ±5627	21113 ±4716	55909 ±4506	10498 ±789	61335 ±11518	6841 ±2276	6723 ±2135
KE	944 ±489	472 ±149	2241 ±149	13800 ±4884	34206 ±4371	26893 ±6272	9082 ±3821	47417 ±9094	5544 ±1918	7785 ±1680
Orta	1769 ±684	590 ±149	118 ±75	3774 ±1394	36565 ±8431	24770 ±3569	4364 ±1044	49540 ±4012	3539 ±388	4010 ±2209
Üst	1062 ±258	1887 ±978	1415 ±448	12739 ±3055	19934 ±3470	29724 ±6640	9554 ±592	21939 ±4189	2595 ±197	10262 ±2329
p	0,000	0,001	0,000	0,000	0,098	0,002	0,180	0,015	0,214	0,241
F	373,093	8,835	75,832	19,503	2,403	7,253	1,799	4,418	1,629	1,517
Sarıçam Biyoçeşitlilik	**Eki.20**	**Ara.20**	**Şub.21**	**Haz.21**	**Ağu.21**	**Eki.21**	**Şub.22**	**Nis.22**	**Haz.22**	**Ağu.22**
Kontrol	1,11 ±0,04	1,04 ±0,28	1,22 ±0,08	1,51 ±0,08	1,54 ±0,04	1,50 ±0,04	1,61 ±0,11	1,38 ±0,12	0,96 ±0,06	1,16 ±0,12
KE	0,59 ±0,37	0,63 ±0,20	1,29 ±0,07	1,84 ±0,06	1,10 ±0,23	1,80 ±0,03	0,93 ±0,30	1,82 ±0,02	1,57 ±0,05	1,06 ±0,11
Orta	0,81 ±0,27	0,27 ±0,17	0,00 ±0,00	1,39 ±0,08	1,53 ±0,05	1,83 ±0,10	1,49 ±0,08	1,50 ±0,11	1,11 ±0,15	0,41 ±0,26
Üst	0,81 ±0,30	0,58 ±0,37	0,46 ±0,17	1,43 ±0,05	1,08 ±0,28	1,75 ±0,03	1,30 ±0,16	1,65 ±0,03	1,68 ±0,09	1,06 ±0,12
p	0,611	0,259	0,000	0,001	0,154	0,001	0,077	0,008	0,000	0,014
F	0,618	1,448	37,798	8,847	1,949	7,502	2,647	5,208	12,663	4,494