

KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜTAHYA İLİ KARAÇAM ORMANLARINDA
BAKININ HUMUS TİPLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

İzzet AKGÜN

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2024

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

İzzet AKGÜN tarafından hazırlanan “**Kütahya İli Karaçam Ormanlarında Bakının Humus Tipleri Üzerine Etkisi**”adlı tez çalışması 14/06/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Meriç ÇAKIR

Jüri Üyeleri :

Başkan : Doç. Dr. Meriç ÇAKIR
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Murat SARGINCI
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Düzce Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Figen ÇAKIR
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ersoy YILMAZ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**Kütahya İli Karaçam Ormanlarında Bakının Humus Tipleri Üzerine Etkisi**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (14/06/2024).

İzzet AKGÜN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜTAHYA İLİ KARAÇAM ORMANLARINDA BAKININ HUMUS TİPLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

İzzet AKGÜN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Meriç ÇAKIR

Kütahya ili sınırları içerisinde yer alan karaçam ormanlarında farklı bakının humus formlarının dağılımı üzerine etkisi belirlenmiştir. Humus formlarının dağılımı meşcere gelişim çağı ve bakı ile değişmiştir. Tüm alanlarda amphi humus tipi baskındır. Orman türü ile ilgili olarak, sonuçlarımız saf karaçam ormanlarında gelişim çağlarına göre Eumacroamphi, Leptoamphi ve Pachyamphi formunun baskın olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak humus formlarının dağılımını etkileyen en önemli faktörler ağaç türü, toprak pH'sı ve toprak faunasıdır. Elde edilen veriler karaçam ormanlarında Amphi humus formunun hakim olduğu kuzey ve güney bakılar arasında humus tipleri bakımından farklılık olduğunu göstermiştir. Kuzey bakıdaki karaçam meşcerelerinde, Çkb ve Çkc gelişim çağında Eumacroamphi ($OH \geq 1$ cm), Çkd gelişim çağında ise Eumesoamphi ($OH < 3$ cm) belirlenirken güney bakıda Çkb gelişim çağında Eumesoamphi ($OH < 3$ cm), Çkc gelişim çağında Leptoamphi ($OH < 1$ cm), Çkd gelişim çağında ise Eumacroamphi ($OH \geq 1$ cm) humus tipi belirlenmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda ölü örtü korizonlarının kimyasal yapıları ile meşcere gelişim çağı, kapalılık ve yetiştirme ortamı arasındaki ilişkiler belirlenmelidir.

2024, 59 sayfa

ANAHTAR KELİMELELER: *Pinus nigra*, Humus tipleri, Bakı, Amphi, Çürüntülü mul

ABSTRACT

Master of Science Thesis

THE EFFECT OF ASPECT ON HUMUS TYPES IN THE BLACK PINE FORESTS OF KÜTAHYA PROVINCE

İzzet AKGÜN

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Departments of Forest Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Meriç ÇAKIR

The effect of different aspects on the distribution of humus forms in the black pine forests within the borders of Kütahya province was determined. The distribution of humus forms changed with stand development age and aspect. Amphi humus type is dominant in all areas. Regarding the forest type, our results showed that Eumacroamphi, Leptoamphi and Pachyamphi forms were dominant in pure larch forests according to their developmental age. As a result, the most important factors affecting the distribution of humus forms are tree species, soil pH and soil fauna. The data obtained showed that there was a difference in terms of humus types between northern and southern aspects, where the Amphi humus form dominated the larch forests. In the larch stands in the northern aspect, Eumacroamphi ($OH \geq 1$ cm) was determined in the Çkb and Çkc developmental age, and Eumesoamphi ($OH < 3$ cm) was determined in the Çkd developmental age, while Eumesoamphi ($OH < 3$ cm) was determined in the Çkb developmental age and Leptoamphi ($OH < 3$ cm) was determined in the Çkb developmental age in the southern aspect. 1 cm), and Eumacroamphi ($OH \geq 1$ cm) humus type was determined in the Çkd developmental age. In future studies, the relationships between the chemical structures of litter corizons and the age of stand development, canopy and growing environment should be determined.

2024, 59 pages

Keywords: *Pinus nigra*, Humus Type, Aspect, Amphi, Moder

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Kütahya İli Karaçam Ormanlarında Bakının Humus Tipleri Üzerine Etkisi” adlı bu çalışma 2024 yılında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne “YÜKSEK LİSANS TEZİ” olarak sunulmuştur.

Tez konusunun belirlenmesi, arazi ve laboratuvar çalışmalarında maddi ve manevi olarak yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Meriç ÇAKIR’a teşekkür ederim. Her zaman varlığı ile her anlamda bana destek olan değerli aileme, sevgili eşime şükranlarımı sunuyorum.

İzzet AKGÜN

Çankırı, Haziran 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	v
KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	9
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	11
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1 Araştırma Alanının Tanıtımı	18
3.1.1 Araştırma alanının iklimi	20
3.1.2 Araştırma alanının biyolojik çeşitliliği ve ekolojisi	21
3.1.3 Araştırma alanının jeolojik yapısı.....	21
3.2 Metot.....	22
3.2.1 Arazi çalışmaları.....	22
3.2.2 Sınıflandırma Yapısı.....	23
3.2.3 İstatistiksel analiz	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1 4.1 Kuzey Bakı Çkb3 Meşcerelerinden Alınan Örnek Sonuçları	31
4.2 4.2 Güney Bakı Çkb3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları	34
4.3 Kuzey Bakı Çkc3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları.....	37
4.4 Güney Bakı Çkc3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları	40
4.5 Kuzey Bakı Çkd3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları	43
4.6 Güney Bakı Çkd3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları	46
4.7 Karaçam meşcerelerindeki ölüörtülerin bakılara göre kıyaslaması	50
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
ha	Hektar
km	Kilometre
m ²	Metrekare
g	Gram



KISALTMALAR DİZİNİ

C	Karbon
EHFRB	European Humus Form Reference Base
GPS	Global Positioning System
N	Azot
OBM	Orman Bölge Müdürlüğü
OÇ	Çürüntü tabakası
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
OH	Humus
OİŞ	Orman İşletme Şefliği
OY	Organik yaprak ve ibre tabakası
Subsp	Alt tür
Vd	Ve diğerleri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanını gösteren orman varlığı haritası 1 (Anonim 2020).....	18
Şekil 3.2 Çalışma alanını gösteren orman varlığı haritası 2 (Anonim 2020).....	189
Şekil 3.3 Çalışma alanını gösteren meşcere haritası (Anonim 2023)	200
Şekil 3.4 Karasal ve yarı karasal humus formları ve alt bölümleri	244
Şekil 3.5 Avrupa humus formlarına ait sınıflandırma Organik Horizonlar	255
Şekil 3.6 Zoojenik ve zoojenik olmayan organomineral horizonların yapısı	29
Şekil 3.7 Zoojenik ve zoojenik olmayan organomineral horizonların yapısı	29
Şekil 4.1 Çkb3 meşceresi kuzey bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu	32
Şekil 4.2 Çkb3-3 meşceresinde kuzey bakıdan ikinci ölüörtü horizonu	33
Şekil 4.3 Çkb3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu	35
Şekil 4.4 Çkb3 meşceresinin güney bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu	36
Şekil 4.5 Çkc3 meşceresinin kuzey bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu	38
Şekil 4.6 Çkc3 meşceresi kuzey bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu.....	40
Şekil 4.7 Çkc3 meşceresi güney bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu	41
Şekil 4.8 Çkc3 meşceresi güney bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu	42
Şekil 4.9 Çkd3 meşceresi kuzey bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu	44
Şekil 4.10 Çkd3 meşceresi kuzey bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu	46
Şekil 4.11 Çkd3 meşceresi güney bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu.....	47
Şekil 4.12 Çkd3 meşceresi güney bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Meteorolojik rasat değerleri tablosu (2015-2014) (Anonim 2024).....	21
Çizelge 4.1 Çkb3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar.....	31
Çizelge 4.2 Çkb3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar.....	33
Çizelge 4.3 Çkb3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar	34
Çizelge 4.4 Çkb3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar	36
Çizelge 4.5 Çkb3 meşcerelerinden kuzey ve güney bakılardan alınan örnek alan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması	37
Çizelge 4.6 Çkc3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar.....	38
Çizelge 4.7 Çkc3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar	39
Çizelge 4.8 Çkc3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar.....	40
Çizelge 4.9 Çkc3 meşceresin güney bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar.....	42
Çizelge 4.10 Çkc3 meşcerelerinden kuzey ve güney bakılardan alınan örnek alan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması	43
Çizelge 4.11 Çkd3 meşceresi kuzey bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar	44
Çizelge 4.12 Çkd3 meşceresi kuzey bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar.....	45
Çizelge 4.13 Çkd3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar	47
Çizelge 4.14 Çkd3 meşceresinde güney bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar	48
Çizelge 4.15 Çkd3 meşcerelerinden kuzey ve güney bakılardan alınan örnek alan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması	50
Çizelge 4.16 Kuzey bakıda bulunan Karaçam meşcerelerinin bazı ölüörtü özelliklerinin istatistik sonuçları	50
Çizelge 4.17 Güney bakıda bulunan Karaçam meşcerelerinin bazı ölüörtü özelliklerinin istatistik sonuçları	51

1. GİRİŞ

Karaçam orman ekosistemlerinde ölüörtü dökümü yolu ile her yıl 3,5-7,9 ton/ha organik madde (yaprak, dal, kabuk vb.) birikimi meydana gelmektedir (Çakır *et al.* 2019, Will 1959). Döküm ile gelen organik maddenin büyük miktarını yapraklar (2,6-5,4 ton/ha) oluştururken dal, kabuk, kozalak gibi diğer bileşenler göreceli daha az miktarda dökülmektedir. Döküm ile biriken organik madde ekosistemin sürekliliği için önemli bir enerji ve besin kaynağını oluşturmaktadır (Sayer 2006, Staaf and Berg 1981). Ölüörtü birçok canlı için besin kaynağı olurken ayrışma süreci sonucunda bitkiler için kullanılabilir forma dönüşen besin maddeleri ile orman ekosisteminin gübrelenmesi ve sürekliliğini de sağlamış olur (Irmak ve Çepel 1968). Ayrışma sürecinde canlılar tarafından fiziksel ve kimyasal olarak farklı boyutlara dönüştürülen organik madde, değişime uğrayarak farklı katmanlar oluşturur. Zaman içerisinde en üstte biriken ve büyük kısmını yaprakların oluşturduğu tabakaya yaprak tabakası (OY), parçalanmaya başlayan organik maddenin oluşturduğu tabakaya çürüntü tabakası (OÇ) ve ayrılmış organik maddenin biriktiği koyu renkli granüler tabakaya humus (OH) tabakası olarak adlandırılmaktadır. Döküm yolu ile toprak üstünde biriken tabakalı organik madde ye “ölüörtü” ve farklı ağaç türleri ile ekosistemlerde meydana gelen ölüörtüye de “humus formu” terimi kullanılmaktadır. Ölüörtü, sadece biriken bitkisel organik maddeden değil içerisinde yaşayan mikro ve makro canlılardan oluşmaktadır. Bu bakımdan ölüörtü iklimsel veya antropojenik etkilere tepki verebilen canlı bir katmandır.

Ölüörtü miktarı, ağaçların net birincil üretimi ile ilgilidir. Verimli yıllarda daha çok ölüörtü dökümü meydana gelmektedir. Bu yüzden ölüörtü dökümü yıllar arasında farklılık göstermektedir. Belgrad ormanında yapılan çalışmada meşe türünde 2009-2011 yıllarında döküm miktarı sırası ile 3,5ton/ha, 4,7ton/ha ve 3,6ton/ha olarak belirlenmiştir. Döküm ile gelen ölüörtü miktarı farklılık gösterirken, toprak üstünde biriken ölüörtünün de ayrışma oranı değişmektedir.

Ölüörtünün yukarıdaki belirtilen özellikleri birçok bilim insanının dikkatini çekmiştir. Yapılan ilk çalışmalardan biri Müller'dir ve humus formunun toprak ve bitkiler üzerine etkisini araştırmıştır (Müller 1887). Daha sonra ölüörtü dökümü ve ölüörtü ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Bray and Gorham 1964, Meentemeyer *et al.* 1982, Vogt *et al.* 1986).

Son yıllarda ise ölüörtünün sınıflandırılması konusunda çalışmalar artmıştır. Zanella *et al.* (2011) organik (OY, OÇ, OH, H) ve altında bulunan anorganik (A, AE, Aa) horizonların dizilişi ve bazı özelliklerini dikkate alan Avrupa Humus Sınıflandırmasını yapmışlardır. Humus sınıflandırmasında toprak tipleri ölüörtü özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir (Graefe and Beylich 2006). En çok kullanılan humus tiplerini Mull, çürüntülü mul (moder) ve ham humus (mor) oluşturmaktadır (Kantarcı 2000). Mull, kırıntılı ve besin açısından zengin bir organo-mineral horizondan kaynaklanan, mineral maddelerle organik maddenin yoğun bir biçimde karıştırılması (solucan aktivitesinin sonucu) ile tanımlanır. Moder, ölüörtüde yaşayan hayvanlar ve mantarların ölüörtüyü göreceli daha yavaş bir şekilde ayrıştırması ile tanımlanır. Mor, yavaş ayrışma sonucunda mineral topraktan keskin bir şekilde ayrılan çürümemiş bitki artıklarının birikimi ile tanımlanır. Bu humus tiplerine ek olarak Zanella *et al.* (2022) Tangel ve Amphi humus formlarını eklemiştir. Belirlenen bu beş humus tipinin oluşumunda toprak özellikleri ile birlikte, mikroorganizmalar, hayvanlar ve bitkilerin önemli etkisi vardır (Çakır 2013, Çakır 2017).

Yapılan çalışma ile Avrupa morfo-fonksiyonel humus sınıflandırmasına göre farklı bakıdaki karaçam meşcerelerinin humus tipleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Karaçam meşcerelerinde ki humus formlarının belirlenmesi üzerine, Aladağ (Bolu)'da Kantarcı (1979) ve Çankırı'da Çakır *et al.* (2020) çalışmalar yapmıştır. Fakat yapılacak bu çalışma Kütahya ilindeki karaçam meşcerelerinde yeni sınıflandırmaya göre bakının etkisinin belirlenmesi bakımından özgün ve katma değeri olan bir çalışma olacaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Irmak (1977), Karadeniz'in batı kesimindeki Ormanlarında humus durumunu tespit etmek amacıyla Karabük ile Bolu bölgelerinden aldığı örnekleri mikroskopik olarak incelemiştir. Araştırma sonucunda Karabük ve Bolu ormanlarında humus tipinin çoğunlukla çürüntülü mul olduğu, bazen de mul oluşumunun bölgenin iklim özelliklerinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Ponge *et al.* (1999), Hazar Denizi'nin güney ve güneybatı kıyılarında yıllık 550-1400 mm arasında yağış alan geniş yapraklı Hazar Hyrcanian ormanlarında araştırma yapmıştır. Sajedi *et al.* (2004), Kanada sınıflandırmasını kullanarak Hazar Hyrcanian orman ekosistemlerinin humus formlarını ve çevresel faktörleri arasındaki ilişkiyi bulmak amacıyla mull ve moder humus formlarını incelemişlerdir. Ponge ve Sajedi bu bölgede humusu etkileyen ana çevresel faktörlerin iklim koşulları, yer üstü biyokütle, toprak faunası, jeoloji ve ağaç türlerinin bileşimi olduğu sonucuna varmışlardır.

Graefe and Beylich (2006), humus formlarının farklı zaman ölçeklerinde toprak türlerine göre değişmesi nedeniyle ayrı ayrı sınıflandırılmaları gerektiğini belirtmiştir. Yapılan bu sınıflandırma orman ekosistemlerindeki toprak nemi, asitliği ve besin durumu hakkında ekolojik bilgiler sağlamaktadır (Delft Van *et al.* 2006).

Waez-Mousavi (2018), humusun arazide morfolojik olarak incelenmesinin kimyasal yöntemlere göre daha ucuz ve daha kolay olduğunu savunmuşlardır. Araştırmaları neticesinde inceledikleri örneklerin % 87'sinin moder humus, % 13'nün ise mull olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca çalışmalarında Vermimulls, Mormoder ve Mullmoders humus formlarını da belirlemişlerdir. Ayrıca alt yükseltide mull, orta yükseltide moder, yüksek kısımlarda mor humus formlarına rastlamışlardır. Toprak faunasından solucan, salyangoz ve kırkayakların olduğunu gözlemlemişlerdir. Daha çok humus formunun belirlenmemesinin nedeni ise; bu ormanların doğallığı ve bakirliğinden dolayı aynı yaşlı olmaması, çok tabakalı, karışık ve düzensiz bir ekosisteme sahip olmasından kaynaklandığını savunmuşlardır. Burada humus değişikliklerinin en önemli

nedenlerinin toprak makrofaunası, mikro iklim ve ölüörtü kalitesi olduğunu belirtmişlerdir.

Auberta *et al.* (2018), Fransa Nomandiya’da eşit yaşlı bir kayın ormanındaki silvikültürel döngüyü 10 yıl boyunca incelemiştir. Çalışmada ölüörtü ayrışması, N döngüsü, topraktaki C stoğu, mikroorganizma faaliyetleri, meso ve makrofauna parametrelerini incelemiştir. 130 yaşındaki meşcerelerde mikrobiyal çeşitlilik, toprak karbon stoğu ve azot mineralizasyonun yüksek olduğu, 95 yaşındaki meşcerelerde azot kayıplarının düşük olduğunu tespit etmiştir. Orman ekosistemlerindeki toprak üstü ve toprak altı ilişkilerinin incelenmesi için humus formlarının belirlenmesine yönelik önerilerde bulunmuştur.

Salmon (2018), İtalya Alplerinde üç farklı bakıya ve anakayaya sahip Ladin ormanlarında iki amaç temelinde araştırma yapmıştır; 1) Ladin ormanı altında omurgasız topluluklarındaki humus formlarındaki ve mineralleşmedeki genel değişim, 2) Anakayanın humus tipleri üzerindeki etkisi. Çalışılan alanlar humus tiplerinin değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Açıklık alanda Eumull’dan Amphimull’e, genç meşcerelerde Eumull’dan Amphimull’a, olgun meşcerelerde Amphimull’dan Dismodere geçiş olduğunu tespit etmiştir. Güneye bakan yamaçlardaki faunanın kuzeye bakan yamaçlara göre daha çok çeşitlilik gösterdiğini belirtmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toprak faunasının (akarlar ve oribatitler) humus formlarında temizleyici ve yenileyici etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Villas and García (2018), yaptıkları çalışmada İspanya Moncayo Dağları’nda homojen bir substrat üzerinde yetişen Sarıçam meşcereleri altında oluşan humus formları üzerindeki rakımın etkisini belirlemeyi hedeflemişlerdir. Toprağın horizonları (O ve Ah), ahşap bir çerçeve kullanılarak 30*30 cm’lik yüzey örnekleme ile yapmışlardır. 0-10 cm derinlikte çelik silindirler ile toprak numunelerini almışlardır. Bu çalışma ile organik(O) horizonunun alt kısmında 1,5-4,9 cm, orta kısımda 2,3-6,9 cm ve en üst kısmında 3-25,5 cm arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Toplam organik karbonun O horizonunun kalınlığı ve rakım ile birlikte artma eğiliminde olduğu ve buradaki toprakların aşırı asidik olduğunu bulmuşlardır. Tanmlanan humus formlarının rakım ile

birlikte Dysmull'dan Hemimoder ve Humimor'a evrimleştğini tespit etmişlerdir. Bu morfolojik değişimin sıcaklığın azalması ve toprak özelliklerinin ve yükseltinin artmasından kaynaklandığı, bunun da toprağın biyolojik aktivitesini azalttığı ve organik maddenin toprakta ayrışmadan birikmesine neden olduğu sonucuna vardılar.

Chersich (2018), Alp Ladin Ormanı ekosistemlerindeki humus profillerinin incelenmesine dayanan araştırmasında humus ve toprak arasındaki ilişkileri morfolojik bir yaklaşım kullanarak araştırmıştır. Kuzeydoğu İtalya bölgesinde 1.700 metre yükseklikteki asidik tortul ana kayadan yaklaşık 1000 m²'lik bir alan seçmiştir. Dört meşcere kuzey ve güney olmak üzere iki alana bölünerek belirlenmiştir; 1) kısa çalı formları 2) 15 - 30 yaşında ladin meşceresi 3) 60 yaşında ladin meşceresi 4) 90 - 150 yaşında ladin meşceresi. 1 ve 2 numaralı meşcerelerde amphimuli fazları, 3 ve 4 numaralı meşcerelerde ise mor formlar gözlenmiştir. Sonuçlara göre humus formlarının değişimi iklim, organik-mineral bileşenler ve pedofauna ile ilişkilidir. Aynı zamanda kuzey bakıda yaklaşık 2 kat daha fazla organik karbon ve azot tespit etmiştir. Bunu kuzey bakıda daha hızlı bir ayrışma süreci olduğunu belirterek açıklamıştır. Araştırma sonucundaki bir diğer yorumu ise; genç ormanlarda Dysmull humus formlarının, yaşlı ormanlarda Amphimull humus formlarının orman ekolojisindeki bir stres durumuna işaret ettiğini belirtmiştir.

Meynier and Brun (2018), Fransız Alplerinde bilinen beş soğuk dağ eteğinin humus formlarını belirlemişlerdir. Şu 4 farklı humus formunu tespit etmişlerdir; Tangel, Mor, Histomor ve Tangel ile Mor arasında bir form. Avrupa sınıflandırılmasında açıklanan dört pedogenezi ifade eden bir ara form ve üç ana humus formu tespit etmişlerdir. Sadece Mor humus formu normal görünüyor iken diğer üçünün farklı olduğunu, burada farklı iklim koşullarının düzenli humus formlarından sapmalara yol açtığını belirtmişlerdir. OF-OH-A(H) katmanlarındaki humus profili boyunca veya organik madde üzerinde önemli bir bitki örtüsü etkisi bulamamışlardır. Sonuç olarak soğuk dağ yamaçlarının abiyotik koşulların(anakaya, toprak sıcaklığı ve nem), bitki örtüsü ve atmosferik iklimden daha etkin olduğunu gözlemlemişlerdir.

Andreetta *et al.* (2018), İtalyan ormanlarındaki humus formlarının farklılaşmasını etkileyen çevresel faktörleri Moder, Mull ve Amphi modelleri için araştırmışlardır. Burada Ağaç türünün belirleyici faktör olduğu sonucuna varmışlardır. Ağaç türlerinin humus tiplerinin gelişimi üzerindeki doğrudan etkisini kanıtlamak için horizonları ayırt ederken faunal dışkılar, solucan yuvaları, toprak faunasının varlığını çıplak gözle incelemişlerdir. Bunun sonucunda Moder formların düşük sıcaklıktaki ve az yağış alan yerlerde ibreli ağaçlar ile kestane altında pH değeri düşük toprakların olduğu yerlerde geliştiğini, Mull formlarının ılıman iklimde pH içeriği 6,5-7,5 arasında geniş yapraklı meşcere altlarında geliştiğini, Amphi formlarının ise çok yağış alan daha çok kayın veya meşe türlerinin altında bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Bonifacio *et al.* (2018), Kuzeybatı İtalya'daki humus formlarını incelemiştir. Bu bölgede karasal humus formlarının tamamı tanımlanmış olup, bu humus formlarının dağılımının bitki örtüsü, litoloji ve yükseltiye bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmektedir. Bitki örtüsü organik katmanın C/N oranını etkiler ancak toprak pH'ının ana materyale bağlı olduğu alanlarda bu etki ortadan kalkar. Dysmoder formunun sarıçam meşcerelerinde kuvarsitte oluştuğunu, Hemimor formunun ise rakımın artmasıyla birlikte ölüörtü ayrışmasının azaldığı ve asitliğin arttığı yerlerde oluştuğunu belirtmiştir. Çalışmaları sonucunda bitki örtüsü çeşitliliğinin altlığın ayrışması ve dönüşümü üzerinde doğrudan etkisi olduğunu, iklim ve hammaddelerin ise toprağın biyolojik ve mikrobiyolojik faaliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamıştır.

Pintaldia *et al.* (2018), Batı İtalya Alpleri'ndeki 67 bölgede humus formlarını ölçtü ve bu humus formlarının oluştuğu toprakların erozyon direncini analiz etmiştir. Sonuçlara göre Mor humus içeren toprağın erozyona duyarlı olduğu, Mull ve Moder humus formlarını içeren toprağın orta derecede davranış gösterdiğini, Amphi humus formunun bulunduğu toprağın ise erozyona en az duyarlı olduğunu tespit etmiştir.

Ferré and Comolli (2020), Lombardiya Ovası'nda yaptıkları çalışmada 50 ve 80 yaşındaki meşcerelerden 40 ve 49 örnekleme noktası olarak Kırmızı meşe meşceresinin toprak özellikleri ve humus formları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada

Kırmızı meşe meşcerelerinde Mull humus formlarından Moder humus formlarına geçiş olduğu ve bunun karışık meşcerelere kıyasla toprak asitlenmesine dolayısıyla daha yüksek C/N oranlarına ve toprak organik karbon stoklarına yol açtığını ortaya çıkarmışlardır. Dysmoder Kırmızı meşe ormanlarında bulunan ana humus formuydu. Eskiden karışık Meşe-Gürgen ormanlarının Kızıl Meşe ormanına ile dnştrlmesinin Kızıl Meşenin ayrışmaya dirençli lrts sonucunda Mull formlarından Moder formlarına geçişe neden olduğunu savundular. Tespit edilen diğer humus formları Mesomull, Oligomull, Dysmull, Hemimoder, Dysmoder'dir. Kırmızı Meşenin meşcerelerinde toprağın hem organik katmanları hemde mineral katmanları organik karbon miktarında ve toprağın asitlenmesinde değişiklere neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Kukuls *et al.* (2020), humus formlarını, humusun kimyasal özelliklerini ve karbon stoğunu karakterize etmek ve kuru mineral topraklar üzerinde oluşan ormanlarda toprak humus formları arasındaki mekansal dağılım korelasyonunu belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, farklı orman türlerinden 44 örneklem sahası olarak Avrupa Humus Formu Referans Tabanına göre incelemiştir. 44 örneklem sahasının 17'sinde mull humus formu, 8'inde moder humus, 10'unda mor humus, 9'unda psamomor humus formunu tespit etmiştir. Psamomor ve mor humus formları st katmanda en düşük organik karbon stoğu olduğunu, Mul humus formlarının olduğu alanlarda mineral st katmanda en yüksek organik karbon stoğu olduğunu tespit etmiştir. Mull humus formuna sahip toprakların diğer humus formlarına sahip topraklara göre mineral katmanın daha yüksek pH değerlerine sahip olduğunu tespit etmiştir.

akır vd. (2020), ankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanında, humus tiplerinin belirlenmesi için yeni geliştirilen Avrupa sınıflandırma yöntemini temel alarak humus formlarını değerlendirmişlerdir. Çalışma dört bölgede gerçekleştirilmiştir. Bir adet Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve farklı gelişim çağlarındaki üç adet Karaçam (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde humus formlarını tespit etmişlerdir. Humus formlarını belirlerken toprak faunasının varlığı dikkatlice belirlenmiş ve A horizonunun pH değerleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapmışlardır. Çalışma neticesinde Sarıçam meşceresinde

Eumacroamphi, farklı gelişim çağlarındaki Karaçam (Çkb, Çkc ve Çkd) meşcerelerinde ise sırası ile Leptoamphi, Eumesoamphi ve Eumacroamphi humus formlarını tespit etmişlerdir.

Tashkuziev and Shadieva (2021), Türkistan sırtının kuzey yamaçlarının dağ ve eteklerinde, erozyona maruz kalmış bireysel toprak oluşum unsurlarının etkisi altında oluşan humus durumunu değrlendirmişlerdir. Humus formlarını Humus IV Tyurin yöntemi ile belirlemişlerdir. İklim faktörlerindeki değişiklikler (yağış, hidrotermal rejim) sebebiyle ovadan dağ eteklerine ve yukarıya çıkıldıkça toprağın biyolojik aktivite periyodunun arttığını belirtmişlerdir.

Bayranvand *et al.* (2021), Kuzey İran'daki Alborz Dağları'nda yüksekli boyunca karışık ve saf ormanlar ile orman-otlak alanlarda humus formlarının makromorfolojisini incelemiştir. 225 adet profilde humus formlarını değerlendirmişlerdir. Meşcere değişkenleri ağaç yoğunluğu, kapalılık, ağaç boyu, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre ölçülmüştür. Humus formlarının dağılımını ve toprak özelliklerini yükseklik parametreleri ile değiştğini gözlemlemiştir. Mull humus formu alçak rakımlardaki karışık ormanlarda saf ormanlara göre daha az tespit edilirken, Amphi sıklığı artmıştır. Karışık kayın ormanlarında Oligo mull ve Leptoamphi yaygın iken Eumacro amphi, Eumesoamphi ve Pachyamphi sadece saf kayın ormanlarında gözlemlemiştir. Bu çalışma ile 0-2000 m rakım aralığında beş farklı orman alanının humus morfolojisi, ölüörtü durumu, toprak kalitesi, mikrobiyal biyokütle karbonu ve azotu tanımlamışlardır.

Zanella *et al.* (2022), humus tipleri belirlenirken kalınlıklarının ölçülmesi gerektiğini vurgulamıştır. Böylece Humus tiplerinin belirlenmesine aha kolay bir yöntem ortaya koymuştur. Cep telefonu veya tablet ile fotoğrafları çekilen horizonlardaki humus tiplerinin büroda belirlemenin kolay olacağını belirtmiştir.

Sohrabi *et al.* (2022), Nowshahr'daki Kheyroud ormanlarında değişik zaman aralıklarında (6,10,20 yıl) farklı meşcereler altındaki sürütme yollarında bulunan humus formlarını belirlemek için yaptıkları çalışmada, Saf Kayın, Kayın-Gürgen ve karışık

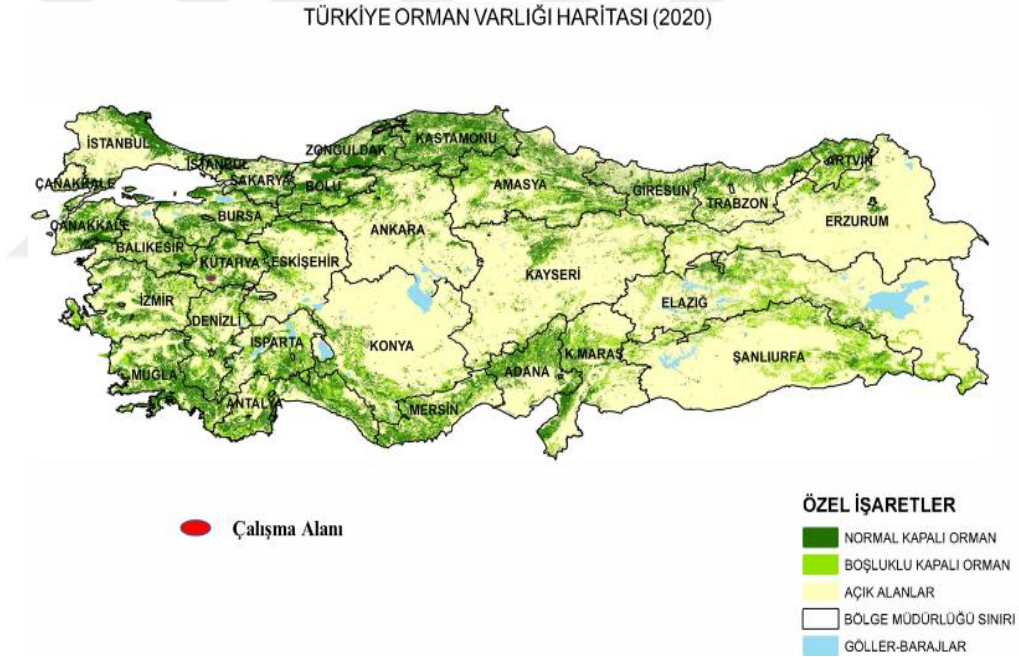
Kayın meşcereleri altında 30*30 cm boyutlarında 81 deneme alanı belirlenmişlerdir. Bu çalışmada yeni Avrupa sınıflandırmasında (EHGP) bildirilen beş humus formundan üç humus formunu tespit etmişlerdir. Burada en baskın humusun (mull) karışık kayın meşceresinde, saf kayın meşceresinde ise amphi humus formunu tespit etmişlerdir. Kayın-Gürgen meşcerelerinde ise mull, moder ve amphi umuş tiplerini tespit etmişlerdir. Oligomull karışık kayın meşceresine, saf kayın meşceresinde ise Eumacroamphi, Eumesoamphi ve Hemimoder humus tiplerini tespit etmişlerdir. Karışık Kayın meşceresindeki sürütme yolunda organik mineral horizonunun (Ah) kalınlığı daha fazla ölçülmüştür. Humus formlarını belirlerken orman müdahalelerinin de etkisinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanı Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Müdürlüğü Gediz Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde ve 38 57' 36" ; 39 08' 00" kuzey enlem dereceleri ile, 29 23' 25" ; 29 43' 23" doğu boylam dereceleri arasında yer almaktadır. Deniz seviyesine göre en yüksek rakım Çalova Tepesidir (1739,3 m). En düşük rakım ise Gediz Çayı ile Muratdağı Çayının kesiştiği dere yatağıdır (692,0 m) (Şekil 3.1). İşletme şefliğinin sahası bu iki yükselti arasında değişik yükseklikte topoğrafik yapıya sahiptir. Ortalama yükseklik 1215,9 m olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.3) (Anonim 2024).



Şekil 3.1 Çalışma alanını gösteren orman varlığı haritası 1 (Anonim 2020)



Şekil 3.2 Çalışma alanını gösteren orman varlığı haritası 2 (Anonim 2020)

Çizelge 3.1 Meteorolojik rasat değerleri tablosu (2015-2014) (Anonim 2024)

Meteorolojik Gözlemler	AYLAR												YILLIK ORT./TOP	VEJETASYON SÜRESİNDEKİ
	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK		
Ortalama Sıcaklık (C°)	3,2	4,1	7,2	11,4	20,4	20,4	23,5	23,6	18,3	12,9	8,1	4,8	12,8	18
En Yüksek Sıcaklık Ort. (C°)	7,8	9	12,9	17,7	27,8	27,8	31,3	32,1	26,4	20,2	14,8	9,9	19,4	23,5
En Yüksek Sıcaklık (C°)	18,4	21,3	24,4	29,8	37,3	37,3	38,8	37,8	37	33,3	25,5	22,6	38,8	35,2
En Düşük Sıcaklık (C°)	-15	-13	-8	-3,1	5,1	5,1	8,5	4,4	3,4	-2,7	-7	-13	-15,1	2,3
Ortalama Yağış (mm)	108	91,2	69,4	34,9	17,7	17,7	3,9	5,8	22,8	50,5	69,4	89,1	49,4	23,7
Ortalama Nisbi Nem	74,1	72	66,5	63,3	55,8	55,8	51	51,4	60,5	69,8	69,9	72,1	63,9	58,9
Yağışın>10mm Olan Gün Sayısı Ortalaması	4	3,8	3,1	1,1	0,6	0,6	0,1	0,3	1	2,5	3	3,5	2	1,4
Günlük Maksimum Yağış	72,3	57,3	66,8	31,4	18,9	18,9	15	18,7	26	35,5	52	65,8	72,3	23,6
Ortalama Sisli Gün Sayısı	0,9	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0,4	0,8	0,3	0,1
Vejetasyon (>10 c) Gün Sayısı Ortalaması	0	0,2	0,7	3,4	20,9	20,9	28,5	30	16,9	7,5	2,3	1,3	10,2	17,2
Donlu Günler Sayısı Ortalaması	15,7	12,8	8,8	1,5	0	0	0	0	0	1,6	6,7	12,5	5	0,4
En Geç, En Erken Ortalama Don Tarihleri	EN GEÇ DON TARİHİ 24 NİSAN 2007				EN ERKEN DON TARİHİ 6 EKİM 2013				VEJETASYON SÜRESİ ORTALAMA AY					
Ortalama Rüzgar Hızı (m/sec)	1,9	2	1,8	1,8	1,6	1,9	2,1	1,9	1,7	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8
En Hızlı Rüzgar Yönü ve Hızı (m/sec)	18,3 SSW	16,8 SE	20,0 SSW	19,9 S	16,9 SW	19,5 NE	17 WNW	17,4 N	17,2 W	15,5 SE	21,3 NW	16,4 S	21,3 NW	

3.1.2 Araştırma alanının biyolojik çeşitliliği ve ekolojisi

Gediz Orman İşletme Şefliği asli ağaç türleri Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus*), Kavak (*Populus tremula*), Ceviz (*Juglans regia*) ve Meşenin (*Quercus*)’dir. Saf ve karışık meşcerelerden oluşmaktadır. Karaçam, Kızılçam ve Meşe plan ünitesinin asli ağaç türleridir. Bunların dışında plan ünitesi içerisinde ağaç, ağaççık ve çalı halinde görülen bitki türlerinden bazıları şunlardır: Muşmula, ahlat, alıç, üvez, kızılıçık, karaçalı, orman sarmaşığı, çoban püskülü, böğürtlen, akçakesme, yabani gül, gıcır, funda, laden, eğrelti, nane, kekik, geven, çayır otu, yosun ve diken türleri mevcuttur (Anonim 2024).

3.1.3 Araştırma alanının jeolojik yapısı

Batı Anadolu’nun en yeni ve önemli yapısal parçalarından biri olan Gediz Graben havzası Kuvaterner döneminde önemli jeolojik ve jeomorfolojik gelişim göstermiştir.

Kuvaterner'in başlangıcından bu yana akan olan eski ve yeni Gediz nehirleri ile irili ufaklı göller, Kuzey-Güney genişlemeli bir sistem içinde gelişen, tektonik kontrollü bir havza gelişimi sürecinde çökellerini doldurmuşlardır. Jeolojik ve mineorolojik yapı zamansal olarak tektoniktir. Bu kumlu-killi topraklar ana kayalarının ayrışmasıyla oluşmuştur. Bunlar erozyona çok hassas topraklardır (Anonim 2024).

3.2 Metot

Kuzey ve Güney olmak üzere iki farklı bakıda bulunan saf karaçam meşcerelerinde çalışılmıştır ve farklı gelişim çağlarındaki meşcere tipleri belirlenmiştir. Bu meşcereler sırasıyla Çkb3(karaçam ağaç türü, sırkılık ve direklik çağı, kapalılık derecesi % 71-100), Çkc3 (karaçam ağaç türü, ince ağaçlık çağı, kapalılık derecesi % 71-100), Çkd3 (karaçam ağaç türü, orta ağaçlık çağı, kapalılık derecesi % 71-100)'dir. Yapılan ölçümler ve tartımlar sonucunda bu üç meşcerede OY (ibre tabakası), OÇ (çürüntü tabakası) ve OH (humus) tabakalarında gözlemler ve ölçümler yapılmıştır. Ölüörtünün horizonlarının kalınlıkları, ölüörtü içerisindeki toprak faunasının durumu ve A horizonunun kalınlığı ile pH değerine göre humus tipleri belirlenmiştir. Meşcerelerde ve laboratuvarda yapılan ölçümler sonrasında farklılıkların belirlenmesi için istatistiksel analizler yapılmıştır.

3.2.1 Arazi çalışmaları

Kuzey ve Güney olmak üzere iki bakıda farklı gelişim çağlarındaki meşcerelerden 400 m²'lik altı farklı deneme alanı içerisinde, 12 adet örnek alan alınmıştır. Ayrıca her deneme alanının GPS koordinatları GarminTrex 30x modeli kullanılarak alındı. Bununla birlikte alanların eğim ve bakısı da belirlenmiştir. Her bir orman topluluğundan 2 adet olmak üzere toplamda 24 adet numune alınmıştır. Örnek noktalarda 30 × 30 cm ölçülerinde metal çerçeve ile organik (OY, OÇ, OH), organo mineral (Ah) ve mineral (A horizonundan) katmanlardan laboratuvar analizleri için numune alınmıştır. Örnekleme öncesinde ölüörtünün morfolojik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, tanımlayıcı horizonların kalınlıkları, horizonların geçiş özellikleri, canlı (solucan ve eklembacaklı) faaliyetinin olup olmadığı 5-10x'lik büyüteçler ile incelenmiştir (Zanella

et al. 2011). Humus tipini belirlemek için, A horizonunun pH'sını ölçmek amacıyla su oranı 1:2,5 veya 1:5 olan cam elektrotlu pH metre kullanılmıştır.

3.2.2 Sınıflandırma Yapısı

Sınıflandırma, kapsamlı bilgi ve veri sağlayan orman toprakları için tasarlanmıştır. Tarım bölgelerine uygun değildir. FAO (2006), IUSS WorkingGroup WRB (2007) veya SoilSurveyStaff (2010) kılavuzları toprakları doğru şekilde kategorize etmek ve tanımlamak için kapsamlı yönergeler sağlar.

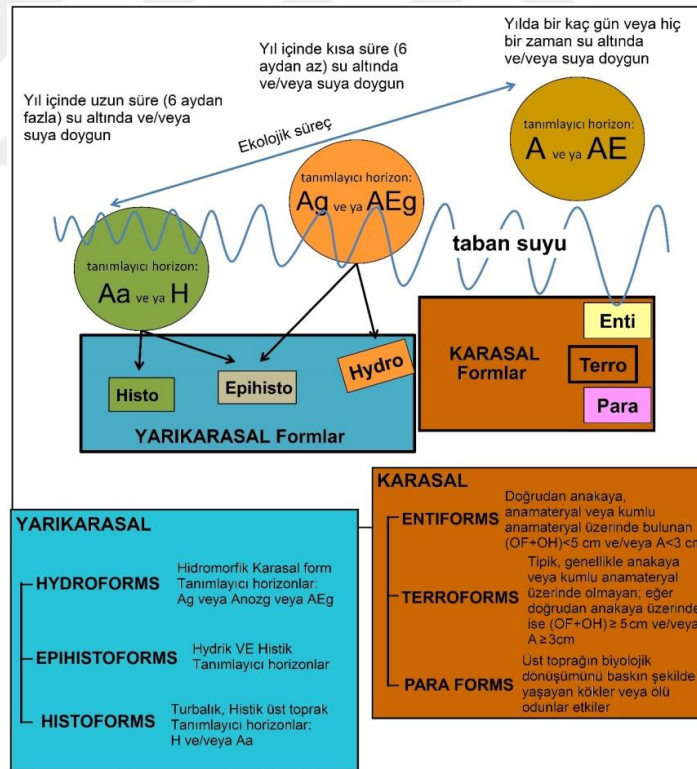
Humus formunun sınıflandırılması, organik ve organo mineral katmanların düzenlenmesi ve sahadaki biyolojik aktivitenin morfolojik olarak sahada gözlemlenerek tanımlanmasını esas alır. Bazı durumlarda kimyasal analizler (pH, organik karbon içeriği) gereklidir. Organik ve organo mineral katmanları tam bir bütün olarak kabul edilir. Sınıflandırma anahtarı, horizonların sınırlarını belirlemek ve üst toprak veya çevresel faktörler hakkında tamamlayıcı veriler toplamak için kullanılır (Zanella *et al.* 2009).

Sınıflandırma ikiye ayrılır; suya doymamış humus formlarında ve su altında kalan(su basar) formlarda oluşur (Şekil 3.4):

- **Karasal humus formları:** Bunlar, su altında kalmayan ve/veya sature olmayan veya yılda sadece birkaç gün suya doymuş olan humus formlarıdır. Bu formlar A veya AE organo-mineral horizonlar ile tanımlanır. Sınıflandırmanın ikinci ve daha kesin aşaması, karasal humus formlarının *Terroform* (=tipik) *Entiform* (= doğrudan anakaya veya ana materyal üzerinde) ve *Paraform* (= tipik olmayan) olarak ayrılmasıdır (Zanella *et al.* 2018a).
- **Yarı karasal humus formları:** suyun altındadır ve/veya suya doymuşlardır. *Hydroform* göreceli olarak kısa süre (yılda altı aydan az) su altında ve/veya suya doymuş olarak bulunan ve Ag veya AEg hidromorfik organo-mineral horizonları

ile tanımlanan humus tipidir. *Histoform* ve *Epihistoform* uzun süre (genellikle altı aydan fazla) su altında ve/veya suya doymun olarak bulunan ve Aaorgano-mineral veya H organik horizonu ile tanımlanan humus tipleridir(Zanella *et al.* 2018a).

Karasal bölümdeki her grup (Terroforms, Entiforms ve Paraforms) ve yarı karasal bölümdeki Hydroform grubu morfo-fonksiyonel olarak benzer 5 “biyolojik tipe” ayrılmıştır. Bunlar Mull, Amphi, Moder, Tangel ve Mor dur (Şekil 3.5). Histoform ve Epihistoform içinde Tangel yoktur. Bu “biyolojik tipler” sınıflandırmanın ilk taksonomik seviyesi olarak kabul edilir (Şekil 3.5). Sınıflandırmada ikinci aşamasını oluşturan Terroform ve Histoform en iyi bilinen önemli humus formlarıdır. Birinci seviyedeki her bir birim (Mull, Moder,...) 2 veya daha çok biyolojik alt tiplere (Eumull, Mesomull, Hemimoder, Dysmoder...) ayrılır (Zanella *et al.* 2018a).

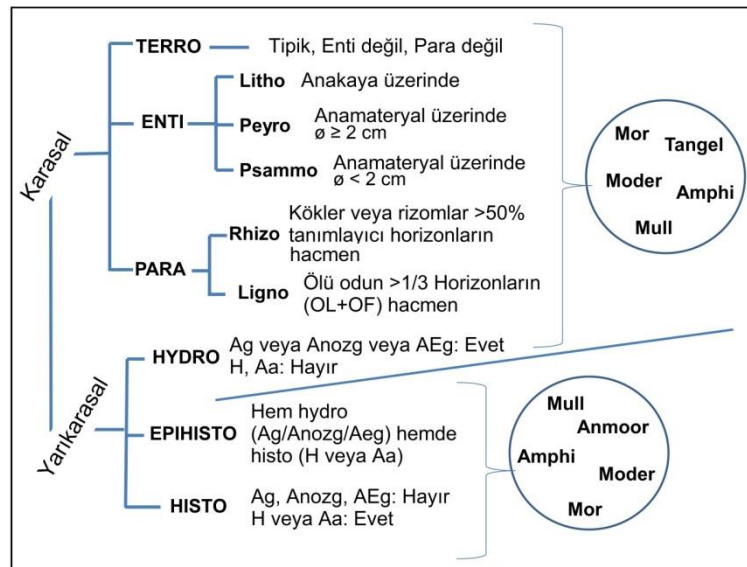


Şekil 3.4 Karasal ve yarı karasal humus formları ve alt bölümleri

Karasal humus formları yılda sadece birkaç gün su altında ve/veya suya doymun halde bulunurlar. Humus tiplerini incelemek ve tanımlanmak için bazı özel terimleri bilinmemiz gerekir; sınıflandırmalarda bazı tanımlayıcı katmanların bilinmesi gereklidir.

Karasal formları Terroform, Entiform ve Paraform olarak ayrılır (Şekil 3.4).

- **Terroform** tipik bir karasal humus formudur, doğrudan ana kayada veya anamateryal üzerinde bulunmaz ve kök ve ölü odunlardan doğrudan etkilenmez;
- **Entiform** doğrudan ana kaya, ana materyal veya kumlu ana materyal üzerinde bulunur ve ince bir organik ($OF+OH < 5\text{cm}$) ve/veya organo-mineral ($A < 3\text{cm}$) horizonu ile tanımlanır;
- **Paraform** humusun atipik bir türüdür. Canlı kökler (rhizoforms) veya ölü odunlar (Lignoforms) toprak üzerindeki biyolojik değişimi kontrol eder. Kökler toprak mikroorganizmaları ile etkileşime girer (Clarholm 1985, FitterandGarbaye 1994) ve odunun polimer yapısı diğer ölüörtü bileşenleriyle aynı şekilde ayrışmaz (Marcuzzi 1970, Edmonds 1987, Aerts 1997).



Şekil 3.5 Avrupa humus formlarına ait sınıflandırma Organik Horizonlar

Kökler dışındaki organik maddeler üç tanımlayıcı horizon altında gruplandırılır; bunlar tespit edilebilir kalıntıların ve humik bileşiklerin oranına göre OL, OF, OH 'dir(Zanella *et al.* 2018a).

OL (Organik ve Ölüörtü): Horizon esas olarak yaprak/ibre, dal, kabuk ve odun materyallerinin birikmesiyle karakterize edilir. Bitki organlarının çıplak gözle görülebilir. Yapraklar/ibreler renk kaybedebilir ve yavaş yavaş parçalanırlar. Humik bileşiklerin miktarı hacim olarak %10'dan az olabilir. Ayrışmamış ölüörtü içerisindeki (%100) tespit edilebilir kalıntıların miktarı %10'dan fazla olabilir (Şekil 3.6).

OL tipleri

- OLn = yeni ölüörtü (yaş < 1 yıl), parçalanmamış ve değişime uğramış/rengi kaybetmemiş yapraklar veya ibreler.
- OLv = yaşlı ölüörtü (yaşı 3 aydan fazla) yavaş yavaş değişen, solmuş, beyazlamış, yumuşamış, yapışmış, keçeleşmiş, yavaş yavaş parçalanmış yaprak veya ibreler.
- OLn'den OLv'ye geçiş ölüörtü tipine (bitki türü ve karışımı), iklime, mevsime ve biyolojik aktiviteye bağlı olarak çok hızlı (1-3 ay) veya çok yavaş (1 yıldan fazla) olabilir.

OF (parçalanmış veya ferment olmuş): Horizon, kısmen ayrılmış (parçalanmış, beyazlaşmış, lekelenmiş) ancak sağlam olmayan yaprak/ibre, dal ve odun materyallerinin birikmesiyle karakterize edilmiştir. Humik bileşiklerin oranı hacimce %10 ile %70 arasındadır. Humus formuna bağlı olarak ayrışma, toprak faunası (OFzo) veya selüloz-lignin parçalayıcı mantarlar (OFnoz) tarafından gerçekleştirilir. Yavaş ayrışma, kısmen ayrılmış mat ve keçeleşmiş mantar hifleri ile karakterize edilir.

OF tipleri

- OFzo = zoojenik dönüşüme (toprak hayvanlarının faaliyetleri sonucunda dönüşüme) uğramış materyalleri içerir: kökler dışında horizonu içerisinde hacim olarak > %10'dan fazla olmalıdır.
- OFnoz = zoojenik olmayan (mantar faaliyetleri sonucunda) dönüşüme uğramış materyalleri içerir: kökler dışında horizon içerisinde hacim olarak > %90'dan fazla olmalıdır
- Dönüşüme uğramış materyal içinde zo/noz oranı göreceli olarak önemli mevsimsel farklılıkları gösterebilir.

OH (humus): Horizon zoojenik dönüşüme uğramış (siyah, gri-kahverengi, kahverengi, kırmızı-kahve iyi ayrılmış) materyal ile karakterize edilir. Orijinal bitki yapıları görülemez, humik bileşik miktarı hacim olarak % 70'ten fazladır. OH horizonu OF horizonuna göre toprak organizmalarının faaliyetleri nedeniyle daha fazla dönüşüme (parçalanma, humifikasyon,...) uğramıştır.

Organo-Mineral Horizonlar (A Horizonu)

Farklı A horizonları arazide, çıplak gözle veya 5-10X büyüteçler ile gözlemleyerek, sürtüktür belirleyerek (SoilSurveyDivisionStaff 1993, Schoeneberger *et al.* 2002, FAO 2006), asitlik ölçülerek (pH_{su}) belirlenebilir. A horizonu beş tanımlayıcı horizona ayrılabilir (Şekil 3.4):

Zoojenik A horizonları:

- 1) **Biyomakrostrüktür A** (kod: **maA**) = Aneci-endovermik (iç toprak ve dış ev solucanlar);
- 2) **Biyomezostrüktür A** (**meA**) = Endo-epivermik (üsttoprak ve içtoprak solucanlar);

3) Biyomikrostrüktür A (miA) = Enchy-arthropodik (saksı kurtları ve eklembacaklılar).

Zoojenik olmayan A horizonları:

4) Tek taneli A (sgA);

5) Masif A (msA).

A tipleri (zo, noz ve diğer ekler)

- Azo = zoojenik A horizonu. Azo = maA (ima edilen maAzo) veya meA (meAzo) veya miA (miAzo).
- Anoz = zoojenik olmayan A horizonu. Çıplak gözle veya büyüteç ile herhangi bir hayvan aktivitesi veya belirtisi görülmez (yuva, dışkı, mukus veya hayvan artığı vb. yoktur (< %5 toprak hacminin)). Fungal yapılar görülebilir. Anoz = sg A (sgAnoz) veya msA (msAnoz) (Şekil 3.5).

Humus formunun belirlenmesi için gerekli olmasada A horizonunun diğer önemli özelliklerini belirlemek için arazide Toprak Tanımlama Kılavuzuna FAO (2006) veya laboratuvarında bakılabilir.

3.2.3 Ölüörtünün sınıflandırılması

Çalışma alanında belirlenen ölüörtü özellikleri arasında, ölüörtünün katmanlarından OY, OF ve OÇ'nin bulunması ile bu katmanların kalınlıkları sınıflandırmanın yapılabilmesi açısından önemlidir. Bununla birlikte ölüörtünün toprak üzerinde mi anakaya üzerinde mi olduğu belirlenmelidir. Toprak üzerinde olan ölüörtünün sınıflandırılabilmesi için toprak pH'sının belirlenmesi gerekmektedir. Mul tipi humusta OH horizonu bulunmaz ve toprak pH<5 olmak zorundadır. Çürüntülü mul (Moder) ile Amphi birbirine benzeyen ölüörtü tipleridir ikisinde de OY, OF ve OÇ bulunur fakat arasındaki en önemli fark Amphi'de toprak pH'sı ≥ 5 iken Çürüntülü mull'da pH<5 dir. Tangel ise kireçli anakaya üzerinde bulunması ile ayırt edilir (Şekil 3.6).

Sınıflandırmanın ikinci basamağında ise OF ve OH horizonlarının kalınlıkları ile toprak canlılarının meso veya makro olma durumlarına göre ölüörtü sınıflandırılır (Şekil 3.7).

3.2.4 İstatistiksel analiz

Elde edilen değişkenlerin normal dağılım gösterdiği doğrulandıktan sonra; organik, organomineral ve mineral katmanlardan elde edilen veriler, kuzey bakı karaçam ormanlarının güney bakı karaçam ormanlarına göre farklılık gösterip göstermediğine *t*-test ile belirlenmiştir. Ayrıca meşcere gelişim çağları arasındaki farkın belirlenmesi için varyans analizi (ANOVA) ve gruplar arasındaki farkın belirlenebilmesi için de Tukey post hoc testi uygulanmıştır (SPSS 2011).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışılan orman alanlarından alınan horizonlara ait bulgular alt başlıklar halinde aşağıda sırası ile verilmiştir.

4.1 4.1 Kuzey Bakı Çkb3 Meşcerelerinden Alınan Örnek Sonuçları

(Karaçam ağaç türü, sııklık ve direklik çağı, kapallık derecesi %71-100)

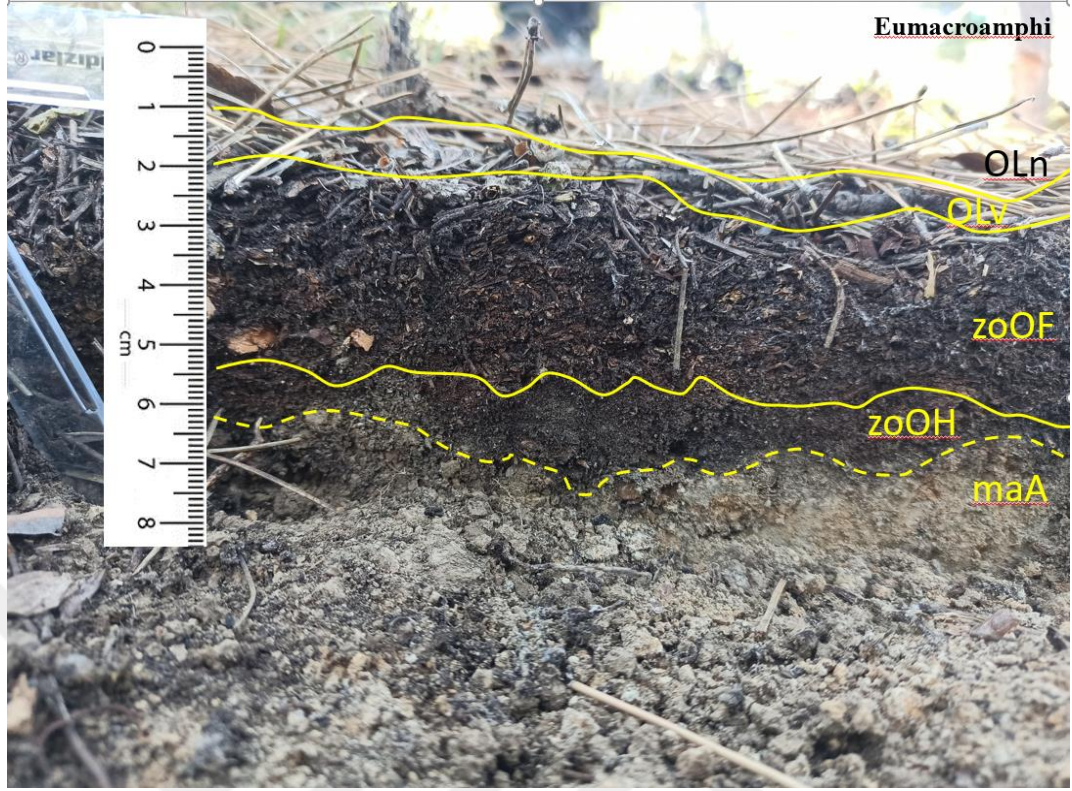
1. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğı rakım 1166 m, bakısı kuzey yönlü, pH derecesi 6,6 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Çkb3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm-2) 400 cm2	10000 cm2-1m2
Çkb3-1	Kirsen	729248	4319187	1166	K	20	6,600	nOL	0-1	1	OY	33,276	831,90
								vOL	1-2	1	OÇ	347,006	8675,15
								zoOF	2-3,5	1,5	OH	87,412	2185,30
								zoOH	3,5-7	3,5			11692,35
								A	7+				

*K: Kuzey, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.1 Çkb3 meşceresi kuzey bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu

Oln (yeni dökülen ölüörtü) horizonunun kalınlığı 1 cm , Olv (yaşlı ölüörtü) horizonunun kalınlığı 1 cm, zoOF (zoojenik dönüşüme uğramış ölüörtü tabakası) horizonunun kalınlığı 1,5 cm, zoOH (zoojenik dönüşüme uğramış humus) horizonunun kalınlığı ise 3,5 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.1). Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir.

2. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1276 m, bakışı kuzey yönlü, pH derecesi 5,911 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.2 Çkb3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm-2) 400 cm2	10000 cm2-lm2
Çkb3-3	Kirsen	730148	4318607	1276	K	20	5,911	nOL	0-1,5	1,5	OY	24,576	614,40
								vOL	1,5-2,5	1	OÇ	17,897	447,43
								zoOF	2,5-3,5	1	OH	242,891	6072,28
								zoOH	3,5-5	1,5			7134,10
								A	5+				

*K: Kuzey, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.2 Çkb3-3 meşceresinde kuzey bakıdan ikinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1,5 cm , Olv 1 cm, zoOF 1 cm, zoOH horizonunun ise 1,5 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.2). Humus tipi Amphi-Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir. Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH

horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacıkların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir.

4.2 4.2 Güney Bakı Çkb3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları

(Karaçam ağaç türü, sırkılık ve direklik çağı, kapalılık derecesi %71-100)

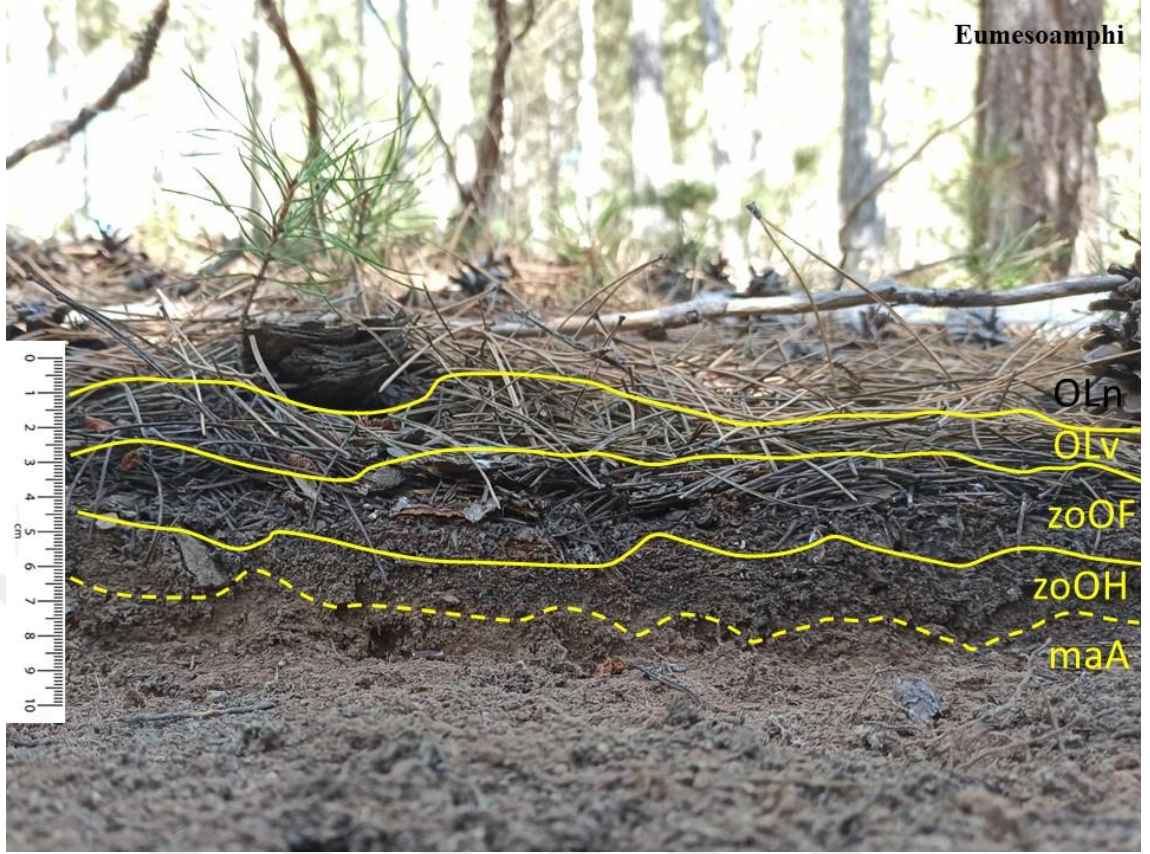
1. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1364 m, bakısı batı yönlü, pH derecesi 5,610 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölü örtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.3 Çkb3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm-2) 400 cm2	10000 cm2-lm2
Çkb3-1	Kirsan	731146	4317910	1364	G	20	5,610	nOL	0-1,5	1,5	OY	272,806	6820,15
								vOL	1,5-3	1,5	OÇ	24,071	601,78
								zoOF	3-4	1	OH	30,952	773,80
								zoOH	4-6	2			8195,73
								A	6+				

*G: Güney, nOL:yeni dökülen ölü örtü, vOL: yaşlı ölü örtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.3 Çkb3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1,5 cm , Olv 1,5 cm, zoOF 1 cm, zoOH horizonunun ise 2 cm olarak ölçülmüştür. Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının <3 olması ve mesoeklembacaklıların (meA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumesoamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.3).

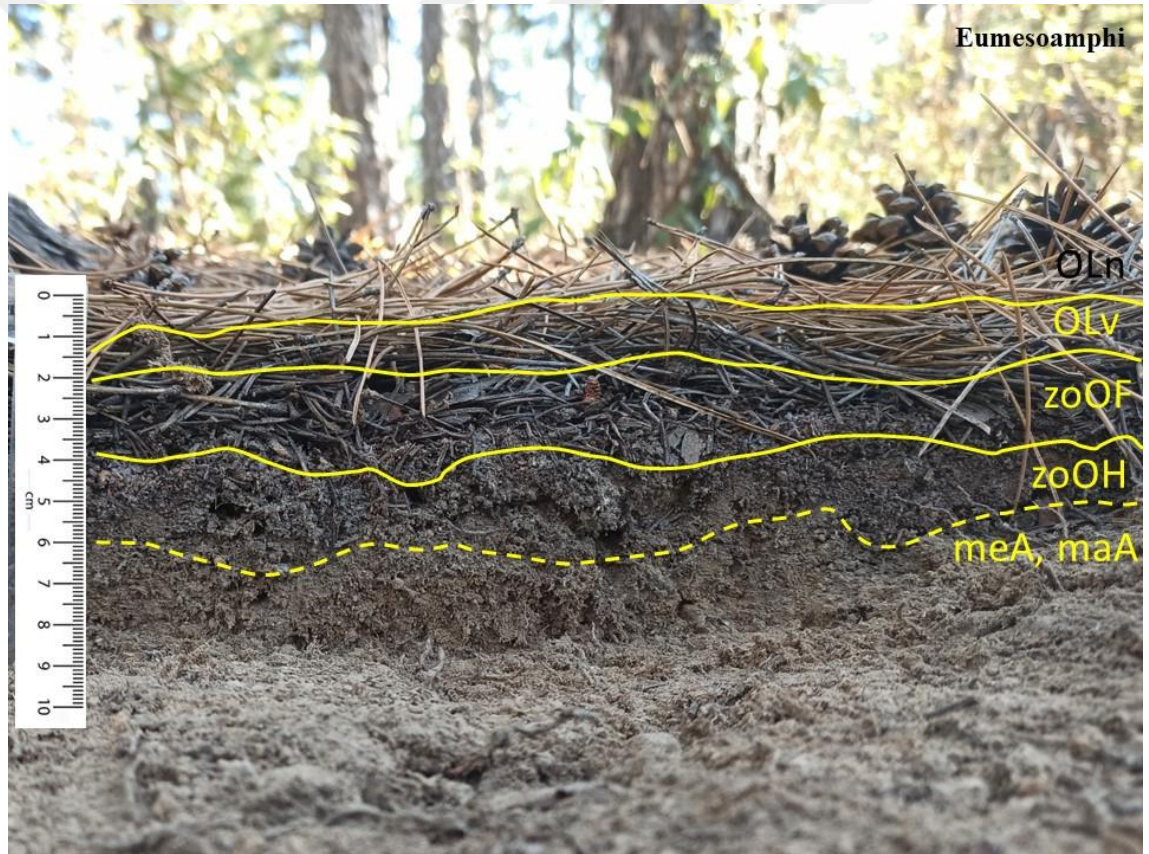
2. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1422 m, bakısı güney yönlü, pH derecesi 5,581 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.4 Çkb3 meşçeresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Çkb3-2		728117	4316730	1422	G	15	5,581	nOL	0-1,5	1,5	OY	30,465	761,63	761,63
								vOL	1,5-3,5	2	OÇ	12,478	311,95	311,95
								zoOF	3,5-6	2,5	OH	128,332	3208,30	3208,30
								zoOH	6-7,5	1,5			4281,88	4281,88
								A	7,5+					

*G: Güney, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.4 Çkb3 meşçeresin güney bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1,5 cm , Olv 2 cm, zoOF 2,5 cm, zoOH horizonunun ise 1,5 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.4). Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının <3 olması ve mesoeklembacaklıların (meA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumesoamphi olarak tespit edilmiştir.

Çkb gelişim çağındaki karaçam meşcerelerinden kuzey ve güney bakıdan alınan ölüörtü horizonlarından alınan örneklerde yapılan t-testi analizine göre Oy, OÇ ve OH horizonlarının birim alandaki (g/m^2) miktarları bakımından istatistiksel fark varken toplam ölüörtü miktarı bakımından (g/m^2) fark bulunamamıştır. Yapılan pH analizine göre güney bakı daha asidik bulunmuştur ($P=0,000$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Çkb3 meşcerelerinden kuzey ve güney bakılardan alınan örnek alan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

Çkb	Kuzey	Güney	t	p
OY (g/m^2)	641,76±43,8	3790,89±913,35	-3,444	0,005
OÇ (g/m^2)	3105,6867±1187,82	456,86±43,69	2,228	0,048
OH (g/m^2)	3743,67±505,85	1991,05±367,01	2,804	0,010
ÖÖ (g/m^2)	7491,12±993,24	6238,80±590,03	1,084	0,290
pH (H ₂ O)	6,09±0,10	5,59±0,01	4,634	0,000

4.3 Kuzey Bakı Çkc3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları

(karaçam ağaç türü, ince ağaçlık çağı, kapalılık derecesi %71-100) meşceresinden alınan örnek

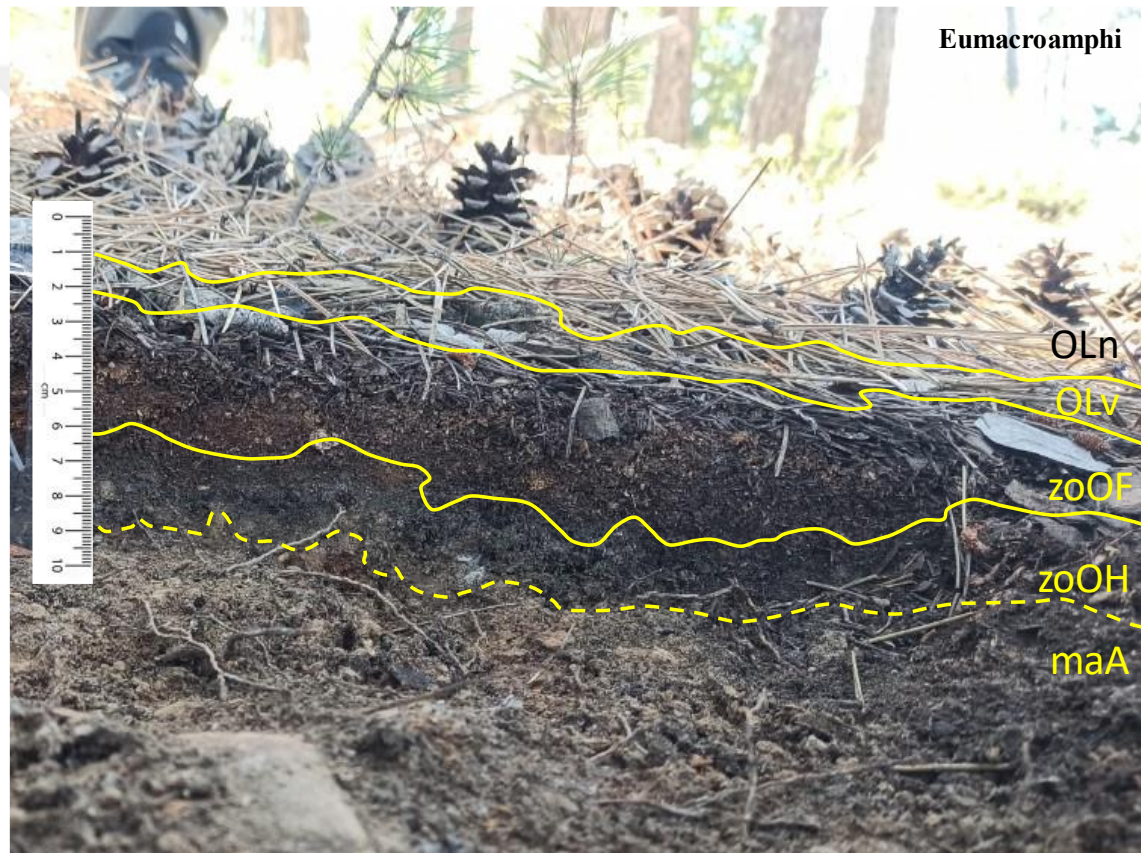
1. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1174 m, bakışı kuzey yönlü, pH derecesi 6,460(asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.6 Çkc3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm2	10000 cm2-lm2
Çkc3-2	Kirsen	729248	4319163	1174	K	20	6,460	nOL	0-1,5	1,5	OY	17,295	432,38
								vOL	1,5-2,5	1	OÇ	312,125	7803,13
								zoOF	2,5-5	2,5	OH	35,642	891,05
								zoOH	5-7,5	2,5			9126,55
								A	7,5+				

*K: Kuzey, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.5 Çkc3 meşceresinin kuzey bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu

OLn horizonunun kalınlığı 1,5 cm , OLV 1 cm, zoOF 2,5 cm, zoOH horizonunun ise 2,5 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5). Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

2. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1279 m, bakısı kuzey yönlü, pH derecesi 5,821(asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.7 Çkc3 meşceresinde kuzey bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm2	10000 cm2-lm2
Çkc3-3	Kırsen	731387	4318179	1279	K	25	5,821	nOL	0-2	2	OY	25,125	628,13
								vOL	2-3	1	OÇ	122,757	3068,93
								zoOF	3-4,5	1,5	OH	9,212	230,30
								zoOH	4,5-5,5	1			3927,35
								A	5,5+				

*K: Kuzey, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.6 Çkc3 meşceresi kuzey bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 2 cm , Olv 1cm, zoOF 1,5 cm, zoOH horizonunun ise 1 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.6). Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6).

4.4 Güney Bakı Çkc3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları

(karaçam ağaç türü, ince ağaçlık çağı, kapalılık derecesi %71-100) meşceresinden alınan örnek

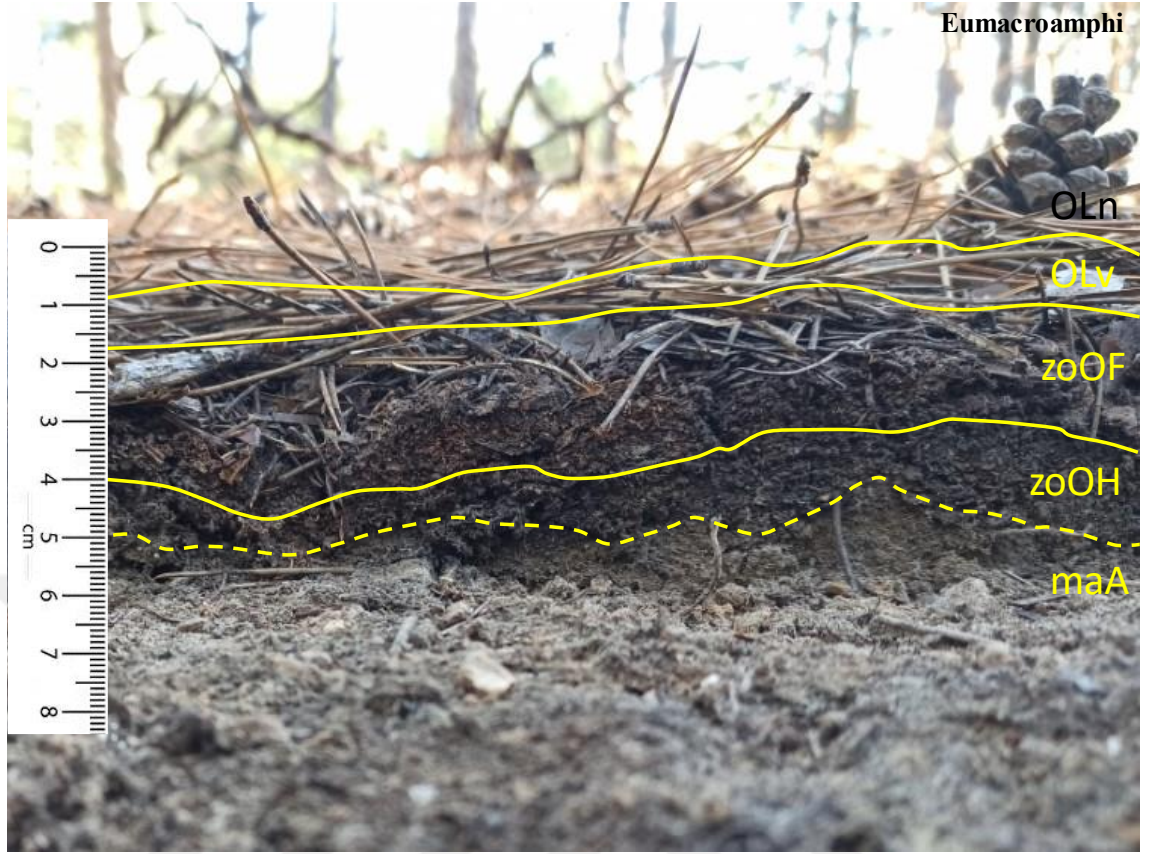
1. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1426 m, bakısı güney yönlü, pH derecesi 5,612 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.8 Çkc3 meşceresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm ²	10000 cm ² -lm ²
Çkc3-2		728371	4316608	1426	G	15	5,612	nOL	0-1	1	OY	15,792	394,80
								vOL	1-2	1	OÇ	203,84	5096,00
								zoOF	2-3,5	1,5	OH	63,31	1582,75
								zoOH	3,5-5	1,5			7073,55
								A	5+				

*G: Güney, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.7 Çkc3 meşceresi güney bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1 cm , Olv horizonunun kalınlığı 1 cm, zoOF 1,5 cm, zoOH horizonunun ise 1,5 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.7). Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.7).

2. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1514 m, bakısı güney yönlü, pH derecesi 5,811(asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.9 Çkc3 meşceresin güney bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm2	10000 cm2-1m2
Çkc3-3		729192	4316694	1514	G	15	5,811	nOL	0-1,5	1,5	OY	28,355	708,88
								vOL	1,5-4	2,5	OÇ	9,182	229,55
								zoOF	4-5	1	OH	339,646	8491,15
								zoOH	5-6	1			9429,58
								A	6+				

*G: Güney, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.8 Çkc3 meşceresi güney bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1,5 cm , Olv 2,5 cm, zoOF 1 cm, zoOH horizonunun ise 1cm olarak ölçülmüştür. Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.6).

Çkc gelişim çağındaki karaçam meşcerelerinden kuzey ve güney bakıdan alınan ölüörtü horizonlarından alınan örneklerde yapılan t-testi analize göre OÇ ve OH horizonlarının birim alandaki (g/m^2) miktarları bakımından istatistiksel fark varken OY ve toplam ölüörtü miktarı bakımından (g/m^2) fark bulunamamıştır. Yapılan pH analizine göre güney bakı daha asidik bulunmuştur ($P=0,001$) (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 Çkc3 meşcerelerinden kuzey ve güney bakılardan alınan örnek alan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

Çkc	Kuzey	Güney	t	p
OY (g/m^2)	530,25±29,51	507,47±43,01	0,437	0,667
OÇ (g/m^2)	5436,03±713,70	3314,14±660,24	2,182	0,040
OH (g/m^2)	560,67±99,61	3463,31±1083,21	-2,668	0,014
ÖÖ (g/m^2)	6526,95±783,80	7284,92±503,97	-0,813	0,426
pH (H ₂ O)	6,14±0,09	5,70±0,05	3,871	0,001

4.5 Kuzey Bakı Çkd3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları

(karaçam ağaç türü, ince ağaçlık çağı, kapalılık derecesi %71-100)

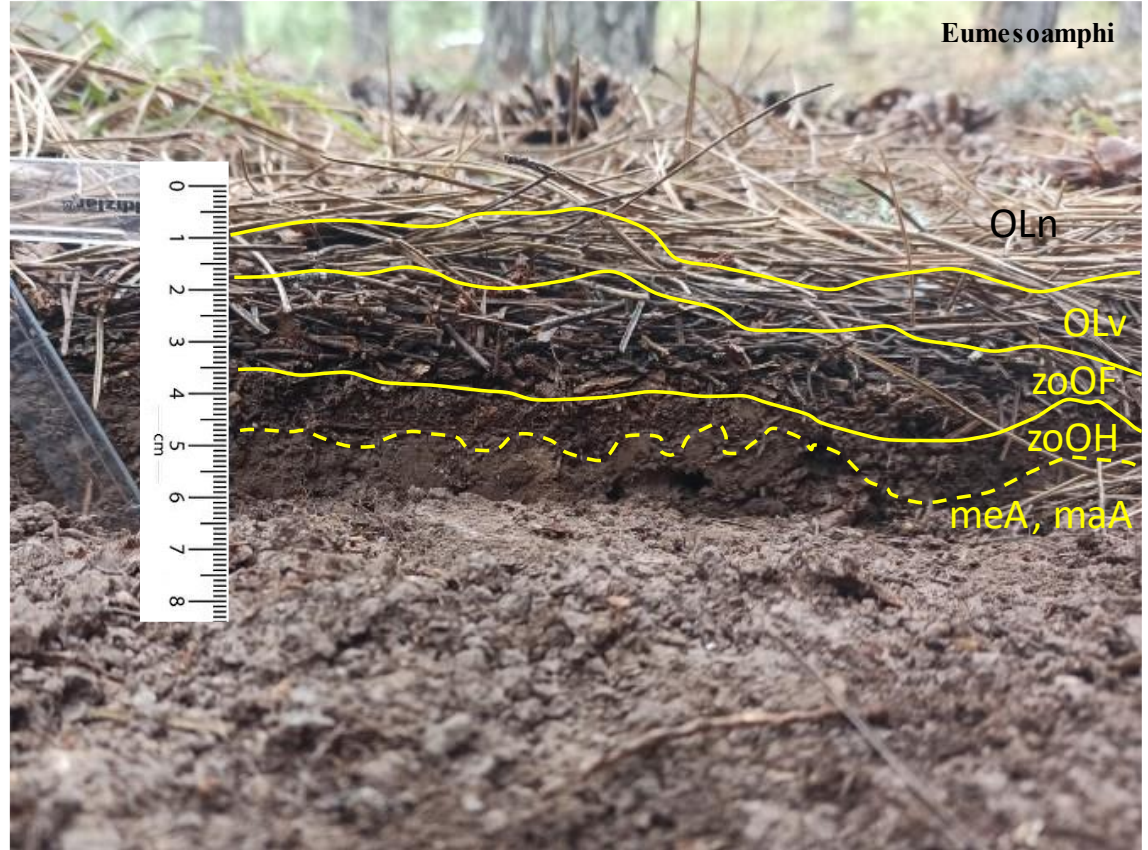
1. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1544 m, bakısı kuzey yönlü, pH derecesi 5,461 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.11 Çkd3 meşçeresi kuzey bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm ²	10000 cm ² -1m ²
Çkd3-1	Çalova	727924	4323260	1544	K	15	5,461	nOL	0-1,5	1,5	OY	42,120	1053,00
								vOL	1,5-3	1,5	OÇ	266,522	6663,05
								zoOF	3-4	1	OH	15,68	392,00
								zoOH	4-5	1			8108,05
								A	5+				

*K: Kuzey, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, mA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.9 Çkd3 meşçeresi kuzey bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1,5 cm , OLv 1,5 cm, zoOF 1 cm, zoOH horizonunun ise 1 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 4.9). Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının

bulunması, OH horizonunun kalınlığının <3 olması ve mesoeklembacıklıların (meA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumesoamphi olarak tespit edilmiştir.

2. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1533 m, bakışı kuzey yönlü, pH derecesi 5,591(asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.12 Çkd3 meşceresi kuzey bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm2	10000 cm2-lm2
Çkd3-3	Çalova	728712	4323143	1533	K	15	5,591	nOL	0-1,5	1,5	OY	74,157	1853,93
								vOL	1,5-2,5	1	OÇ	292,292	7307,30
								zoOF	2,5-3,5	1	OH	38,898	972,45
								zoOH	3,5-5,5	2			10133,68
								A	5,5+				

*K: Kuzey, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.10 Çkd3 meşceresi kuzey bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1,5 cm , Olv 1 cm, zoOF 1 cm, zoOH horizonunun ise 2 cm olarak ölçülmüştür. Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının <3 olması ve mesoeklembacaklıların (meA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumesoamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.10).

4.6 Güney Bakı Çkd3 Meşcerelerinde Alınan Örnek Sonuçları

(karaçam ağaç türü, ince ağaçlık çağı, kapalılık derecesi %71-100)

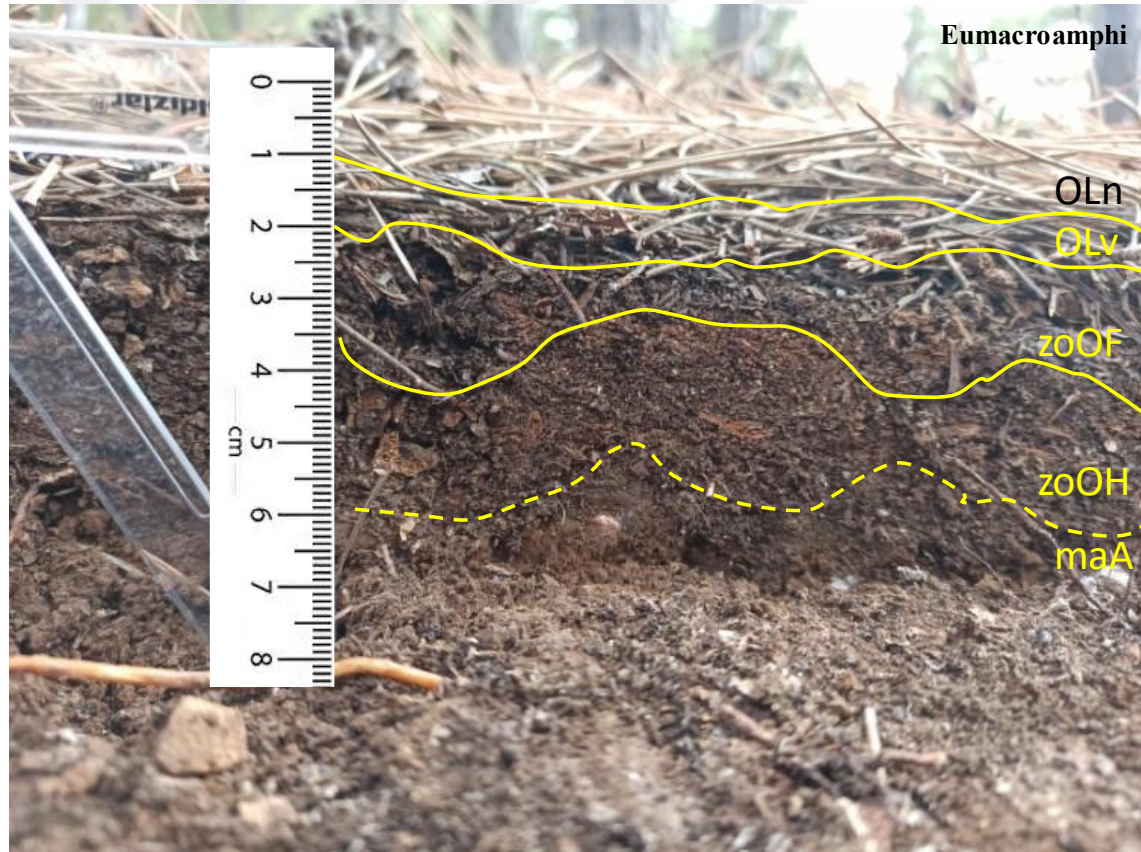
1. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1474 m, bakısı güney yönlü, pH derecesi 6,180 (asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.13 Çkd3 meşçeresinde güney bakıdan alınan birinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm2	10000 cm2-1m2
Çkd3-2	Çalova	728033	4322468	1474	G	20	6,180	nOL	0-1	1	OY	42,808	1070,20
								vOL	1-2	1	OÇ	101,793	2544,83
								zoOF	2-3,5	1,5	OH	653,891	16347,28
								zoOH	3,5-6	2,5			19962,30
								A	6+				

*G: Güney, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.11 Çkd3 meşçeresi güney bakıdan alınan birinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 1 cm , Olv 1 cm, zoOF 1,5 cm, zoOH horizonunun ise 2,5 cm olarak ölçülmüştür. Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH

horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.11).

2. Örnek Alan Verileri

Meşcereden alınan örneğin bulunduğu rakım 1455 m, bakışı güney yönlü, pH derecesi 5,469(asidik) bulunmuştur. Horizonların derinlikleri, ölüörtü ve humus ağırlıkları aşağıda tabloda ayrıntılı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.14 Çkd3 meşceresinde güney bakıdan alınan ikinci örnekte yapılan tartımlar

Örnek Alan	Mevkii	Koordinat (35S)		Rakım	Bakı	Eğim	pH		Derinlik (cm)	Kalınlık (cm)	Horizon	Ağırlık (gm 2) 400 cm2	10000 cm2-lm2
Çkd3-3	Akdağ	701796	4327132	1455	G	15	5,469	nOL	0-2	2	OY	34,241	856,03
								vOL	2-4	2	OÇ	11,244	281,10
								zoOF	4-5,5	1,5	OH	302,229	7555,73
								zoOH	5,5-6,5	1			8692,85
								A	6,5+				

*G: Güney, nOL:yeni dökülen ölüörtü, vOL: yaşlı ölüörtü, zoOF: zoojenik dönüşüme uğramış çürüntü tabakası, zoOH: zoojenik dönüşüme uğramış humus tabakası, A:organo mineral horizon , OY: organik ibre ve yaprak tabakası, OÇ:organik çürüntü tabakası , OH:humus, maA:makro canlıların görüldüğü horizon



Şekil 4.12 Çkd3 meşceresi güney bakıdan alınan ikinci ölüörtü horizonu

Oln horizonunun kalınlığı 2 cm , Olv 2 cm, zoOF 1,5 cm, zoOH horizonunun ise 1 cm olarak ölçülmüştür. Belirlenen kriterlere OY, OF ve OÇ horizonlarının bulunması, OH horizonunun kalınlığının ≥ 1 olması ve makroeklembacaklıların (maA) olması nedeni ile humus tipi Amphi- Eumacroamphi olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.12).

Çkd gelişim çağındaki karaçam meşcerelerinden kuzey ve güney bakıdan alınan ölüörtü horizonlarından alınan örneklerde yapılan t-testi analizine göre OY, OÇ ve OH horizonlarının birim alandaki (g/m^2) miktarları ile toplam ölüörtü miktarı (g/m^2) bakımından istatistiksel fark bulunmuştur ($P < 0,05$). Yapılan pH analizine göre kuzey bakı daha asidik bulunmuştur ($P = 0,001$) (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Çkd3 meşcerelerinden kuzey ve güney bakılardan alınan örnek alan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

Çkd	Kuzey	Güney	t	p
OY (g/m ²)	1453,46±120,74	963,11±32,28	3,923	0,000
OÇ (g/m ²)	6985,17±97,12	1412,96±341,27	15,704	0,000
OH (g/m ²)	682,22±87,50	11951,50±1325,37	-8,484	0,000
ÖÖ (g/m ²)	9120,86±305,37	14327±1698,93	-3,016	0,011
pH (H ₂ O)	5,52±0,01	5,82±0,10	-2,739	0,018

4.7 Karaçam meşcerelerindeki ölüörtülerin bakılara göre kıyaslaması

Kuzey bakıdaki farklı gelişim çağındaki karaçam meşcerelerinden alınan ölüörtü örneklerinde; yaprak tabakası Çkb ve Çkc gelişim çağlarında istatistiksel olarak aynı iken Çkd gelişim çağında diğer alanlara kıyasla yaklaşık %240 daha fazladır (P=0,000). Çkd gelişim çağındaki alanlarda Çürüntü ve Humus horizonları da benzer olarak Çkb ve Çkc gelişim çağlarından daha yüksek çıkmıştır (P<0,05). Buna karşın toplam ölüörtü miktarı bakımından gelişim çağları arasında fark bulunamamıştır (P>0,05). Ölüörtünün altında bulunan mineral toprağın pH değerleri kıyaslandığında Çkc meşceresinde daha asidik toprak özelliği görülmüştür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (P<0,05).

Çizelge 4.16 Kuzey bakıda bulunan Karaçam meşcerelerinin bazı ölüörtü özelliklerinin istatistik sonuçları

Kuzey	Çkb	Çkc	Çkd	F	P
OY (g/m ²)	641,76±43,8a	530,25±29,51a	1453,46±120,74b	43,854	0,000
OÇ (g/m ²)	3105,6867±1187,82a	5436,03±713,70ab	6985,17±97,12b	5,928	0,006
OH (g/m ²)	3743,67±505,85a	560,67±99,61b	682,22±87,50b	35,688	0,000
ÖÖ (g/m ²)	7491,12±993,24a	6526,95±783,80a	9120,86±305,37a	3,044	0,061
pH (H ₂ O)	6,09±0,10a	6,14±0,09a	5,52±0,01b	16,512	0,000

Güney bakıdaki farklı gelişim çağındaki karaçam meşcerelerinden alınan ölüörtü örneklerinde; yaprak ve çürüntü tabakaları Çkc ve Çkd gelişim çağlarında istatistiksel olarak aynı iken Çkb gelişim çağından miktar olarak (g/m^2) daha fazla bulunmuştur ($P=0,000$). Humus tabakası ve toplam ölüörtü miktarı bakımından ise Çkd gelişim çağı, Çkb ve Çkc gelişim çağına kıyasla miktar olarak (g/m^2) daha fazla olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Farklı gelişim çağındaki mineral toprağın pH değerleri kıyaslandığında güney bakıda alanlar arasında önemli fark bulunamamıştır ($P=0,086$).

Çizelge 4.17 Güney bakıda bulunan Karaçam meşcerelerinin bazı ölüörtü özelliklerinin istatistik sonuçları

Güney	Çkb	Çkc	Çkd	F	P
OY (g/m^2)	3790,89±913,35a	507,47±43,01b	963,11±32,28b	11,339	0,000
OÇ (g/m^2)	456,86±43,69a	3314,14±660,24b	1412,96±341,27a	11,448	0,000
OH (g/m^2)	1991,05±367,01a	3463,31±1083,21a	11951,50±1325,37b	28,295	0,000
ÖÖ (g/m^2)	6238,80±590,03a	7284,92±503,97a	14327±1698,93b	16,643	0,000
pH (H ₂ O)	5,59±0,01a	5,70±0,05a	5,82±0,10a	2,647	0,086

Humus tipleri bakımından, Çkb gelişim çağında kuzey bakılarda Eumacroamphi humus tipi belirlenirken güney bakıda Eumesoamphi humus tipi belirlenmiştir. Çkc gelişim çağında kuzey bakıda Eumacroamphi humus tipi belirlenirken güney bakıda Eumacroamphi ve Leptoamphi humus tipi belirlenmiştir. Çkd gelişim çağında ise kuzey bakıda Eumesoamphi humus tipi belirlenirken güney bakıda Eumacroamphi humus tipi belirlenmiştir.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Kütahya İli, Gediz İlçesi, Gediz Orman İşletme Şefliğinde bulunan saf karaçam ormanlarında kuzey ve güney bakılarda humus formlarının dağılımı belirlenmiştir. Humus formlarının dağılımı meşcere gelişim çağına ve bakıya göre değiştiği görülmüştür. Farklı gelişim çağında ve farklı bakıda hakim humus tipi “amphi” dir. Genelleme yapmak gerekirse Çkb ve Çkc gelişim çağlarında kuzey bakıda Eumacroamphi güney bakıda ise sırası ile Eumesoamphi ve Leptoamphi iken Çkd gelişim çağında kuzey bakıda Eumesoamphi, güney bakıda ise Eumacroamphi humus tipi olduğu belirlenmiştir.

İklim, sıcaklık, yağış miktarı ve yükseltinin ölüörtü ve toprak üzerindeki etkilerinin yanı sıra meşcere gelişim çağı ve bakının da ölüörtü ve toprak üzerinde önemli etkileri vardır. Meşcere gelişim çağı, meşcere bakısı, toprak sıcaklığını ve toprak canlılarını etkilemektedir (Çakır ve Makineci 2013, Çakır vd. 2020). Humus formlarının oluşumunda en önemli etkiyi canlılar oluşturmaktadır ki canlıları da etkileyen en önemli çevresel etkenlerin başında ölüörtü kalitesi, toprak sıcaklığı ve toprağın pH’sı gelmektedir (Çakır ve Makineci 2013). Ponge *et al.* (2011) ortalama sıcaklıktaki düşüşün Amphi humus formunda ve Mull humus formunda bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada belirlenen çalışma alanlarının 690-1740 m arasında olması, düşük sıcaklıkların oluşmasını sağlayarak humus formunun amphi olmasına neden olmuştur. Humus formunun oluşumunda sadece sıcaklığın belirleyici faktör olmadığı ağaç türü ve karışımı ile toprak pH’sının da etkili olduğu bilinmektedir (Zanella *et al.* 2018). Rakımın humus formu üzerine etkilerini araştıran çalışmalarda, İran’ın kayın ve meşe ormanlarında ve İspanya’nın sarıçam ormanlarında mull humus tipinin olduğu belirtilmiştir (Badía-Villas and Girona-García 2018, Bayranvand *et al.* 2021). Mull ve Amphi humus formlarının en önemli ayırıcı özelliği toprak pH’sının 5’ten yüksek olmasıdır. Toprak pH>5 olduğu ve OL, OF ve OH horizonlarının olduğu durumda Amphi tipi humus oluşmaktadır (Zanella *et al.* 2018). Ağaç türü çeşitliliğinin yüksek olduğu ve besin ağının zengin olduğu ekosistemlerde Mull humus formu oluşurken (Ponge *et al.* 2011), düşük ağaç türü zenginliği ve soğuk ortamlarda Moder ve Amphi humus formunun oluştuğunu belirtilmiştir (Badía-Villas and Girona-García 2018).

Benzer olarak ölüörtü ayrışmasının yavaş olduğu soğuk koşullarda Amphi humus formunun oluşabileceği belirtilmiştir (Labaz *et. al.* 2014). (Waez-Mousavi and Habashi 2012), Mull humus formlarının, ayrışma hızı yüksek orman türleri altında bol miktarda bulunduğunu, Amphi ve Moder humus formlarının ise ayrışma hızı düşük orman türlerinde gözlemlendiğini göstermiştir. Yapılan çalışmada da ağaç türü çeşitliliğinin düşük olması saf karaçam alanlarında çalışılması hem de yüksek rakımlarda çalışılmış olması ayrıca karaçamın ayrışma hızının göreceli olarak yavaş olması (Çakır ve Tunç 2019) nedeni ile Amphi humus formunun olması yapılan diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Birçok çalışma tür çeşitliliği ile nem ve sıcaklığın humus formunu etkileyen faktörler olduğunu belirtmiştir (Zanella *et. al.* 2011, Labaz *et. al.* 2014, Badía-Villas and Girona-García 2018). Çalışmamızda toplam ölüörtü miktarı meşcere gelişim çağı arttıkça artmaktadır. Buna karşılık döküm ile ölüörtüye gelen ibre (OY) miktarı kuzey bakıda en fazla Çkd gelişim çağına iken güney bakıda ise en fazla Çkb gelişim çağına olduğu belirlenmiştir. genç meşcerelerde daha fazla olmaktadır. Benzer olarak Çankırı’da Çkb, Çkc ve Çkd gelişim çağlarında yapılan çalışmada meşcere yaşı arttıkça ölüörtü miktarının arttığı (3300-7100 g m²) ve sırası ile Leptoamphi, Eumesoamphi, Eumakroamphi humus formları olduğu belirtilmiştir (Çakır vd. 2020).

Humus ve toprağın kimyasal bileşimi, topoğrafya, iklim, ağaç türü ve toprak faunası toplulukları gibi birçok faktörün etkileşiminin sonucu olarak meydana gelir (Aerts 1997, Ponge and Chevalier 2006, Ponge *et. al.* 2011). Toprak faunası ölüörtüyü besin olarak kullandığı için toprak faunasının komünite yapısını ağaç türü ve çeşitliliği doğrudan etkilemektedir (Çakır ve Makineci 2013). Çalışmamızda saf karaçam meşcerelerinde mezo ve makro fauna’nın hâkim olduğu gözlemlenmiştir. Buda eumacroamphi ve eumesoamphi humus tiplerinin oluşmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak humus formlarının dağılımını etkileyen en önemli faktörler ağaç türü, ölüörtü kalitesi, toprak pH’sı ve toprak faunası olmakla birlikte iklim, sıcaklık, yağış miktarı ve yükseltinin de etkisi gözardı edilmemelidir. Elde edilen veriler karaçam ormanlarında Amphi humus formunun hakim olduğu kuzey ve güney bakılar arasında

humus tipleri bakımından farklılık olduğunu göstermiştir. Kuzey bakıdaki karaçam meşcerelerinde, Çkb ve Çkc gelişim çağında Eumacroamphi ($OH \geq 1$ cm), Çkd gelişim çağında ise Eumesoamphi ($OH < 3$ cm) belirlenirken güney bakıda Çkb gelişim çağında Eumesoamphi ($OH < 3$ cm), Çkc gelişim çağında Leptoamphi ($OH < 1$ cm), Çkd gelişim çağında ise Eumacroamphi ($OH \geq 1$ cm) humus tipi belirlenmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda ölüörtü horizonlarının kimyasal yapıları ile meşcere gelişim çağı, kapalılık ve yetişme ortamı arasındaki ilişkiler belirlenmelidir.



KAYNAKLAR

- Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, **79**, 439-449.
- Andreetta, A., Cecchini, G., Carnicelli, S. 2018. Forest humus forms in Italy: a research approach. *Applied Soil Ecology*, Department of Earth Sciences, University of Florence, Piazzale delle Cascine, 123:384–390. Firenze, Italy.
- Anonim, 2023. Çukurören orman işletme şefliği amenajman planı. Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü, Gediz Orman İşletme Müdürlüğü, Kütahya.
- Auberta, M., Trapb, J., Chauvata, M., Heddeb, M., Bureaua, F. 2018. Forest humus forms as a playground for studying aboveground-belowground relationships: Part 2, a case study along the dynamics of a broadleaved plain forest ecosystem, *Applied Soil Ecology*, 123:398–408.
- Bayranvand, M., Akbarinia, M., Salehi Jouzani, G., Gharechahi, J., Alberti, G. 2021. Dynamics of humus forms and soil characteristics along a forest altitudinal gradient in hyrcanian forest. *iForest*, 14: 26-33.
- Bonifacio, E., D'Amico, M., Catoni, M., Stanchi, S. 2018. Humus forms as a synthetic parameter for ecological investigations. Some examples in the Ligurian Alps (North–Western Italy). *Applied Soil Ecology*, Università degli Studi di Torino, DISAFA, Chimica Agraria e Pedologia, Largo Braccini, 123: 568–571., Grugliasco, Italy.
- Bray, J. R., & Gorham, E. 1964. Litter production in forests of the world. In J. B. Cragg (Ed.), *Advances in ecological research* (Vol. 2, pp. 101-157). Academic Press.
- Brêthes, A., Brun, J.-J., Jabiol, B., Ponge, J., Toutain, F. 1995. Classification of forest humus forms: a French proposal. In, *Annales des Sciences Forestières*. EDP Sciences, pp. 535-546.
- Chersich, S. 2018. Pedogenesis: Humus forms and soils under spruce forest by a morphological approach. *Applied Soil Ecology*, Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pavia, 123: 581–587., Pavia, Italy.
- Clarholm, M. 1985. Interactions of bacteria, protozoa and plants leading to mineralization of soil nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry*, **17**, 181-187.

- Çakır, M. (2013). Toprak Eklembacaklılarının, Kayın ve Meşe Ekosistemindeki Mevsimsel Değişimi ve Ölü Örtü Ayrışmasına Etkileri PhD 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(1), 67-78.
- Çakır, M., Akburak, S., & Sargıncı, M. 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri.
- Çakır, M., Çakır, F., Yalçıntekin, H.İ. 2020. Çankırı karatekin üniversitesi, orman fakültesi araştırma ve uygulamaormanında humus formlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*. 6(2): 82-90.
- Çakır, M., Günlü, A., Şenyurt, M., & Ercanlı, İ. 2020. ÇAKÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanının Yetiştirme Ortamı Sınıflandırılması ve Haritalanması, ÇAKÜ BAP, Proje No: OF200217B55.
- 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.
- Çakır, M., Makineci, E. 2017. Community structure and seasonal variations of soil microarthropods during environmental changes. *Applied Soil Ecology*.
- Delft Van, B., Waal De, R., Kemmers, R., Mekink, P., Sevink, J. 2006. Field guide humus forms, description and classification of humus forms for ecological applications. Research Institute for the Green Environment, Alterra, Wageningen, the Netherlands
- Edmonds, R.L. 1987. Decompositionratesandnutrientdynamics in small-diameterwoodylitter in fourforestecosystems in Washington, U.S.A. *CanadianJournal of ForestResearch*, 17, 499-509.
- FAO 2006. *GuidelinesforSoilDescription*, 4th edition. FAO, Rome.
- Ferré1, C., Comolli1, R. 2020. Effects of quercus rubra l. on soil properties and humus forms in 50-year-old and 80-year-old forest stands of lombardy plain. *Annals of Forest Science*, 77: 3 .

- Fitter, A.H. & Garbaye, J. 1994. Interactions between mycorrhizal fungi and other soil organisms. *Plant and Soil*, **159**, 123-132.
- Graefe, U., Beylich, A. 2006. Humus forms as tool for upscaling soil biodiversity. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, **108**: 6–7.
- Irmak, A. 1977. Bazı batı karadeniz ormanlarında tabi gençleştirme imkanları bakımından humus durumu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **1(B)**:27.
- Irmak, A., & Çepel, N. (1968). Researches on detection in Belgrad Forest is selected in the of beech, oak and black pine stands annual litterfall and thereby the amount of nutrients release to the soil (in Turkish). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, **18(A)**, 53-76.
- IUSS Working Group WRB 2007. *World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007*. World Soil Resources Reports 103. FAO, Rome.
- Kantarıcı, D. 1979. Aladağ kütlesinin (Bolu) kuzey aklanındaki uludağ göknarı ormanlarında yükselti-iklim kuşaklarına göre bazı ölü örtü ve toprak özelliklerinin analitik olarak araştırılması. *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul.
- Kantarıcı, M. D. (2000). *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Kubiëna, W.L. 1953. *The soils of Europe*. Thomas Murby, London.
- Kukuş, I., Nikodemus, O., Kasparinskis, R., and Žigūre, Z. 2020. Humus forms, carbon stock and properties of soil organic matter in forests formed on dry mineral soils in Latvia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, **69 (2)**: 63–75.
- Marcuzzi, G. 1970. La fauna del suolo e il suo significato nel processo di umificazione della lettiera. In: *Diagnosi degli Humus Forestali su Basi Biomorfologiche* (ed. F. Hartmann), pp. 190-275. CEDAM, Padova.
- Meentemeyer, V., Box, E. O., Thompson, R. 1982 World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. *Bioscience*, **32(2)**, 125-128.
- Meynier, S., Brun, J.J. 2018. Humus forms pathways in low-elevation cold scree slopes: Tangel or Mor?. *Applied Soil Ecology*, **123**:572–580., France.
- Müller, P.E. 1887. *Studien über die natürlichen humusformen und deren einwirkung auf vegetation und boden*. Springer, Berlin.
- Pintaldia, E., E. D'Amicoa, M., Stanchia, S., Catonia, M., Freppaza, M., Bonifacioa, E. 2018. Humus forms affect soil susceptibility to water erosion in the Western

- Italian Alps. *Applied Soil Ecology*, DISAFA, University of Torino, Largo Paolo Braccini, 123:478–483. Grugliasco, TO, Italy.
- Ponge, J.F. 1999. Horizons and humus forms in beech forests of the Belgian Ardennes. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 63: 1888-1901.
- Ponge, J.F. 2003. Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 935-945.
- Ponge, J.-F. Zanella, A., Sartori, G., Jabiol, B., 2010. Terrestrial humus forms: ecological relevance and classification.
- Waez-Mousavi, S.M. 2018. Humus systems in the caspian hyrcanian temperate forests. *Applied Soil Ecology*. Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. *Applied Soil Ecology* 123: 664–667.
- Sajedi, T., Marvie-Mohadjer, M.R. 2004. Variation of humus forms and nutrient properties in pure and mixed beech stands in north of Iran. *Improv. Silviculture*, 7: 105–113.
- Salmon, S. 2018. Changes in humus forms, soil invertebrate communities and soil functioning with forest Dynamics. *Applied Soil Ecology*, 123:345–354. Brunoy, France.
- Sayer, E. J. (2006). Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews*, 81(1), 1-31.
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., & Broderson, W.D. 2002. *FieldBook for Describing and Sampling Soils*, Version 2.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln.
- Sohrabi, H., Jourgholami, M., Venanzi, R., Picchio, R. 2022. Assessment of variability among humus forms and soil properties in relation to tree species and forest operations in the kheyroud forest, nowshahr. *Forests*, 13, 2156.
- Soil Survey Division Staff 1993. *Soil Survey Manual*. *Soil Conservation Service*. U.S. Department of Agriculture Handbooks, 18.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- SPSS. 2011. IBM SPSS statistics base 20. SPSS Incorporated, Chicago, IL.

- Staaf, H., & Berg, B. (1981). Plant litter input to soil. In F. E. Clark & T. Rosswall (Eds.), *Terrestrial nitrogen cycles. Processes, ecosystem strategies and management impacts* (Vol. 33, pp. 147-167). Ecological Bulletin.
- Tashkuziev, M., and Shadieva, N. 2021. Conditions and factors of humus formation in soils of mountain and foothill. Research Institute of Soil Sciences and Agrochemistry, Kamarniso str., Tashkent, 100174., 284: 02008, Uzbekistan
- Villas, D., García, A. 2018. Soil humus changes with elevation in Scots pine stands of the Moncayo Massif (NE Spain). *Applied Soil Ecology*, 123: 617–621. Huesca, Spain.
- Vogt, K. A., Grier, C. C., & Vogt, D. (1986). Production, turnover, and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forests. *Advances in ecological research*, 15, 303-378.
- Will, G. M. (1959). Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zealand. *New Zealand journal of agricultural research*, 2(4), 719-734.
- Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.-F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H. 2011. European humus forms reference base.
- Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzentsteiner, K., Hager, H., 2009. Toward a European humus forms reference base. *StudiTrentinidiScienzeNaturali* 85, 145-151.
- Zanella, A., Ponge, J.-F., Jabiol, B., Sartori, G., Kolb, E., Gobat, J.-M., Le Bayon, R.-C., Aubert, M., De Waal, R., Van Delft, B., 2018a. Humusica 1, article 4: terrestrial humus systems and forms - specific Terms and diagnostic horizons. *AppliedSoilEcology* 122, 56-74.
- Zanella, A., Ponge, J.-F., Jabiol, B., Sartori, G., Kolb, E., Le Bayon, R.-C., Gobat, J.-M., Aubert, M., De Waal, R., Van Delft, B., 2018b. Humusica 1, article 5: Terrestrial humus systems and forms - Keys of classification of humus systemsandforms. *AppliedSoilEcology* 122, 75-86.
- Zanella, A., Ponge, J.-F., Jabiol, B., Van Delft, B., DeWaal, R., Katzensteiner, K., Kolb, E., Bernier, N., Mei, G., Blouin, M. 2022. A standardized morpho-functional classification of the planet's humipedons. *Soil Syst.*, 6, 59.

