

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MUĞLA-KAVAKLIDERE YÖRESİNDEKİ SAF KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.)
MEŞCERELERİNİN TOPRAK ALTI BİYOKÜTLEDEKİ, KARBON VE AZOT
STOKLARININ VE BUNLARA ETKİ EDEN BAZI FAKTÖRLERİN
BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

İrfan ÖZTÜRK

Danışman
Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK

ARTVİN-2025

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim- Eğitim Enstitüsüne Doktora Tezi olarak sunduğum “Muğla- Kavaklıdere Yöresindeki Saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinin Toprak Altı Biyokütledeki, Karbon ve Azot Stoklarının ve Bunlara Etki Eden Bazı Faktörlerin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mehmet Küçük’n sorumluluğunda tamamladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı taahhüt ederim. Aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim-ğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- ☐ Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezim sadece Artvin oruh niversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- ☒ Tezimin 6 ay süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu srenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

..../09/2025

İrfan ÖZTÜRK

İmza

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**MUĞLA-KAVAKLIDERE YÖRESİNDEKİ SAF KIZILÇAM (*Pinus brutia*
Ten.) MEŞCERELERİNİN TOPRAK ALTI BİYOKÜTLEDEKİ, KARBON
VE AZOT STOKLARININ VE BUNLARA ETKİ EDEN BAZI
FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ**

İrfan ÖZTÜRK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06/08/2025

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 20/08/2025

Başkan : Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer KARA

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN

ONAY:

Bu Doktora tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 20/08/2025 tarihinde **oybirliği** ile uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....
Prof. Dr. Mustafa Çağatay KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Muğla- Kavaklıdere Yöresindeki Saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinin Toprak Altı Biyokütledeki, Karbon ve Azot Stoklarının ve Bunlara Etki Eden Bazı Faktörlerin Belirlenmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmanın bir kısmı 124O109 numaralı TÜBİTAK projesiyle desteklenmiştir. Araştırmanın yürütülmesi sırasında bizzat takip eden, beni yönlendiren, önümü açan, bilgi ve tecrübeleriyle yanımda olan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK’e şükranlarımı sunarım. Ayrıca tez izleme komitesinde yer alan ve bu çalışmanın özgün bir değer kazanmasına katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU ve Sayın Prof. Dr. Ömer KARA hocalarım ile tez jürimde yer alan Sayın Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ ve Sayın Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN hocalarıma bilgileri, destekleri, deneyimleri ve anlayışları için teşekkür ederim.

Engin bilgileriyle desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. İsmet YENER ve Sayın Doç. Dr. Ahmet Salih DEĞERMENCİ’ye teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında benden iyi dileklerini hiçbir zaman esirgemeyen arkadaşlarım, Doç. Dr. Yusuf SICAK, Öğr. Gör. Yasin PELİT, Öğr. Gör. Dr. Salih MALKOÇOĞLU ve Öğr. Gör. Dr. Ergün KAHVECİ’ye şükranlarımı sunuyorum. Bu çalışmanın arazi çalışmalarına katılarak bana destek olan adını sayamadığım kıymetli öğrencilerime çok teşekkür ediyorum.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca gelişimimize katkı sağlayan tüm hocalarıma ve desteklerini benden hiç bir zaman esirgemeyen çok kıymetli aileme sonsuz teşekkür ediyorum.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

İrfan ÖZTÜRK
Artvin - 2025

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET.....	VII
SUMMARY	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIV
KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Genel Bilgiler.....	1
1.2 Literatür Çalışması	15
2 MATERYAL VE YÖNTEM.....	31
2.1 Çalışma Sahasının Tanıtımı	31
2.1.1 Coğrafi Konum	31
2.1.2 İklim	32
2.1.3 Bitki Örtüsü	33
2.1.4 Jeolojik Yapı.....	34
2.2 Materyal.....	35
2.3 Yöntem	35
2.3.1 Hazırlık Çalışmaları	36
2.3.1.1 Örnek Alanların Belirlenmesi	36
2.3.2 Arazi Yöntemleri.....	38
2.3.2.1 Örnek Alanlarda Yapılan Ölçümler	38
2.3.2.2 Toprak Örneklerinin Alınması.....	38
2.3.2.3 İnce ve Kılcal Kök Örneklerinin Alınması	39
2.3.2.4 Kalın Kök Örneklemesinin Yapılması	40
2.3.2.5 Ölü Örtü Örneklerinin Alınması	41
2.3.3 Laboratuvar Yöntemleri	41
2.3.3.1 Toprak Analizleri	41
2.3.3.1.1 Örneklerin Analize Hazırlanması.....	41

2.3.3.1.2	Toprak Tekstürü.....	42
2.3.3.1.3	Higroskopik Nem.....	42
2.3.3.1.4	Toprak Nem Sabit	43
2.3.3.1.5	Toprak Reaksiyonu	43
2.3.3.1.6	Elektiriksel İletkenlik	44
2.3.3.1.7	Hacim Ağırlığı	44
2.3.3.1.8	Toplam Organik Karbon ve Azot.....	44
2.3.3.1.9	Toplam Kireç Miktarı.....	45
2.3.3.2	İnce ve Kılcal Köklerde Depolanan Karbon ve Azot.....	45
2.3.3.3	Kalın Köklerinde Depolanan Karbon ve Azot.....	45
2.3.3.4	Ölü Örtüde Depolanan Karbon ve Azot	46
2.3.4	Değerlendirme (Büro) Çalışmaları.....	47
2.3.4.1	Bonitetlerin Belirlenmesi.....	47
2.3.4.2	İstatistik Yöntemleri	47
3	BULGULAR.....	48
3.1	Ağaç Serveti Miktarlarına İlişkin Bulgular	48
3.1.1	Bonitet Sınıfına Göre Ağaç Serveti Miktarı	48
3.1.2	Meşcere Tipine Göre Ağaç Serveti Miktarı.....	48
3.1.3	Bakı Gruplarına Göre Ağaç Serveti Miktarı.....	49
3.2	Kök Miktarlarına İlişkin Bulgular.....	49
3.2.1	Bonitet Sınıfına Göre Kök Miktarı ve Karbon Depolama.....	49
3.2.2	Bonitet Sınıfına Göre Kök Miktarı ve Azot Depolama.....	51
3.2.3	Meşcere Tipine Göre Kök Miktarı ve Karbon Depolama	53
3.2.4	Meşcere Tipine Göre Kök Miktarı ve Azot Depolama	55
3.2.5	Bakı Gruplarına Göre Kök Miktarı ve Karbon Depolama	56
3.2.6	Bakı Gruplarına Göre Azot Depolama	58
3.3	Ölü Örtü Miktarlarına İlişkin Bulgular	58
3.3.1	Bonitet Sınıfına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Karbon depolama	58
3.3.2	Bonitet Sınıfına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Azot Depolama.....	59
3.3.3	Meşcere Tipine Göre Ölü Örtü Miktarı ve Karbon Depolama	60
3.3.4	Meşcere Tipi Durumuna Göre Ölü Örtü Miktarı ve Azot Depolama	60
3.3.5	Bakı Gruplarına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Karbon Depolama	61
3.3.6	Bakı Gruplarına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Azot Depolama	61
3.4	Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular.....	61

3.4.1	Toprak Tekstürü.....	61
3.4.2	İskelet İçeriği	64
3.4.3	İnce Kısım Miktarı	66
3.4.4	Hacim Ağırlığı	67
3.4.5	Toprak Nem Sabitleri	69
3.4.6	Toprak Reaksiyonu	72
3.4.7	Elektriksel İletkenlik	73
3.4.8	Toprak Organik Karbonu.....	75
3.4.9	Toplam Kireç	76
3.4.10	Toplam Azot	78
3.4.11	Karbon Azot Oranı	79
3.5	Toprak, Kök ve Ölü Örtü Özellikleri Arasındaki Korelasyon	80
4	TARTIŞMA	85
4.1	Ağaç Serveti Miktarlarına İlişkin Tartışma	85
4.2	Kök Miktarlarına İlişkin Tartışma.....	87
4.3	Ölü Örtü Miktarlarına İlişkin Tartışma.....	95
4.4	Toprak Özelliklerine İlişkin Tartışma.....	100
5	SONUÇ VE ÖNERİLER	106
	KAYNAKLAR	109
	ÖZGEÇMİŞ	126

ÖZET

MUĞLA-KAVAKLIDERE YÖRESİNDEKİ SAF KIZILÇAM (*Pinus brutia* Ten.) MEŞCERELERİNİN TOPRAK ALTI BİYOKÜTLEDEKİ, KARBON VE AZOT STOKLARININ VE BUNLARA ETKİ EDEN BAZI FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada; Muğla ili Kavaklıdere ilçesinde bulunan Saf kızılçam (Çz), doğal meşcerelerinin toprak üstü servet, ölü örtü miktarı ve depoladıkları karbon ve azot içerikleri, toprak altı kök kütlesi ve depoladıkları karbon ve azot içerikleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine bakı, bonitet ve meşcere gelişim çağının etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda Kavaklıdere Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında bakı bonitet ve meşcere gelişim çağları dikkate alınarak toplam 112 deneme alanı seçilmiş ve çalışmalar bu deneme alanlarında gerçekleştirilmiştir. Seçilen bu deneme alanlarında çap, boy ve yaş ölçümleri yapılarak servet hesabı, toprak altı kök örnekleme yapılarak kök miktarı ve depoladıkları karbon ve azot içerikleri, ölü örtü örnekleme yapılarak ölü örtüdeki depolanan karbon ve azot içerikleri belirlenmiştir. Yine farklı derinlik kademelerinde bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak bazı toprak analizleri yapılmıştır. Elde edilen değişkenler arasındaki ilişkilerin tespitinde korelasyon analizi ve bakı, bonitet sınıfı ve meşcere gelişim çağlarına göre bağımlı değişkenlerdeki farklılıkların belirlenmesinde varyans analizinden yararlanılmıştır.

Çalışma sonucunda, saf kızılçam meşcerelerindeki ağaç serveti miktarı I, II ve III. bonitetlerde sırası ile 236, 209 ve 217 m³/ha olarak tespit edilmiştir. Meşcere tipleri bakımından en fazla ağaç serveti Çzd3 meşceresinde bulunmuştur. Güneşli bakıdaki ağaç serveti gölgeli bakıya göre daha fazla çıkmıştır. Toprak altı kök miktarı kılcal köklerde en fazla I. bonitette 8,73 ton/ha, depo ettikleri karbon miktarları ise 2,74 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Kalın kök miktarı ise 12,01 ton/ha olarak hesaplanırken depo edilen karbon değerleri ise 4,35 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Ölü örtü içerikleri ise en fazla I. bonitette 45.9 ton/ha, depo edilen karbon ise 12.8 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Ölü örtüde depo edilen azot miktarı ise 0,36 ton/ha olarak ölçülmüştür. Genel olarak ağaç serveti, ölü örtü ve kök miktarı üzerinde bonitetin etkisi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur Boniteti iyi olan alanlar da ölçülen toprak özelliklerinden azot, karbon ve su tutma kapasitesi gibi özellikler bakımından boniteti kötü olan alanlara göre daha verimli çıkmıştır. Bakı ve meşcere gelişim çağının genel toprak

özellikleri üzerine etkisi anlamlı düzeyde çıkmamıştır. Çalışma alanı toprakları, pH bakımından nötr, EC bakımından tuzsuz, iskelet içeriği bakımından zengin, organik madde ve azot bakımından fakir topraklar sınıfında yer almıştır. Çalışma alanında ölçülen parametreler üzerinde kurak iklim etkisinin ve toprak yapısının oldukça taşlı olmasının da sınırlayıcı etkisi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kök, ölü örtü, bonitet, ağaç serveti, organik madde



SUMMARY

DETERMINATION OF CARBON AND NITROGEN STORAGE IN BELOWGROUND BIOMASS OF PURE RED PINE (*Pinus brutia* Ten.) STANDS IN THE MUĞLA-KAVAKLIDERE REGION AND SOME FACTORS EFFECTING THEM

This study investigated the effects of aspect, site index, and stand development stage on aboveground stock, litter amount, and stored carbon and nitrogen contents, belowground root mass and stored carbon and nitrogen contents, and some physical and chemical soil properties of pure red pine (Çz) natural stands located in Kavaklıdere district of Muğla province. Within this scope, a total of 112 trial plots were selected within the boundaries of Kavaklıdere Forest Management Directorate, taking into account aspect, site area, and stand development stages. Studies were conducted in these trial plots. In these selected trial plots, stock was calculated by measuring diameter, height, and age. Root stock and stored carbon and nitrogen contents were determined by belowground root sampling. Litter sampling was conducted to determine the carbon and nitrogen contents stored in the litter. Furthermore, disturbed and undisturbed soil samples were taken at different depths and some soil analyses were conducted. Correlation analysis and analysis of variance were used to determine the relationships between the obtained variables. As a result of the study, the amount of biomass in pure red pine stands was determined as 236, 209 and 217 m³/ha in the 1st, 2nd and 3rd sites, respectively. In terms of stand types, the highest biomass content was found in the Çzd3 stand. The biomass content in the sunny aspect was higher than the shady aspect. The maximum amount of belowground root capillary roots was calculated as 8.73 tonnes/ha in the 1st site, and the amount of carbon stored was calculated as 2.74 tonnes/ha. Thick root values were calculated as 12.01 tonnes/ha, while the stored carbon value was calculated as 4.35 tonnes/ha. The maximum biomass content was calculated as 45.9 tonnes/ha in the 1st site, and the stored carbon was calculated as 12.8 tonnes/ha. The amount of nitrogen stored in the biomass was measured as 0.36 tonnes/ha. In general, the effect of the site on biomass, biomass and root values was found to be statistically significant. Areas with good soil properties were found to be more productive. The effect of aspect and stand development stage was not significant. The soils in the study area were classified as neutral in pH, salt-free in EC, rich in skeletal content, and poor in organic matter and nitrogen. The arid

climate and the highly stony soil structure were also found to have limiting effects on the parameters measured in the study area.

Keywords: Root, litter, site index, above-ground biomass, organic matter.



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları	7
Tablo 2. Çalışma sahasına ait bazı iklim verileri	32
Tablo 3. Deneme sahalarının meşcere tipi, bakı ve bonitet sınıflarına göre dağılımı.	36
Tablo 4. Bonitet sınıfına göre ortalama ağaç servet miktarları	48
Tablo 5. Meşcere tipine göre ortalama servet miktarları.....	49
Tablo 6. Bakı farklılığına göre ortalama servet miktarları	49
Tablo 7. Bonitet sınıfına göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri	50
Tablo 8. Bonitet sınıfına göre ince kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri	50
Tablo 9. Bonitet sınıfına göre kalın kökteki ortalama ağırlık değerlerinin derinlik kademelerine göre değişimi	51
Tablo 10. Bonitet sınıfına göre kalın kökteki ortalama karbon değerlerinin derinlik kademelerine göre değişimi.....	51
Tablo 11. Bonitet sınıfına göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, azot ağırlık ve azot yüzde değerleri.....	52
Tablo 12. Bonitet sınıfına göre ince kökteki ortalama ağırlık, azot ağırlık ve azot yüzde değerleri.....	52
Tablo 13. Bonitet sınıfına göre kalın kökteki ortalama azot değerlerinin derinlik kademelerine göre değişimi.....	53
Tablo 14. Meşcere tipine göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri.....	53
Tablo 15. Meşcere tipine göre ince kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri.....	54
Tablo 16. Meşcere tipine göre kalın kökteki derinlik kademelerine ait ortalama kalın kök ve karbon değerleri.....	55
Tablo 17. Meşcere tipine göre kılcal kökteki azot ağırlık ve azot yüzde değerleri	55
Tablo 18. Meşcere tipine göre ince kökteki azot ağırlık ve azot yüzde değerleri	56

Tablo 19. Meşçere tipine göre kalın kökteki derinlik kademelerine ait kökteki ortalama azot ağırlık değerleri.....	56
Tablo 20. Bakı gruplarına göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri.....	57
Tablo 21. Bakı gruplarına göre ince kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri.....	57
Tablo 22. Bakı gruplarına göre kalın kökteki ortalama ağırlık ve karbon ağırlık değerleri.....	58
Tablo 23. Bakı gruplarına göre kalın kökte tutulan ortalama azot içerikleri.....	58
Tablo 24. Bonitet gruplarına göre ölü örtüdeki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri.....	59
Tablo 25. Bonitete sınıfına göre ölü örtüdeki ortalama azot ağırlık ve azot yüzde değerleri.....	59
Tablo 26. Meşçere tipine göre ölü örtüdeki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri.....	60
Tablo 27. Meşçere tipine göre ölü örtüdeki ortalama azot ağırlık ve azot yüzde değerleri.....	60
Tablo 28. Bakı faktörüne göre ölü örtüdeki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri	61
Tablo 29. Bakı gruplarına göre ölü örtüdeki azot ağırlık ve azot yüzde değerleri	61
Tablo 30. Bonitet sınıflarına göre ortalama kum, kil ve toz değerleri	62
Tablo 31. Meşçere tipi farklılığına göre ortalama kum, kil ve toz değerleri.....	63
Tablo 32. Bakı gruplarına göre ortalama kum, kil ve toz değerleri.....	64
Tablo 33. Bonitet farklılığına göre ortalama iskelet içeriği değerleri.....	65
Tablo 34. Meşçere tipi farklılığına göre ortalama iskelet içeriği değerleri	65
Tablo 35. Bakı farklılığına göre ortalama iskelet içeriği değerleri.....	66
Tablo 36. Bonitet farklılığına göre ortalama ince kısım değerleri.....	66
Tablo 37. Meşçere tipi farklılığına göre ortalama ince kısım değerleri	67
Tablo 38. Bakı farklılığına göre ortalama ince kısım değerleri.....	67
Tablo 39. Bonitet sınıfına göre ortalama hacim ağırlığı değerleri.....	68
Tablo 40. Meşçere tipi farklılığına göre ortalama hacim ağırlığı değerleri	68
Tablo 41. Bakı gruplarına göre ortalama hacim ağırlığı değerleri.....	69
Tablo 42. Bonitet sınıfına göre ortalama toprak nem sabitleri değerleri	70

Tablo 43. Meşcere tipine göre ortalama toprak nem sabitleri değerleri	71
Tablo 44. Bakı gruplarına göre ortalama toprak nem sabitleri değerleri	72
Tablo 45. Bonitet sınıfına göre ortalama pH değerleri	72
Tablo 46. Meşcere tipine göre ortalama pH değerleri.....	73
Tablo 47. Bakı farklılığına göre ortalama pH değerleri	73
Tablo 48. Bonitet sınıfına göre ortalama EC (mS/cm) değerleri.....	74
Tablo 49. Meşcere tipi farklılığına göre ortalama EC (mS/cm) değerleri.....	74
Tablo 50. Bakı gruplarına göre ortalama EC (mS/cm) değerleri.....	75
Tablo 51. Bonitet sınıfına göre ortalama organik karbon değerleri.....	75
Tablo 52. Meşcere tipine göre ortalama organik karbon değerleri.....	76
Tablo 53. Bakı gruplarına göre ortalama organik karbon değerleri.....	76
Tablo 54. Bonitet farklılığına göre ortalama toplam kireç değerleri	77
Tablo 55. Meşcere tipine göre ortalama toplam kireç değerleri	77
Tablo 56. Bakı gruplarına göre ortalama toplam kireç değerleri.....	77
Tablo 57. Bonitet sınıfına göre topraktaki toplam azot değerleri	78
Tablo 58. Meşcere tipine göre topraktaki toplam azot değerleri	78
Tablo 59. Bakı gruplarına göre topraktaki toplam azot değerleri.....	79
Tablo 60. Bonitet sınıflarına göre topraktaki C/N değerleri.....	79
Tablo 61. Meşcere tipine göre topraktaki C/N değerleri.....	80
Tablo 62. Bakı gruplarına göre topraktaki C/N oranı değerleri.....	80
Tablo 63. Toprak özelliklerinin birbiri ile olan ilişkisini gösteren korelasyon tablosu	82
Tablo 64. Kök özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon tablosu	83
Tablo 65. Ölü örtü özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon tablosu	83
Tablo 66. Ölü örtü özellikleri ile kök özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon tablosu	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sanayi devriminden günümüze atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu	2
Şekil 2. Sektörlere ve gazlara göre sera gazı emisyon oranları	3
Şekil 3. Karbon döngüsü	8
Şekil 4. Azot döngüsü	12
Şekil 5. Kızılçam (<i>Pinus brutia</i>)’ın Dünya üzerindeki doğal yayılış alanları	14
Şekil 6. Araştırma sahasının genel konumu	31
Şekil 7. Araştırma sahasından görünümeler	31
Şekil 8. Araştırma alanının thornthwaite iklim diyagramı	33
Şekil 9. Araştırma alanının jeoloji haritası	35
Şekil 10. Araştırma alanın bakı grupları haritası	37
Şekil 11. Araştırma alanının yükselti kuşağı haritası	37
Şekil 12. Toprak çukuru açılması ve hacim örneklemesinden görünümeler	39
Şekil 13. Çalışma sahasında açılan çukurlarından kesitler	39
Şekil 14. Kök örneklemesinden görünümeler	40
Şekil 15. Kök çukuru örneklemesinden görünüm	40
Şekil 16. Ölü örtü örneklemesinden görünüm	41
Şekil 17. Toprak numunelerinin hava kurusu haline getirilmesi ile analize hazırlanması için öğütülerek elekten geçirilmesi	42
Şekil 18. Toprak tane boyutlarının belirlenmesi	42
Şekil 19. Hacim örneklerinde kaba ve ince kısmın belirlenmesi	44
Şekil 20. Kök örneklerinin yıkanması ve öğütme işlemi	45
Şekil 21. Ölü örtü örneklerinin öğütülmesi ve numaralandırılması	46

KISALTMALAR DİZİNİ

atm	Atmosfer Basıncı
%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
AKAKDO	Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık
B	Biyokütle
BMİDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
C	Karbon
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CH ₄	Metan
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
cm ³	Santimetreküp
CO ₂	Karbondioksit
d _{1,3}	Ağaçların göğüs yüksekliğindeki (130 cm) çapı (cm)
EC	Elektriksel İletkenlik
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FSK	Faydalanabilir Su Kapasitesi
FTD	Fizyolojik Toprak Derinliği
GET	Gerçek Evapotranspirasyon
gr	Gram
HA	Hacim Ağırlığı
ha	Hektar
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel Climate Change)
kg	Kilogram
Lt	Litre
m	Metre
Mak	Maksimum
Mg	Megagram
Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹	Yılda hektar başına düşen megagram (ton)

MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Min	Minimum
mm	Milimetre
mS	milisiemens
MTD	Mutlak Toprak Derinliği
n	Örnek sayısı
N ₂ O	Diazot monoksit
NH ₄ ⁺	Amonyum iyonu
NO ₃ ⁻	Nitrat iyonu
NOAA	Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
O ₃	Ozon
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
OM	Organik Madde
ÖÖB	Ölü Örtü Biyokütlesi
p	Önem düzeyi
pH	Toprak reaksiyonu
ppb	Parts per billion (milyarda bir parça)
ppm	Parts per million (milyonda bir parça)
SN	Solma Noktası
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SS	Standart Sapma
TK	Tarla Kapasitesi
TA	Toplam Azot
TOK	Toprak Organik Karbonu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

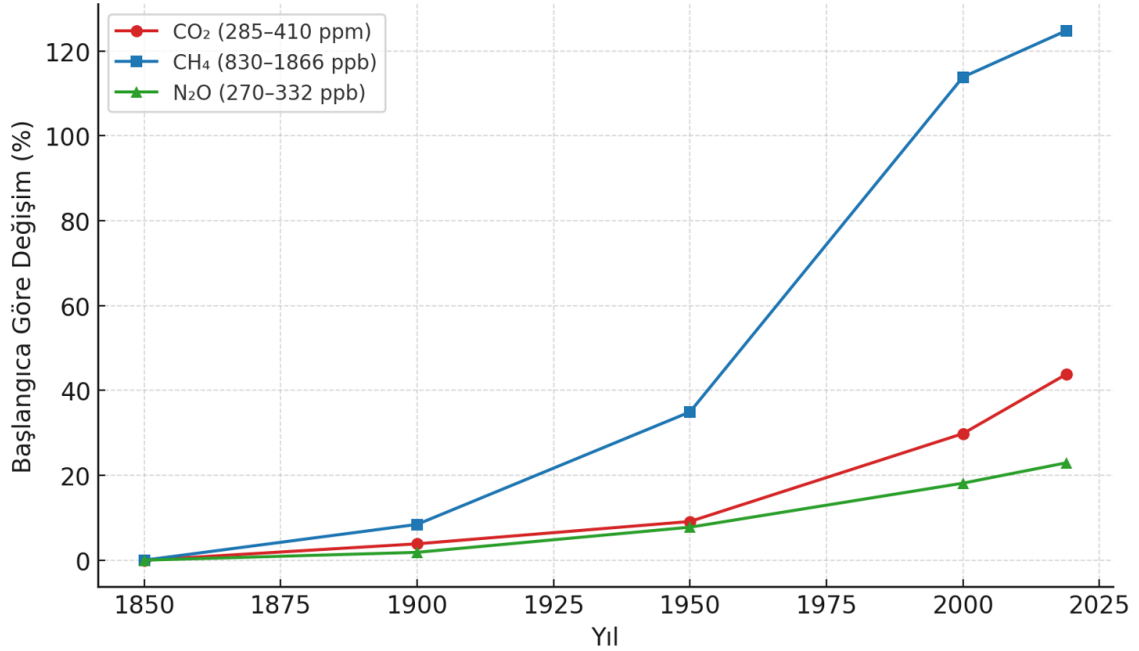
1 GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

İnsanoğlunun, 18. yy'da sanayi devrimiyle birlikte artan nüfus, sanayileşmeye ve şehirleşmeye bağlı olarak değişen toplum yaşamı ve artan talepleri çevre ve doğal kaynaklar üzerindeki tahribatı artırmakta ve çevresel bozulmalar oluşmaktadır. İnsanlar ve diğer canlılar sürekli etkileşim halinde oldukları çevreden dolaylı veya dolaysız etkilenmektedirler. Doğanın kendini yenileme gücü sayesinde ekolojik sorunların olumsuz etkileri hissedilmemektedir. Fakat, çevre sorunları, zamanla doğal dengede meydana gelebilecek bozulmalar sonucunda ortaya çıkmaktadır (Yaman ve Gül, 2018). Dünyamız kapalı bir sistem olmasından dolayı, üzerinde yaşayan canlıların kullanabildikleri kaynaklarda sınırlıdır. Sürdürülebilir bir gelecek için bu kaynakları gelecek nesillerin ihtiyaçlarındaki karşılayabileceğini göz önünde bulundurarak kullanmak ve kullanılma biçimlerinin de dikkatli bir biçimde değerlendirmek gerekir. Kaynakların tüketilmesine ek olarak 21. yy'ın en önemli sorunlarından biri; insan faaliyetleri sonucunda doğrudan ya da dolaylı olarak atmosfere salınan karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), ozon (O_3), diazot monoksit (N_2O) gibi sera gazlarının neden olduğu ve etkileri küresel ölçekte hissedilen iklim değişikliğidir. Fosil yakıtların aşırı kullanımı, tarım, yerleşim yeri, odun ihtiyacının karşılanması için ormanların tahrip edilmesi ve arazi kullanımındaki değişiklikler sonucu atmosferdeki sera gazlarının (özellikle CO_2) yoğunlukları artmış ve yeryüzü sıcaklıklarında hızlı artışlar meydana gelmiştir (Sivrikaya ve Bozali, 2012). Güneş'ten gelen kısa dalga boylu ışınları geçiren atmosferdeki sera gazları, yeryüzünden geri yansımaları ile birlikte geri dönen uzun dalga boylu ışınları tutmak suretiyle yeryüzünün ısınmasına neden olmaktadır. Sera gazlarındaki artış nedeniyle IPCC projeksiyonlarına göre küresel ortalama sıcaklıklarda atmosferde sera gazlarının birikmesi, mevcut yüzyıl boyunca küresel ortalama sıcaklıklarda yaklaşık 1,1 °C ile 6,4 °C arasında bir artış gerçekleşmesi beklenmektedir (IPCC, 2013).

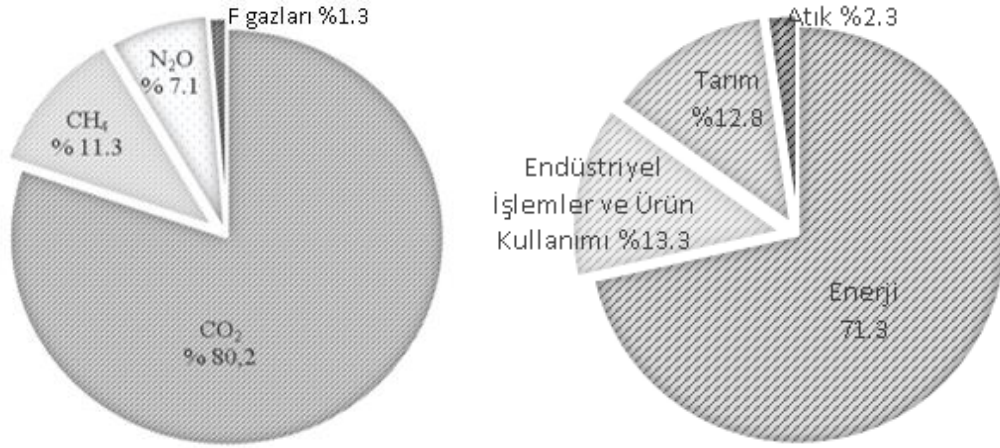
İklim değişikliğinin en ciddi nedeni sera gazlarındaki artıştır. CO_2 , CH_4 ve N_2O 'ın atmosferik konsantrasyonları, insan eylemleri nedeniyle 1800'lü yıllardan itibaren sürekli artış göstermektedir. Atmosferdeki CO_2 konsantrasyonu Şekil 1 incelendiğinde sanayi devrimi öncesinde 280 ppm (milyonda bir parça) civarındayken, 1990'lı yıllarda 358 ppm

dolaylarında (Freedman ve Keith 1996), 2019'da 410 ppm'e yükselmiştir. CO₂ konsantrasyonunun %45 oranında arttığı, yine CH₄'ün 1866 ppb'ye (milyarda bir parça), N₂O ise 332 ppb'ye yükselerek önemli oranlarda arttığı gözlemlenmiştir (IPCC, 2023).



Şekil 1. Sanayi devriminden günümüze atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu (IPCC 2023'den değiştirilerek)

NOAA'nın 2019 yılı ölçümlerine göre atmosferdeki karbondioksit (CO₂) hacimce yaklaşık %0,041'e (410 ppm) karşılık gelmektedir. Bu oran küçük görünse de, CO₂'nin güçlü bir sera gazı olması nedeniyle küresel iklim sistemi üzerinde önemli bir ısınma etkisi vardır (IPCC, 2021). Türkiye İstatistik Kurumu tarafından hazırlanan Türkiye'nin 2021 sera gazı emisyon istatistikleri (1990-2021) incelendiğinde sera gazları toplamının %80,2'sini CO₂, %11,3'si CH₄, %7,1'ni N₂O ve %1,3'ünü florlu gazlar (hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve kükürthekzaflorürdür (SF)) oluşturmaktadır. 2021 yılında toplam sera gazı emisyonlarında en büyük payı CO₂ eşdeğeri olarak %71,3 ile enerji kaynaklı emisyonlar aldığı göze çarpmaktadır. Bunu sırasıyla %13,3 ile endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,8 ile tarım ve %2,6 ile atık sektörü takip etmektedir (TÜİK, 2023). Sektörlere ve gazlara göre sera gazı emisyon oranlarına ait veriler Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2. Sektörlere ve gazlara göre sera gazı emisyon oranları (TÜİK 2023'den değiştirilerek)

Son 150 yıldır atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu artımına sadece CO₂ değil, N₂O de önemli derecede etki ettiği, bu artışlar ise tarımda azotlu gübre kullanımı gibi insan kaynaklı faaliyetler ile açıklanmaktadır (Hobbie, 2008). Sera etkisinin %15'inin N₂O'den ileri geldiği düşünülmektedir (Rende, 2013). Küresel ölçekte azot miktarındaki artış, biyolojik çeşitlilik kaybına, sucul ekosistemlerde asidifikasyona yol açarak ekosistem işlevlerinde aksamalara neden olacaktır (Galloway ve ark., 2003, Asandei, 2014). Fazla azot, nitrat yıkanması, toprak asitleşmesi, besin dengesizliği ve biyolojik çeşitliliğin azalması gibi olumsuz etkilere de neden olabilir (Aber ve ark., 2003; Xia ve Wan, 2008). Azot miktarındaki artış sera gazı emisyonunu etkilemesinin yanında özellikle karasal ekosistemlerde C ve N döngülerini önemli oranda etkileyebileceği yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Jiang ve ark., 2010). Topraklarda organik karbon ve toplam azotun depolaması üzerinde yetiştirme ortamı faktörleri (edafik, iklimik, fizyografik, biyotik faktörler) etkili olmakla beraber bilhassa meşcere yaşı, arazi kullanımı, ölü örtü ayrışması, ölü örtüye ilişkin kimyasal özellikler, C/N oranı, bir çok çalışmaya konu edilmiştir (Sarıyıldız ve ark., 2016; Tolunay ve Çömez, 2007).

Fosil yakıtların kullanımının yakın gelecekte de atmosferik CO₂ artışını tetikleyici en kritik unsurlardan birisi olacağı varsayılmaktadır. Bununla birlikte özellikle 19. yy ikinci yarısından sonra atmosfere salınan CO₂'in % 30'unun, ormanların yanlış arazi kullanımından dolayı yani tarım, mera, yerleşim yeri ve endüstriyel alanlara dönüştürülmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Kesim ve toprak işleme faaliyetleri ölü örtü ve ağaçlarda depolanan karbonun atmosfere salınmasına neden olarak,

sera gazlarından biri olan CO₂ emisyonuna önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Zengin ve ark., 2005). Atmosfer, karasal ekosistemler ve okyanuslar dünyadaki en önemli karbon birikim yutaklarıdır. Bu yutaklara yönelik insan faaliyetleri (ormansızlaşma, tarım vb.) küresel ısınmanın seyrinde önemli bir rol oynamaktadır. Atmosferdeki CO₂ 'nin organik maddeye dönüşüm süreci, bitkilerin yaprak yüzey alanıyla doğrudan ilişkilidir. Karasal ekosistemler arasında, ormanlar sahip oldukları yüksek yaprak biyokütlesi nedeniyle, mera ve tarım bitki türlerine kıyasla daha fazla CO₂ absorbe edebilmektedir. Bu nedenle, küresel ısınmanın azaltılmasında orman ekosistemleri çok etkili bir rol üstlenmektedir.

Yılda atmosferden alınan karbonun bitkilerde ve hayvanlardaki biyokütlerde depolanması 1990-1999 yıllarında karasal alanlarda 1,4±0,5 milyar Mg (ton), okyanus ve deniz alanlarında 1,7±0,7 milyar Mg (ton) olduğu öngörülmektedir (IPCC, 2007). Öte yandan karasal ekosistemlerdeki bitki örtüsünde depo edilen karbon miktarı ise 500 milyar Mg (ton) dolaylarında olduğu ifade edilmiştir (Janzen, 2004). Ormanlar tüm canlı ve cansız çevreye yarar sağlayan ekosistemlerdir, iklim değişikliği üzerinde de, bağladıkları karbonun fazlalığı ve bağladıkları bu karbonu uzun süre bünyelerinde tutabilme özelliklerinden dolayı diğer tüm karasal ekosistemlerden de daha fazla karbon depolayabilmektedir ve bir çok araştırmaya konu olmuştur (Gibbs ve ark., 2007; Birdsey ve Lewis 2003). Orman alanlarında var olan bitkisel kütle, dünyadaki toprak üstü biyokütlerde depolanan karbonun %80-90'nını ve toprakaltı tutulan karbonun %30-40'ını bünyesinde barındırmaktadır (Harvey, 2000). Orman alanlarının arttırılması ile atmosferdeki CO₂ konsantrasyonlarını düşürmek adına basit ve etkin bir uygulama olarak önerilmesinin yanı sıra küresel ısınmanın engellenmesine de katkı sağlaması söz konusudur (Kurz ve ark., 1996;). Dolayısıyla, hem yasal düzenlemelerle atmosfere salınan CO₂ azaltılmaya, hem de ormanlar korunup ağaçlandırılarak CO₂'nin doğal yollardan tüketimi hızlandırılmaya çalışılmaktadır. (Asan, 1995).

Küresel ısınmaya bağlı olarak meydana gelen iklim değişikliği sonucunda, temiz su kaynaklarının azalması, deniz seviyesinin yükselmesi, sel, kuraklık ve biyoçeşitliliğin azalması gibi ekolojik bozulmaların yanı sıra, tarım faaliyetlerinde verim ve kalitenin düşmesi gibi ciddi sonuçlara yol açmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığında ileride daha da tehlikeli bir boyuta ulaşması bir çok bilimsel çalışmada ifade edilmiştir. Buna bağlı olarak devletler sorumlulukları gereği Birleşmiş Milletler çatısı altında anlaşmalarda

taahhütlerini yerine getirebilecekleri çeşitli politikalar belirlemiştir (Ayhan, 2007; Baltacı, 2019).

Türkiye iklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonlarının azaltılması ve küresel iklim değişikliği ile mücadelede yapılan anlaşmalarda uluslararası işbirliğinin öneminin farkında olarak destekleyici tutum içerisinde olmuştur. İnsan kaynaklı faaliyetlerin yol açtığı küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkilerine karşı uluslararası düzeyde atılan ilk ve en etkili adım, 1988 yılında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ile Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) ortak girişimiyle kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) çalışmaları sonucunda şekillenen ve 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) olmuştur. Bu sözleşme 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye ise sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde taraf olmuştur. Türkiye, 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne taraf olarak, iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik küresel çabalarda yerini almıştır. BMİDÇS'ye taraf olmadığı dönemde oluşturulan Kyoto Protokolü çerçevesinde, sayısallaştırılmış sera gazı emisyon sınırlamaları ve azaltım yükümlülüklerinin tanımlandığı EK-B listesine Türkiye dâhil edilmemiştir. Bu nedenle, Kyoto Protokolü'nün ikinci yükümlülük dönemi (2012–2020) kapsamında kabul edilen Doha Değişikliği, Türkiye açısından herhangi bir sayısallaştırılmış emisyon azaltım yükümlülüğü getirmemektedir (İDB, 2023).

Kyoto Protokolü kapsamında belirlenen emisyon azaltım yükümlülüklerinin 2020 yılında sona erecek olması nedeniyle, 2020 sonrası döneme ilişkin iklim değişikliği rejiminin çerçevesini belirleyen Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te gerçekleştirilen BMİDÇS 21. Taraflar Konferansı'nda kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Bu anlaşmayla birlikte, küresel ölçekte ilk kez tüm ülkeler sera gazı emisyonlarını azaltma taahhüdünde bulunmuştur. Anlaşma, 5 Ekim 2016 itibariyle, küresel sera gazı emisyonlarının %55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı onaylaması koşulunun karşılanması sonucunda, 4 Kasım 2016 itibariyle yürürlüğe girmiştir. Paris Anlaşması, kabulünün üzerinden 1 yıl geçmeden yürürlüğe giren ilk küresel anlaşmadır. Anlaşma, insan kaynaklı sera gazı salımlarının neden olduğu küresel sıcaklık artışını uzun vadede, sanayileşme öncesi döneme kıyasla 2°C' nin altında sınırlamayı hedeflemekte; bu konuda 1,5°C yakalamanın önemini vurgulamaktadır. Ülkemiz 7 Ekim 2021 tarihinde anlaşmayı onaylamış olup,

iklim değişikliğiyle m¼cadele hedeflerini içeren Ulusal Katkı Beyanını, 2030 yılı itibariyle gerçekleşmesi öngör¼len %41’e varan artıştan azaltım, 2053 yılı için net sıfır emisyon hedefi olarak açıklamıştır (DİB, 2023).

BMİDÇS, Kyoto Protokol¼’ne ve Paris Anlaşmasını imzalayan ¼lkeler, IPCC (H¼k¼metlerarası İklım Değişikliği Paneli-Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından hazırlanan kılavuza g¼re tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımlarındaki Ulusal Sera Gazı Envanter Raporunu hazırlanmak ve atmosfere salınmış sera gazı miktarının veya atmosferden alınan CO₂ miktarlarını bildirim olarak sunmak zorundadır. BMİDÇS’nin y¼k¼ml¼l¼kleri kapsamında (4. Madde) T¼rkiye sera gazı envanterini 1 yıllık; t¼m iklim değişikliği m¼cadele faaliyetlerini içeren Ulusal Bildirim Raporunu her 4 yılda bir; iklim değişikliği finansmanı konusundaki raporunu ise 2 yılda bir; iklim değişikliği ulusal strateji/eylem planınıda BMİDÇS sekreteryasına sunmak zorundadır. Sera gazı envanterine y¼nelik ilk ulusal raporlamalar 2006 yılında başlatılmış olup, bu s¼re g¼n¼m¼ze dek kesintisiz olarak s¼rd¼r¼lmektedir (OGM, 2023).

İklım değişikliğiyle ilgili taraf olunan uluslararası anlaşmalar kapsamında, ¼lkeler orman kaynaklarını ve bu kaynakların k¼resel karbon d¼ng¼s¼ne olan katkılarını raporlamakla y¼k¼ml¼d¼r. Özellikle Kyoto Protokol¼ kapsamında, karbon emisyonlarını d¼ř¼rmek ¼lkelerin, emisyonlarını d¼ř¼ren ¼lkelerden kota satın alma yaptırımı getirilmiş ve bu da kamuoyunda “karbon borsası” olarak adlandırılmıştır (Tolunay ve ¼mez, 2008). Özellikle ¼lkemizin Paris Anlaşması gereği iklim değişikliği ile m¼cadele hedefleri gereği açıklanan ulusal katkı beyanını gerçekleştirebilmesi için hazırlıklı olunması gerekmektedir.

Ulusal Sera Gazı Envanteri ve Raporu’nu oluşturan sekt¼rlerden biri olan Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO) sekt¼r¼; orman alanları, tarımsal ¼r¼n ekilen alanlar, meralar, sulak alanlar, yerleşim yerleri ve diğer alanlar (kayalık, kumlu araziler vb.) olmak ¼zere altı arazi kullanım sınıfından oluşur. Bu sınıflardaki insan faaliyetlerinden kaynaklanan değişimlerin, sera gazı emisyonları ¼zerindeki etkilerini ve bu emisyonların azaltılmasına y¼nelik potansiyeli belirlemek AKAKDO sekt¼r¼n¼n temel amaçlarındandır. IPCC tarafından hazırlanan kılavuza g¼re ormanlık alanlarda karbonun biriktiği havuzları; canlı bitkisel k¼tle, ölü organik madde

ve topraklar olmak üzere üç ayrı ana gruba ayrılmakta ve envanterler buna göre yapılmaktadır. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları tablo 1’de verilmiştir.

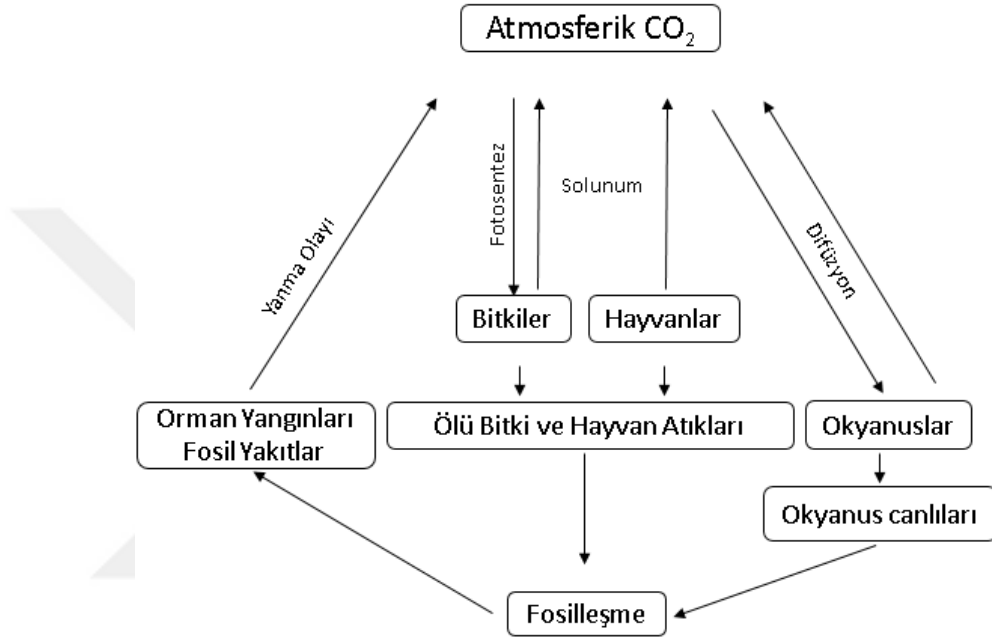
Tablo 1. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları (IPCC, 2003) ve (IPCC, 2006).

Ana Havuzlar	Alt Kategori Havuzlar	Temel Bileşenleri
Canlı Bitkisel Kütle	Toprak Üstü	Toprak üstündeki gövde, kütük, dallar, yapraklar, kabuk ve tohumlar
	Toprak Altı (Kökler)	2 mm çaptan daha küçük kökler hariç canlı bitkisel kütlede yaşayan tüm kökleri
Ölü Organik Madde	Ölü Odun (Dikili kuru)	Dikili kuru halde tabanda ya da toprakta bulunan tüm odunsu bitkisel kütle. Yüzeyde yatan odun, dikili kurular, ölü kökler ve 10 cm’den daha kalın kökleri içermektedir.
	Ölü Örtü	Mineral ve organik toprak tabakasının üstünde yer alan, ayrışmamış ve kısmen ayrışmış organik maddelerden oluşan karbon havuzudur. Bu havuz; yaprak, dal ve diğer bitki döküntüleri ile birlikte çürüntü (fermentation – F tabakası) ve humus (humic – H tabakası) gibi organik katmanları içerir. Ayrıca, bazı uygulamalarda çok ince canlı kökler (<2 mm) de bu bileşenler arasında sayılabilir.
Topraklar	Toprak Organik Maddesi	Minerallerdeki organik karbonu ve organik toprakları içermektedir. Canlı çok küçük kökler toprak organik maddesinden sayılır.

2020 yılı Küresel Orman Kaynakları Değerlendirme verilerine göre, dünya kara alanına düşen ormanlık alan oranı kademeli olarak, 2000 yılında %31,9’dan (4,2 milyar hektar) 2010 yılında %31,5’e, ardından da 2020 yılında ise bu oran % 31,2’ye (4,1 milyar hektar) düşmüştür (FAO-2020). Bu bağlamda, insanların arazi ürünlerinden ormana zarar vermeden en verimli ve hassas şekilde nasıl faydalanabileceğine dair yöntemler geliştirme anlayışı ortaya çıkmıştır (Kırış ve ark., 2007). Küresel ölçekte 2050 yılı için net sıfır karbon emisyonu hedefi giderek daha güçlü bir şekilde gündeme gelmektedir. Türkiye ise 2053 yılına yönelik net sıfır emisyon hedefini benimsemiştir. Ancak bu hedefe, orman ekosistemlerinin katkısı olmaksızın ulaşmak oldukça güçtür. Hedefin başarıyla gerçekleştirilebilmesi, ormanların her yıl atmosferden aldığı ve depoladığı karbon miktarının doğru ve düzenli bir biçimde belirlenmesine büyük ölçüde bağlıdır.

Karbon ve azot döngüsü bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmesi bakımından önemli olan iki besin döngüsüdür. Canlı organizmalarda en fazla bulunan ikinci element karbondur (West, 2008). Karbon yeryüzünde elementel (odun kömürü vb.), inorganik (CO₂, karbonatlar gibi mineraller) ve organik (karbonhidratlar, amino asitler gibi bileşikler) olmak üzere üç formda bulunmaktadır (Korhonen ve ark., 2002). Bu üç karbon

formu, fotosentez, solunum, yanma, ayrışma gibi süreçlerle bitki örtüsü, atmosfer, okyanuslar ve toprak arasında sürekli dolaşır ve bu etkileşim küresel karbon döngüsünü oluşturur (West, 2008; Poulter ark., 2014) (Şekil 3). Bu dolaşım atmosfer ve denizler arasında ki karbon değişimi ile karasal ekosistemlerde fotosentez ve solunum yoluyla karbonun bağlanması ve atmosfere salınması şeklinde iki süreçten oluşur (Korhonen ve ark., 2002).



Şekil 3. Karbon döngüsü

Son yıllarda ülkemizin bildirmekle yükümlü olduğu orman alanlarındaki karbon konusunda yapılan çalışmalarda artış bulunmaktadır (Tüfekçioğlu ve ark., 2005; Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010; Yavuz ve ark., 2010; Mısır ve ark., 2013; Ortaş, 2013). Ancak bu çalışmaların sayılarının artırılmasında yarar vardır. Ayrıca, Türkiye'nin 2006 yılından itibaren BMİDÇS sekreteryası'na sunmuş olduğu ulusal sera gazı envanteri hesaplamalarında çeşitli hataların bulunduğu ve hesaplamalarda kullanılan katsayıların güncellenmesi gerektiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Tolunay ve Çömez, 2007; Tolunay, 2011; Tolunay ve Karabayık, 2013). Bu doğrultuda, orman alanlarında bağlanan karbon miktarının daha doğru bir şekilde belirlenebilmesi için güvenilir ve güncel verilerin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır (Çömez, 2010).

Ormanlar karasal ekosistemdeki organik karbonun % 76-78'ini yani yaklaşık 3/4'ünü tutması sebebiyle en önemli karbon havuzlarıdır (Pan ve ark., 2011). Ayrıca, karasal

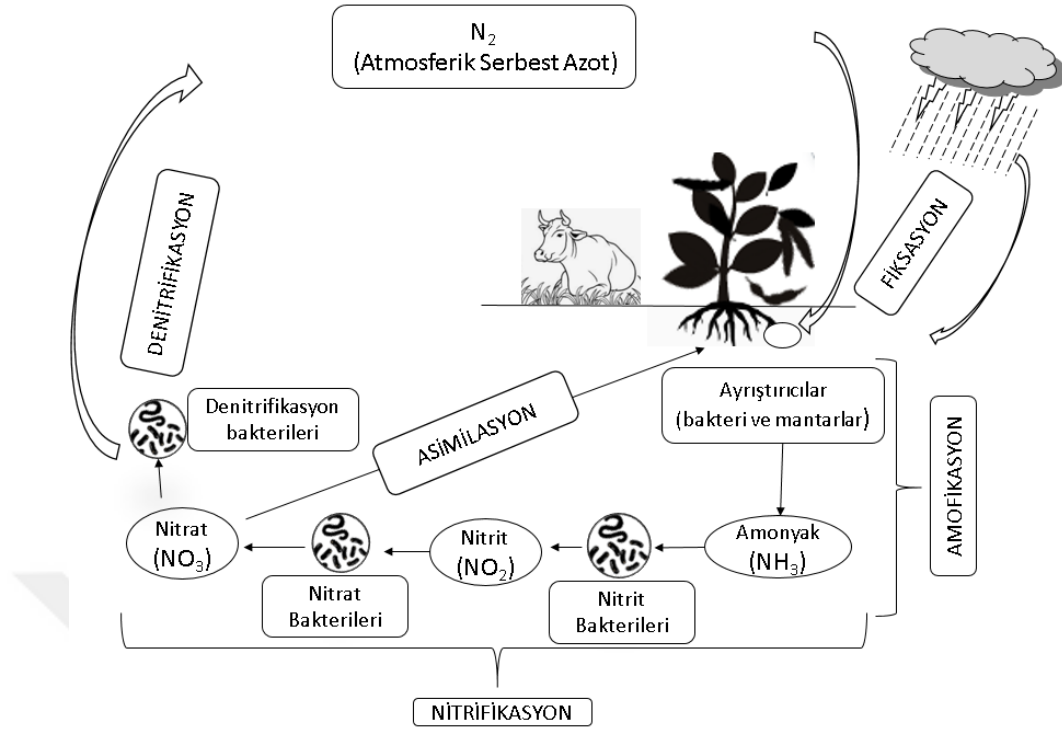
ekosistemdeki toprak üstü karbonun % 86'sı ve topraktaki karbonun % 73'ü ormanlarda tutulmaktadır (Rodger, 1993). Bu nedenle, orman ekosistemlerinin sahip olduğu karbon stoğunun doğru belirlenmesi önemlidir (Hashimoto ve ark., 2000; Haripriya, 2002). Sürdürülebilir orman ekosistemlerinin sağlanabilmesi için, yapısındaki değişikliklerin ve karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, izlenmesi ve değerlendirilmesi mevcut orman ekosistem dinamiklerini anlamada biyokütlenin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. (Backéus ve ark., 2005; Brown ve ark., 1999). Bitkiler, fotosentez yoluyla atmosferden aldıkları CO₂'yi bünyelerinde organik bileşiklere dönüştürerek biyokütle üretirler; orman ekosistemindeki ağaçlar da bu yolla CO₂'yi tutarak biyokütle olarak depolar. Biyokütleyle ait veriler, karbon tutma ve karbon döngüsünü anlamaya ışık tutmaktadır. (Dixon ve ark. 1994). Ormanlar biyokütlesinin en büyük bileşeni olan ağaçların toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarının belirlenmesi, yalnızca karbon stoklarının hesaplanması açısından değil, aynı zamanda ekosistem araştırmaları ve orman ekosistemindeki biyolojik ilişkilerin anlaşılması açısından da temel bir veri kaynağıdır (Saraçoğlu, 1998).

Biyokütle, hem toprak üstü hemde toprak altı olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler, tarım, orman ve çayır ekosistemlerinden sürdürülebilir şekilde faydalanmaya yönelik planlamalarda dikkate alınması gereken önemli ekolojik değişkenler arasında yer almaktadır. Toprak üstü biyokütle yetiştirme ortamı faktörleri (iklim özelliklerinin, fizyografik ve toprak etmenleri) ve meşcere etkisi ile oluşurken, toprak altı biyokütle ise bitki türü ve yaşı, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin etkisi ile oluşmaktadır (Cairns ve ark., 1997). Biyokütle üzerine araştırma yapan birçok bilim insanı, uygulama ve ölçüm kolaylığı nedeniyle çalışmalarını genellikle orman ekosisteminin toprak üstü bileşenleriyle sınırlı tutmaktadır (Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010). Ancak bitkiler, toprak üstünde yalnızca ışık için rekabet ederken; toprak altında su ve yaklaşık 20 farklı besin elementi için rekabet halindedirler (Casper ve Jackson, 1997). Bu durum, bitki büyümesi üzerinde toprak altı faktörlerin etkisinin, toprak üstü faktörlerden daha fazla olabileceğini göstermektedir. Toprak altında var olan biyokütle miktarının önemli kısmını meydana getiren ince ve kalın köklerin, toplam ağaç biyokütlesindeki oranı %18 ile %45' arasında değişmekte ve bu yönüyle dikkate değer bir karbon deposu işlevi görmektedir (Zhang ve ark., 2015). Karbon depolaması bakımından, ağacın yalnızca toprak üstü bölümleri değil, toprak altı kök sistemleri de önemli katkı sağlamaktadır. Bu

nedenle, bir ağacın hem toprak üstü hem de toprak altı organlarının karbon depolama kapasitesinin birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bu yaklaşım, özellikle orman kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve karbon bütçelerinin doğru hesaplanması açısından büyük önem taşımaktadır. Nitekim ormancılık bağlamında bitkisel kütle (biyokütle), belirli bir orman alanında bulunan ağaç ve ağaççık topluluğunun birim alandaki (kg, ton/ha) kuru madde ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Ağırlığın fırın kurusu ağırlık olarak belirlenmesi daha anlamlı bir değerlendirme niteliği taşımaktadır (Saraçoğlu, 1997). Kök kütlesi, orman ekosistemlerinde madde dolaşımını anlamada ve toprak altındaki canlı bitkisel aksamda biriktirilen besin maddeleri hakkında yararlı bilgiler sunan önemli bileşenlerdendir. Bitkisel kütle, tarım, orman ve çayır ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi ve bu alanlardan faydalanmaya yönelik planlamalarda dikkate alınması gereken önemli değişkenlerden biridir (Tüfekçioğlu ve ark., 2005). Özellikle orman ekosistemlerinde, kök sistemlerinin ekolojik süreçler üzerindeki etkisi oldukça büyüktür. İnce köklerin, besin döngüsü ve karasal ekosistemlerdeki karbon tutumu üzerinde önemli rol oynadığı; bu etkinin, ince köklerden toprağa geçen yüksek miktarda karbon ve bu karbonun toprakta stabil hale gelmesiyle ilişkili olduğu bilinmektedir (Matamala ve ark., 2003; Kuzyakov ve Schneckenberger, 2004; Guo ve ark., 2007). Kök biyokütlesi analizlerinde kökler çaplarına göre sınıflandırılmakta; 0–2 mm çapındaki kökler kılcal kök, 2–5 mm çapındakiler ince kök ve 5 mm’den büyük olanlar kalın kök olarak tanımlanmaktadır. İnce kök biyokütlesi üzerine iklimsel faktörler (yağış miktarı, yıllık ortalama sıcaklık), fizyografik faktörler (coğrafi konum, rakım), toprak özellikleri (tekstür, nem, kimyasal yapı ve besin elementleri) ile meşcere özellikleri (kapalılık, yaş, tür kompozisyonu) gibi çeşitli biyotik ve abiyotik etmenlerin etkili olduğu ortaya konmuştur (Farfağ, 2010; Jagodziński, 2011). Bu bağlamda Yang ve ark. (2010), orman gelişim süreçlerinde besin bütçesinin anlaşılabilmesi için ince kök üretiminin dinamiklerine yönelik daha fazla araştırma yapılması gerektiğini belirtmektedir. Bununla birlikte, Türkiye’de kök biyokütlesi üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu durumun başlıca nedenleri arasında söz konusu çalışmaların hem zahmetli hem de yüksek düzeyde emek ve uzmanlık gerektirmesi yer almaktadır. Ancak, ülkemizin taraf olduğu uluslararası iklim anlaşmaları çerçevesinde raporlaması gereken sera gazı envanterlerinde, özellikle toprak altı karbon stoklarına ilişkin veri eksiklikleri ciddi sorunlara yol açmaktadır (Tolunay ve Çömez, 2008). Bu nedenle, orman alanlarında bağlanan karbon miktarının daha sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için toprak altı

biyokütleye ilişkin güvenilir verilerin elde edilmesi büyük önem taşımaktadır (Çömez, 2010).

Toprak karbon döngüsüyle yakından ilişkili olan azot (N), karasal ekosistemlerde bitki büyümesini ve gelişimini düzenleyen temel bir elementtir ve önemli sınırlayıcı bir faktör olarak kabul edilir (Elser ve ark., 2007; Maquere ve ark., 2008; Gao ve ark., 2015; Li ve ark., 2016). Bitki örtüsü üzerinde önemli etkiye sahip olan N ekosistemin işleyişini ve iklim değişikliğinin etkilerini anlamada önemli geri bildirimler vermektedir. Organik N' un bitki beslenmesi açısından önemi yakın zamanda anlaşılmıştır (Magthab, 2014). Azot gazı ($N_{2(g)}$) atmosferin hacimce yaklaşık %78,08'ini oluşturmaktadır. Öte yandan azot kayaların bünyesinde çözünmüş sulara ve canlıların bünyesinde de bulunmaktadır (Kantarcı, 2000). Canlılar, öncelikle bitki türleri atmosferdeki var olan N_2 gazını besin maddesi şeklinde doğrudan alamazlar ve ihtiyaç duyduğu azotu toprakta mevcut olan azotlu bileşiklerden temin etmektedirler. Toprakta amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) gibi çeşitli inorganik N formları ve amino asitler gibi çeşitli organik N formları bulunmaktadır (Nordin ve ark., 2001; Liu ve ark., 2017). N'un bir kısmı yıldırım olayları ve yağış yoluyla atmosfere bağlı süreçler aracılığıyla, büyük bir kısmı ise toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen biyolojik aktiviteler sonucunda toprağa kazandırılmaktadır. Bitkilerin azotu besin maddesi olarak bünyelerine alabilmeleri, toprakta gerçekleşen mineralizasyon, amonifikasyon, fiksasyon, asimilasyon ve denitrifikasyon gibi bir dizi biyokimyasal süreci içermektedir. Bu süreçlerin tamamı, birlikte N döngüsü olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4) (Haktanır ve Arcak, 1997; Cheng ve ark., 2010). N birikimi ağaç büyümesini teşvik ederek bitkiler tarafından tutulan karbon miktarını artırabilir. Bununla birlikte, biriken azot başlangıçta toprakta tutulur ve daha sonra denitrifikasyon yoluyla gaz halinde atmosfere salınabilir veya nitrat formunda yeraltı sularına taşınabilir. Bu kayıplar nedeniyle azotun uzun vadeli karbon tutulmasına etkisi sınırlı olabilir (Aber ve ark., 2003; Lovett ve Goodale, 2011).



Şekil 4. Azot döngüsü

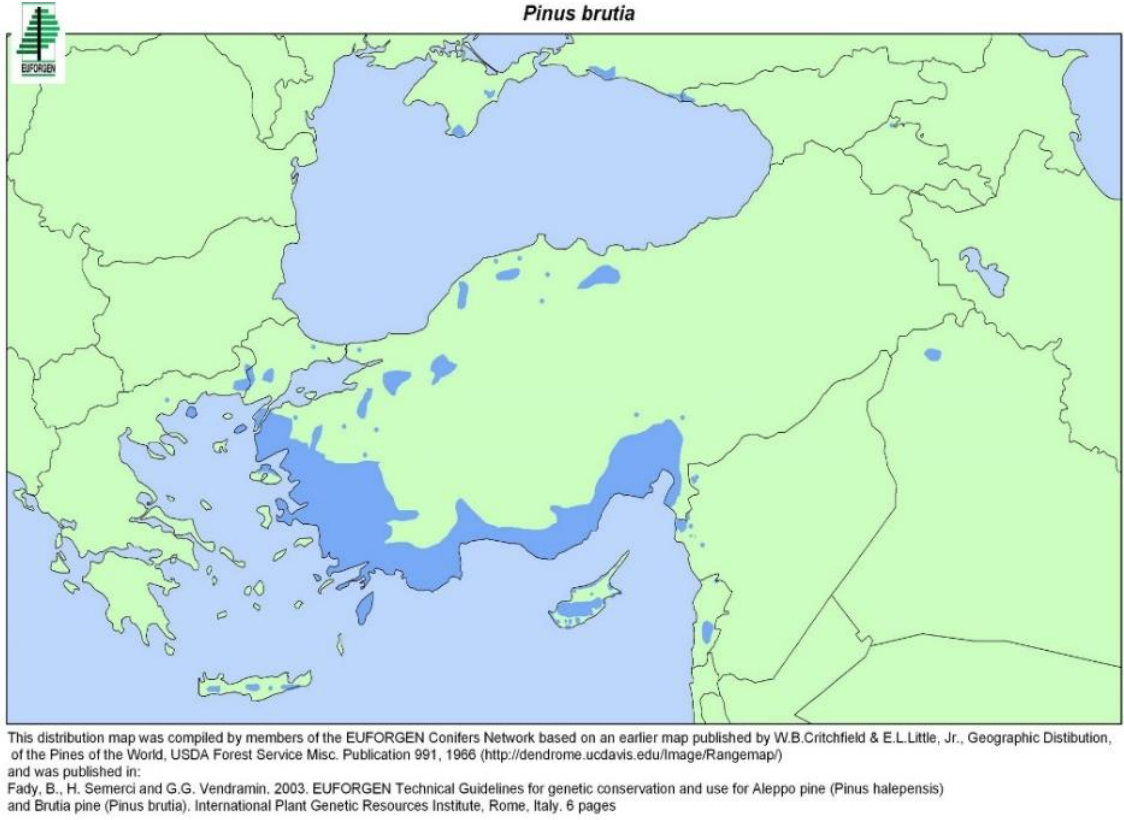
Ölü örtünün ayrışması, ağaçların gelişimi için gerekli besin maddelerinin sağlanması, ekosistemdeki madde döngüsünün sürekliliği ve toprakta yaşayan mikro ve makro organizmalar için bir yaşam ortamı oluşturması açısından büyük önem taşır (Heal ve ark., 1997). Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve dolayısıyla bitki büyüme ve gelişimine önemli katkılar sağlanmaktadır (Kantarcı, 2000). Ölü örtü biyokütlesi, birçok çevresel ve biyotik faktörün etkisi altında değişkenlik göstermektedir. Bu faktörler arasında fizyografik, iklimik, edafik faktörler, ağaç türü, meşcere yaşı ve kapalılık etkisi önemli rol oynamaktadır (Kantarcı, 2000; Kara ve ark., 2014). Ölü örtü biyokütlesine ilişkin veriler, orman ekosistemlerinin işleyişini anlamak, küresel değişim senaryolarının karbon ve besin döngüsü üzerindeki etkilerini modellemek ve yönetilen ormanların ekolojik dinamiklerini değerlendirmek açısından kritik öneme sahiptir (Magthab, 2014). Orman topraklarında azotun temel kaynağı, büyük ölçüde ölü örtüdür. Ölü örtünün ayrışma düzeyi, toprakta biriken azot miktarını doğrudan etkileyebilmekte ve bu durum orman ekosistemlerinin besin döngüsü dinamiklerini belirlemektedir. Aynı şekilde, topraktaki organik karbon miktarı da ölü örtü ayrışmasının düzeyi hakkında bilgi veren önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Orman toprağında yüksek düzeyde organik

karbon birikimi, ölü örtü ayrışmasının yoğun ve etkili bir şekilde gerçekleştiğine işaret etmektedir (Karatepe, 2004).

Araştırmamıza konu olan kızılçam genel coğrafi yayılışı, Akdeniz ikliminin etkisi altında kalan Doğu Akdeniz Havzasında ya da Akdeniz iklimi karakteri taşıyan bölgelerde doğal olarak yayılış göstermektedir. Kuzey yarım kürede geniş bir bölgede yayılış gösteren kızılçam, batıda Kalabriya yarımadası, doğuda Irak'ın kuzeyi, Kuzey'de Kırım ve güneyde ise Filistin arasında kalan bölgede doğal yayılış yapmaktadır (Şekil 5) (Asmaz, 1993; Kayacık, 1965).

Kızılçam (*Pinus brutia*), en geniş doğal yayılış alanını Türkiye'de göstermektedir. Ülkemizde, Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde geniş alanlar boyunca yaygın olarak bulunmaktadır. Ayrıca Karadeniz sahilleri boyunca küçük ve dağınık topluluklar halinde de görülmektedir (Anşin, 1994). Karadeniz'e dökülen başlıca ırmaklar ve kollarının vadileri boyunca, İç Anadolu'ya doğru uzanan yayılış alanları mevcuttur; bu durum Ankara-Beypazarı, Eskişehir-Sarıcakaya, Tokat-Turhal, Amasya-Göynücek ve Amasya-Aydınca gibi örneklerle desteklenmektedir. Bunun yanı sıra, Girit ve Kıbrıs adaları ile Ege Denizi'ndeki adaların tamamında da yaygın olarak bulunur (Dağdaş, 1998).

Türkiye'de kızılçam ormanları, deniz seviyesinden başlamak suretiyle 1300 m yükselti kuşağına kadar yayılış göstermekte olup, bazı bölgelerde bu sınır 1500m yükseltiye kadar ulaşmaktadır (Yaltırık ve Boydak, 2000). Kızılçam, esas olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklimine özgü alanlarda yayılış sergilemekte ve karasal iklimlerin hakim olduğu bölgelerden kaçınmaktadır (Saatçioğlu ve Pamay, 1962). Kızılçam tipik ve derine giden bir kazık kök sistemine sahiptir. Taze balçığın bulunduğu kuvvetli topraklarda çok iyi gelişim gösterebildiği gibi, organik maddelerce fakir kaya toprakları ve karstik şartlarda da yetişebilir (Saatçioğlu, 1976).



Şekil 5. Kızılçam (*Pinus brutia*)’ın Dünya üzerindeki doğal yayılış alanları (Euforgen.org)

Toprak altında ve orman ekosistemlerinde depo edilen karbon ve azot miktarlarının tam olarak bilinmemesi, yalnızca uluslararası sözleşmeler kapsamında veri üretme gerekliliğinden öte, ormanların sürdürülebilir yönetimine yönelik hazırlanan fonksiyonel planlarda, özellikle faydalanmanın düzenlenmesi aşamasında önemli katkılar sağlamaktadır. Ayrıca, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi güncel ve kritik bir konunun parçası olması nedeniyle, bu konunun seçilmesinin bilim dünyasına katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu düşüncelerden hareketle, kızılçam ülkemizde iğne yapraklı orman ağaçları arasında en fazla yayılış alanına (5.215.292 hektar), tüm orman ağaçları arasında ise meşeden sonra %22,74 yayılış oranına sahip olmakla beraber karbon ve azot depolama bakımından etkin bir role sahip türümüzdür (OGM, 2020). Yaz dönemlerinde kızılçam meşcerelerinin doğal yayılış gösterdiği alanlarda nem içeriğinin büyük oranda azalması ve odununda bolca reçine bulunması yangın riskini artırmaktadır. Özellikle yangına hassasiyet durumu ve sıcak ılıman iklim tipi ağacı olması nedeni ile gerçekleşmesi muhtemel iklim değişikliğinden etkilenme durumu en fazla olan türlerin başında gelmektedir.

Ülkemiz saf kıvılcım ormanlarında yapılan çalışmaları incelediğimizde, çoğu çalışmanın biyokütle kapasitelerinin belirlenmesine yönelik olduğu, çok az çalışmanın ise toprak karbon miktarlarının belirlenmesine yönelik yürütüldüğü, toprak altı biyokütlerdeki karbon ve azot miktarlarının ise incelenmediği görülmektedir.

Bu bağlamda saf olarak yayılış gösterdiği meşcerelerde özellikle toprak altı biyokütle üretimini ortaya koyan detaylı bir çalışmaya rastlanılmamasından dolayı, kıvılcımda kök miktarı üzerine odaklanarak, toplam azot (toprak, ölü örtü ve kök), organik karbon (toprak, ölü örtü ve kök) depolama kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışma alanındaki doğal kıvılcım meşcerelerinde;

- Ölü örtüde biyokütle, depo edilen organik karbon ve toplam azot miktarlarının belirlenmesi,
- Toprak organik karbonu ve toplam azot miktarlarının belirlenmesi,
- Toprak altı kılcal (<2 mm), ince (2-5 mm) ve kalın kök (>5 mm) biyokütleri ile depoladıkları organik karbon ve azot miktarlarını belirlenmesi,
- Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlenmesi,
- Ülkemizin çevreye saldığı sera gazları ve karbon döngüsüne ilişkin uluslararası platformlarda sunması gereken bildirimlerde, kıvılcım ekosistemlerine dair güvenilir veri ve bilgi sağlanması,
- Bonitet, meşcere gelişim çağı, kapalılık faktörlerinin, ölü örtü, kök ve toprak parametreleri üzerindeki etkisinin ortaya konması

Çalışmanın hedefleri arasında bulunmaktadır.

1.2 Literatür Çalışması

Ulusal ve uluslararası düzeyde organik karbon ve toplam azot miktarı üzerine yapılan çalışmalarla ilgili literatür bilgilerinden bazılarını aşağıda yer verilmiştir.

Karaöz (1991) Belgrad ormanlarındaki benzer yetiştirme ortamı koşullarında yanyana bulunan, sarıçam, meşe ve kayın ormanlarındaki topraklarda tutulan toplam azot miktarlarını belirlemişlerdir. Araştırma sonucuna göre; toplam azot miktarı en yüksek sarıçam meşcerelerinde (588 g/m^3), en az ise kayın meşcerelerindeki (468 g/m^3), toprakta tespit edilmiştir. Bu durumun sebebini sarıçam ormanlarındaki ölüörtünün yarışma hızının fazla olmasına ve toprağa karışan organik maddenin fazla olmasından kaynaklandığına bağlamışlardır.

Dixon ve ark. (1994) yaptıkları araştırmada ulusal ormanlarda karbon depolama miktarlarını belirlemek için karbon havuzu ve akış tahminlerini araştırmışlardır. Araştırmada alanları üç farklı enlem derecesine ($0-25^\circ$, $25^\circ-50^\circ$, $50^\circ-75^\circ$) göre sınıflandırarak depo edilmiş olan karbon içeriklerini tespit etmiştir. En nihayetinde, depolama miktarı $0,7 \pm 0,2 \text{ PgC yr}^{-1}$ olarak ölçülen enlem derecesi orta ve yüksek düzeyde olan orman alanlarındaki karbon miktarının, düşük enlemlerdeki açıklık alanlardaki karbon değeri olan $1,6 \pm 0,4 \text{ PgC yıl}^{-1}$ değerine kıyasla daha düşük olduğu belirtilmiştir. Küresel çapta orman topraklarının ve bitki örtüsünün yaklaşık 1146 Pg karbon depoladığı, bunun % 37'sinin düşük enlemde bulunan ormanlarda, % 49'unun yüksek enlem derecesinde bulunan orman alanlarında ve % 14'ünün de enlem derecesinin orta düzeyde olduğu ormanlık bölgelerde ölçüldüğü rapor edilmiştir.

Maithani ve ark. (1998) Hindistan'da 1850-1900m yükseltide subtropikal iklim tipinde yapmış olduğu çalışmada farklı yaşlardaki *Pinus kesiya* ve *Quercus dealbata* meşcerelerin ölü örtülerinin C ve N içeriklerini incelemişlerdir. *Pinus kesiya* ve *Quercus dealbata* türlerinin karbon içeriği sırasıyla 7 yaşında %40,80-%36,08; 13 yaşında %47,60- %37,30; 16 yaşında ise %47,90-%39,30 olduğunu, azot içeriğinin ise 7 yaşında %0,80-%0,84; 13 yaşında %0,73-%0,87; 16 yaşında ise %0,70-%0,78 olarak tespit etmişlerdir. Elde edilen araştırma sonucuna göre, C ve N konsantrasyonlarının meşcereler arasında önemli bir farklılık göstermediğini bildirmişlerdir.

Janssens ve ark., (1999), Belçika'da 69 yaşındaki sarıçam ekosistemlerinde toprak altı ve toprak üstü biyokütledeki karbon depolama üzerine yaptıkları araştırmada; toplam karbon stoğunun $248,9 \text{ t/ha}$ olduğu ve ortalama olarak bu stoğun, %42'sinin ağaçlarda ($104,4 \text{ ton/ha}$), %47'sinin toprakta ($117,7 \text{ ton/ha}$), %11'inin ölü örtüde ($26,8 \text{ ton/ha}$), tespit

etmişlerdir. Toplam ağaç biyokütlesinin %14'ünü (14,6 ton/ha) köklerin oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Schauvlieghe ve Lust (1999) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, arazi kullanım farklılığının karbon depolama kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma bulgularına göre, en yüksek karbon depolama miktarı 69 yaşındaki dişbudak (*Fraxinus*) ormanlarında 232 ton C/ha olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla 69 yaşındaki meşe-kayın (*Quercus-Fagus*) karışık ormanlarında 227 ton C/ha, 29 yaşındaki genç dişbudak ormanlık alanlarda 173 ton C/ha ve meralarda 128 ton C/ha ile takip etmektedir. Çalışmada ayrıca, toprak karbonu miktarının meşcere yaşı ile doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmıştır.

Makineci (1999) yapmış olduğu doktora tez çalışmada meşe, gürgen, kestane ve ıhlamur ağaç türünden oluşan baltalık ormanlarında, farklı şiddetteki aralama kesimleri sonrası, meşcere içinde özellikle üst toprak ve ölü örtüde toplam azot miktarının değişimi incelemiştir. Bu çalışmada, bu baltalıklarında yapılan farklı şiddetteki bakım kesimlerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Bu meşcerelerde uygulanan aralama kesimlerinden üç yıl sonra, şiddetli aralama yapılan alanlarda diri örtü miktarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Diri örtü biyokütlesi, meşe meşcerelerinde 1,07–1,53 ton/ha, gürgen meşcerelerinde 0,78–1,69 ton/ha, kestane meşcerelerinde 0,91–2,01 ton/ha ve ıhlamur meşcerelerinde 0,91–1,00 ton/ha aralığında ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, meşcere kapalılığının azalmasının diri örtü gelişimini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca, 1996 yılında bakım kesimi yapılan meşe türündeki yaprak ve çürüntünün, kontrol alanına nazaran daha az bulunduğu ve bunun nedeninin meşcere kapalılığının kırılmasıyla ölü örtü ayrışmasının hızlandığı belirtilmiştir. Meşcede 1996 ve 1997 yıllarında ölüğ örtü tabakaların da tüm azot oranları (%)hafif ayıklama, şiddetli ayıklama, kaba temizlik ve kontrol alanı olacak şekilde çoktan aza doğru sıralanmıştır. Organik karbon oranı ise 1995 yılından 1997 yılı doğru bakım kesimi şiddetine bağlı olarak artış göstermiştir. Sonuç olarak üst topraktaki azot ve organik karbon miktarları ayıklamanın şiddetine bağlı olarak artış gösterdiğini belirtmiştir.

Silver ve ark. (2000) Brezilya'da amazon orman ekosistemindeki toprak tekstürünün toprak altı karbon ve besin depolamasına etkilerini incelediği çalışmada, 1 m derinliğe kadar killi topraklarda 101 Mg C/ha, kumlu topraklarda yaklaşık 113 Mg C/ha karbon

depolandığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra kaba kök karbonunun, kumlu alanlar üzerindeki yüzey toprağı (0-10 cm) karbon havuzunun %62 ve killi alanların ise % 48'lik miktarı ve 1 m derinliğe kadar toprak karbon havuzunun sırasıyla %34 ve %22'lik miktarını oluşturan ciddi bir paya sahip bir ekosistem karbon havuzunu temsil ettiğini bildirmişlerdir.

Wang ve ark., (2002), yaptıkları çalışmada Çin'in kuzeydoğu bölgesinde dağlık arazide yaptıkları çalışmada bitki örtüsü ve topraktaki karbon stoklarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda; ortalama toprakta tutulan organik karbon miktarının 212,7 ton/ha ve bitki örtüsü tarafından tutulan karbon miktarı ise 22,7 ton/ha olduğunu ortaya koymuşlardır. Ormanlık alanlardaki karbon yoğunluğunun bozkır, çöller, çayırlar gibi farklı vejetasyonlardan fazla olduğunu ve toprakta depolanan karbon miktarının ise bitki örtüsünde depo edilenden nerdeyse 10 kat fazla olduğunu belirtmişlerdir. Toprak organik karbonu en fazla turbalık sahalarda 925,5 ton/ha iken, en az 24,1 ton/ha ile çöl topraklarında bulunduğunu vurgulamışlardır.

Tüfekçioğlu ve ark. (2002), Gümüşhane'nin Torul ilçesindeki salkım ağaç ağaçlandırmalarında toprak üstü ve toprak altı biyokütle ile toprak özellikleri üzerine yapmış oldukları çalışmada ortalama toplam biyokütle 14670 kg/ha, ortalama toprak altı biyokütle 3740 kg/ha, ortalama toprak üstü biyokütle ise 10930 kg/ha olduğunu tespit etmiştir. Toprak altı biyokütlenin, toprak üstü biyokütlenin yaklaşık %25' ini oluşturduğunu bildirmiştir.

Kraenzel ve ark. (2003), yaptıkları bir çalışmada, Panama'daki *Tectonia grandis* ağaçlandırma alanlarında karbon depolaması üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, önce toprak üstünde ve toprak altında var olan biyokütle miktarını, akabinde göğüs çapı ile birlikte ağaçtaki toplam karbon miktarından yararlanarak *T. grandis* ağaçlandırma sahasındaki karbon miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre depo edilen karbon miktarının, ağaçta tutulan 120 ton/ha, ölü örtüde tutulan 3,4 ton/ha, alt tabakada tutulan 2,6 ton/ha ve toprakta tutulan ise 225 ton/ha olduğunu belirtmişlerdir.

Karatepe (2004), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Isparta ili Gölcük yöresinde yayılış gösteren karaçam ormanlık alanlarında, topraktaki tutulan organik karbon ve azotun, andezit anakayasası üzerinde en yüksek değerde 79,1 ton/ha ve toplam azot 8,568

ton/ha olarak bulunmuşken, Gölcük formasyonu üzerindeki topraklar da ise organik karbon en düşük 12,8 ton/ha, toplam azot ise en düşük 0,614 ton/ha olarak bulmuştur. Aynı çalışmada, ölü örtülerdeki organik karbon ve toplam azot stoğunu en yüksek Gölcük Formasyonu (34,50 ton C/ha ve 0,354 ton C/ha), en düşük traki-andezit (22,23 tonC/ha ve 0,199 ton/ha) anakayaları üzerinde yayılış gösteren meşcerelerde olduğunu belirlemiştir.

Evrendilek ve ark. (2006) Adana'daki Kızılçam, Karaçam, Lübnan sediri ve boylu ardıc saf meşcereleri ile Toros göknarı, karaçam ve Lübnan sediri karışık ormanlarında toprak üstü biyokütle miktarı, ölü örtü biyokütle miktarı ve ölü örtü ayrışması konusunda araştırmalar gerçekleştirilmişlerdir. Bu meşcerelerde ortalama karbon stoku $97,8 \pm 79$ Mg C/ha olarak tahmin edilmiş; bunun $83,0 \pm 67$ Mg C/ha'sının toprak üstü biyokütlerde, $14,8 \pm 12$ Mg C/ha'sının ise toprak altı biyokütlerde depolandığı belirlenmiştir. Orman topraklarında depo edilen organik karbon miktarının $172,0 \pm 25,7$ Mg C/ha, toplam toprak azotun ise $9,2 \pm 1,2$ Mg N/ha olduğu ölçülmüştür. Sedir (*Cedrus*) meşcerelerine ait 0–30 cm derinliğindeki üst topraklarda organik karbon oranı %7,87 iken, bu oran *Pinus nigra* meşcerelerinde %2,96 olarak rapor edilmiştir.

Mei ve ark. (2006) dişbudak plantasyon alanında kök biyokütlesine üzerine yaptığı çalışmada; toplam kök biyokütlesinin $1,637$ g/m² olduğunu tespit etmişlerdir. Kök biyokütlesinin % 85'ini canlı köklerden % 15'inin ise ölü köklerden oluşturduğunu bildirmişlerdir. Canlı bitkisel kütlede de kalın köklerin % 69,95 ile (5-30 mm çapında) en yüksek orana sahip olduğunu, sonrasında ise sırasıyla kılcal köklerin % 13,53 (< 1 mm çapında), orta ölçekli köklerin % 7,21 (2-5 mm çapında), ve ince ölçekli köklerin % 9,31 orana (1-2 mm çapında) sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Küçük (2006), yapmış olduğu çalışmasında genç karaçam orman alanlarında ve bitişigindeki yaşlı orman alanlarda çalışmalar yapmış ve ormanlık alanda ortalama kılcal kök ağırlığını 8,05 ton/ha, ince kök ağırlığını 2,10 ton/ha ve kaba kök ağırlığını 4,28 ton/ha, yangın bölgesinde 4,95 ton/ha, ince kök miktarı 1,73 ton/ha ve kaba kök miktarı 2,50 ton/ha kontrol alanında ise 5,45 ton/ha ince kök miktarı 1,80 ton/ha ve kaba kök miktarı 2,23 ton/ha olarak tespit etmiştir. Özellikle yangın sonrasında kılcal kök kütlelerinde önemli bir azalış olduğunu belirlemiştir. Yaşlı karaçam ormanlarında toplam kök ağırlığını 14,4 ton/ha, genç orman alanlarında ise 9,5 ton/ha şeklinde ölçmüşlerdir.

Helmisaari ve ark. (2007), yaptıkları araştırmada, Finlandiya’da yetişen Avrupa ladinini ve sarıçam ağaçlarının ince kök miktarlarını belirlemeye çalışmışlardır. Bu çalışma sonucunda, Avrupa ladininde 1,84-3,70 ton/ha, sarıçam ise 1,5-3,9 ton/ha; ibre ve ince kök oranının Avrupa ladininde 2,1-6,4 ton/ha, sarıçam için 0,8-2,2 ton/ha; bu her iki ağaç türünün verimli arazi tiplerinden daha verimsiz arazilere doğru azaldığını tespit etmişlerdir. Araştırma bulguları, ince kök kütlesi ile göğüs yüzeyi arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ortaya koymuştur.

Tolunay ve Çömez (2007), Türkiye’de orman topraklarındaki karbon miktarı üzerine yapılmış çalışmalar derlenmiş ve birim alandaki (ha) organik karbon değerleri belirlenmiştir. Türkiye’nin çeşitli yörelerinden alınan toplam 1159 toprak profillerinden, topraktaki tutulan organik karbon miktarının 0,8-448 ton/ha alığında değişim gösterdiğini ve ortalama 77,8 ton C/ha depolandığı belirtilmiştir. Tarım ve mera alanlara göre orman topraklarında daha fazla karbon depolandığını belirtmişlerdir.

Guo ve ark. (2008) Avustralya’da yapmış olduğu çalışmada mera alanı ve bitişikteki monteri çamı ağaçlandırma sahasında farklı arazi kullanımının, toprak C ve N stokları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çam ağaçlarının altında bulunan topraklardaki karbon (C) ve azot (N) stoklarının, bitişik doğal mera alanlarının altındaki stoklara kıyasla anlamlı düzeyde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu farkın nedeni olarak, mera alanlarına ağaç dikilmesinin ardından ekosistemde yer altı hâkimiyetinden yer üstü hâkimiyetine geçilmesi ve plantasyonlardaki bitki kalıntılarının (ölü örtü, kök vb.) daha yavaş ayrışması gösterilmektedir. Bu etkenlerin, plantasyon ekosistemlerinde toprak karbonunun azalmasında belirleyici rol oynadığı ifade edilmiştir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2008), Artvin’de kayın (*Fagus orientalis*) ve ladin (*Picea orientalis*) meşcerelerinde kök biyokütlesi ve karbon depolaması üzerine yaptıkları çalışmada *P. orientalis* ortalama toplam kök miktarını güneşli bakılarda 20160 kg/ha ve gölgeli bakılarda 7140 kg/ha bulmuşlardır. Doğu ladinini ormanlarında, ortalama toprak altındaki biyoküttele tutulan karbon depolamasının güneşli bakılarda 7861 kg/ha ve gölgeli bakılarda ise 6840 kg/ha bulmuşlardır. Aynı şekilde, Doğu kayını ormanlarındaki kök biyokütle ve köktutulan karbon miktarının güneşli bakılarda sırası ile 17190 ve 6690 kg/ha, gölgeli bakılarda ise sırası ile 13260 ve 5200 kg/ha olarak tespit etmişlerdir. . Ayrıca, *P. orientalis* güneye bakan yamaçlarda, *F. orientalis*’e kıyasla anlamlı düzeyde

daha yüksek kılcal kök biyokütlesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kılcal kök biyokütlesinin güneşe bakan yamaçlarda sonbahar mevsiminde, ilkbahara göre istatistik bakımından anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Tolunay ve Çömez (2008) yaptıkları "Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları" adlı çalışmada ülke çapında orman ekosistemlerine yönelik gerçekleştirilen çok sayıda çalışmayı harmanlayarak, farklı ağaç türlerine ait meşcerelerde toprak ve ölü örtüde depolanan karbon miktarlarını nicel olarak değerlendirmişlerdir. İbrelili ormanlarda ki topraklarda ve ölü örtüde depolanan karbon miktarları sırasıyla ortalama 77,1 Mg/ha -7,8 Mg/ha iken, yapraklı ormanlarda 80,4 Mg/ha-3,1 Mg/ha, ibrelili karışık ormanlarda 62,2 Mg/ha-7,2 Mg/ha, ibrelili yapraklı karışık ormanlarda 70,8 Mg/ha-7,0 Mg/ha, yapraklı karışık ormanlarda ise 161,4 Mg/ha-6,4 Mg/ha olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, topraktaki ortalama organik karbon miktarı 78,0 Mg/ha ve ölü örtülerde 5,8 Mg/ha olmak üzere toplam da 83,8 Mg/ha depolandığını tespit etmişlerdir.

Tüfekçioğlu ve Küçük (2010)'ün Ardahan Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluk sahasında farklı yaşlardaki sarıçam meşcerelerindeki kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarını araştırdıkları çalışmada, kılcal kök (0-2 mm) miktarının 4,49 ton/ha ile 6,22 ton/ha, ince kök(2-5 mm) miktarının 1,37 ton/ha ile 2,40 ton/ha, kaba kök (5-10 mm) miktarının 2,29 ton/ha ile 7,06 ton/ha; toplam kök miktarının ise 8,68 ton/ha ile 14,85 ton/ha arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışmada net kök üretimi açısından, kılcal kökte, ince kökte, kaba kök ve toplam kök üretimi en fazla sırasıyla 133,2 ton/ha (ikinci yaş sınıfında) ve 88,5 ton/ha (ikinci yaş sınıfında), 351,7 ton/ha (beşinci yaş sınıflarında), 462,7 ton/ha (beşinci yaş sınıflarında) bulunmuştur. Kök sistemine ilişkin karbon depolama düzeyleri değerlendirildiğinde, ince ve kılcal köklerde en yüksek karbon stoku ikinci yaş sınıfında, kaba köklerde ise bu maksimum değer beşinci yaş sınıfında gözlemlenmiştir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2010), saf ve karışık sarıçam (*Pinus sylvestris*) orman alanlarında gerçekleştirdikleri araştırmada kalın kök ağırlığının 0–15 cm derinlik kademesinde 470–13.791 kg/ha, 15–30 cm derinlik kademesinde ise 192–11.969 kg/ha arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bulgular, kalın kök miktarının toprak derinliği ile azaldığını ortaya koymuştur. Toplam kalın kök kütle miktarının %67,5'i 0–15 cm derinlikte bulunmuş

olup, 0–30 cm toprak profili dikkate alındığında, kök biyokütlesinin büyük bir kısmının üst toprak katmanında yoğunlaştığı görülmüştür. Ayrıca, meşcere yaşı arttıkça kalın kök kütlesinin de arttığı ifade edilmiştir.

Zengin (2010), yaptığı çalışmada Giresun iline ait Alucra bölgesinde farklı yaş sınıflarındaki saf ve karışık sarıçam meşcelerindeki kalın kök kütle miktarı ve bazı toprak özellikleri incelemiştir. Çalışma sonucunda, ortalama kalın kök kütlesinin bonitet sınıflarına dağılımında 1. bonitet sınıfında 8188 kg/ha, 2. bonitet sınıfında 11039 kg/ha ve 3. bonitet sınıfında ise 6374 kg/ha olduğunu bildirmiştir. Araştırma bulguları, kalın kök kütlesinin toprak derinliği ile ters, meşcere yaşı ile ise doğru orantılı olarak değiştiğini ortaya koymuştur.

Güner ve ark. (2010), yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*) ağaçlandırma meşcereleri ile bitişindeki otlak alanlarda gerçekleştirdikleri biyokütle ve karbon çalışmalarında, *R. pseudoacacia*'nın ortalama toplam biyokütle ağırlığını 100,5 ton/ha aynı zamanda biyokütlerde tutulan ve toplam karbon değerini de 46,1 ton/ha şeklinde belirlemişlerdir. Ayrıca, akasya meşcerelerinde ortalama kılcal kök kütlesinin 1.449 kg/ha, çayırılık kısımlarda ise 2.075 kg/ha olduğu tespit edilmiştir. Kalın köklerin %71'inin 0–20 cm, %22'sinin 20–40 cm toprak derinliğinde ve toplamda %93'ünün ise 40 cm derinliğe kadar toprakta bulunduğu tespit etmişlerdir.

Çömez (2010), Eskişehir'in kuzeydoğusunda yer alan Sündiken Dağları'ndaki sarıçam meşcerelerinde karbon birikimini belirlemeye yönelik çalışmada, karbon stoklarının ağaç kütlesinde 8,422–207,777 ton C/ha; diri örtüde 0,040–3,533 ton C/ha; ölü odun materyalinde 0,461–1,492 ton C/ha; ölü örtü tabakasında 8,422–20,926 ton C/ha; toprakta ise 90,056–108,450 ton C/ha aralığında değiştiğini tespit etmiştir. Meşcere tipleri arasında ise ağaç biyokütle değeri, diri örtü ve ölü örtüde depo edilen karbon miktarları açısından anlamlı farklılıklar bulunurken; ölü odun ve toprak karbon stoklarının meşcere tiplerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark göstermediği belirlenmiştir. Bu farklılıkların, meşcerelerin gelişim durumu ile geçmişte gerçekleştirilen silvikültürel uygulamalardan kaynaklandığı ifade edilmiştir. . Ayrıca, ağaç kütlesindeki yıllık karbon tutulumunun meşcere tipi farklılığına göre 0,520–3,076 ton C/ha/yıl aralığında değişkenlik gösterdiğini tespit etmiştir.

Tolunay (2011), Türkiye ormanlarında toprak altı ve toprak üstü biyokütle, orman toprağı, ölü örtü ve ölü odun fraksiyonlarında depolanan toplam karbon miktarının 2.251,26 milyon ton olduğunu bildirmiştir. Bu toplam karbon stokunun %21,32'si canlı biyokütlerde (toprak üstü ve toprak altı), %74,78'i orman toprağında, %3,90'ı ise ölü örtü ve ölü odun bileşenlerinde yer almaktadır.

Sevgi ve ark. (2011), İstanbul Belgrad Ormanında sapsız meşe, doğu ladini, karaçam, Uludağ göknarı, sarıçam ve Toros sediri meşcerelerinde ölü örtü ve toprak karbon rezervleri hesaplanmıştır. Türler arasında ölü örtüde depo edilen karbon miktarı bakımından istatistiksel olarak farklılık görülmediğini belirlemişlerdir. Ölü örtü karbon rezervi en az 11 Mg/ha doğu ladininde, en fazla ise 20 Mg/ha olarak sarıçam meşcerelerinde olduğunu belirtmişlerdir. Gerçekleştirilen hesaplama sonucunda ağaç türlerine ait depo edilen karbon miktarının en düşükten en büyük değere göre sıralaması yapıldığında sapsız meşe (77 Mg/ha), Uludağ göknarı (90 Mg/ha), doğu ladini (97 Mg/ha), sarıçam (116 Mg/ha), karaçam (120 Mg/ha) ve Toros sediri (126 Mg/ha) olarak sıralamasının yapıldığı görülmüştür.

Li ve ark. (2013), Kore'de 600-800 m yükseltide altı farklı yaştaki japon kızılçamı (*Pinus densiflora*) meşcerelerinde (17 yaş, 26 yaş, 28 yaş, 36 yaş, 38 yaş, 73 yaş) biyokütle ve karbon depolaması üzerine yaptıkları araştırmada, ölü örtüde depolanan karbon stoğu 6,54 Mg C/ha ile 15,33 Mg C/ha arasında değiştiği, mineral toprakta ise genç meşcereden yaşlı meşcereye doğru sırasıyla 20,77 Mg C/ha, 29,03 Mg C/ha, 43,21 Mg C/ha 74,46 Mg C/ha, 39,99 Mg C/ha ve 48,41 Mg C/ha olduğunu belirtmişlerdir.

Akburak ve ark. (2013), ladin, göknar, sarıçam, karaçam ve sapsız meşe türlerinde kök biyokütlesi ile köklerdeki karbon ve azot konsantrasyonlarının kök çapı sınıflarına (<2 mm, 2–5 mm ve >5 mm) ve mevsimsel değişimlere göre dağılımını inceledikleri çalışmalarında, yıllık ortalama kök biyokütlesinin en yüksek göknar (*Abies spp.*) için 604 g/m², en düşük ise karaçam (*Pinus nigra*) için 258 g/m² olarak gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, bu çalışmada kılcal kök sınıfının (%42 oranıyla) diğer kök çapı sınıfları arasında en düşük karbon içeriğine sahip olduğu, kök karbon içeriğinin ise mevsimsel olarak anlamlı bir değişim göstermediği tespit edilmiştir.

Sarıyıldız (2015) çalışmasında sarıçam, doğu ladini ile kızılğaç türlerinin kılcal (<2mm) ve ince kökleri (2-5 mm) toprak derinliği ve topoğrafyaya bağlı olarak değişimini ortaya koymak amacıyla, ayrışma süreçleri, kuzey ve güney bakılara yerleştirilen deneme alanlarında, her bir bakının iki farklı yükselti düzeyinde (alt yükselti: 900 m; üst yükselti: 1260 m) ve her deneme alanında iki toprak derinlik kademesinde (0–10 cm ve 10–20 cm) değerlendirilmiştir. Çalışmada, güney bakılardaki kök numunelerinin, kuzey bakılardakilere kıyasla daha hızlı ayrıştığı; ayrıca her iki bakı yönünde de alt yükselti kademesindeki köklerin, üst yükselti kademesindekilere göre daha hızlı bir ayrışma gösterdiği bildirilmiştir. Toprağın derinliğinin ve çap değerinin artış ile birlikte ayrışmanın yavaşladığı, türlerin ayrışmadaki farklılığının başlangıçta sahip oldukları kimyasal özellikten kaynaklandığı, kimyasal özelliklerin sabit tutulduğunda yer yer şekillerinin değişimine bağlı olarak özellikle sıcaklık değişiminin kök ayrışmasının etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Tahmaz (2016), Kastamonu yöresinde doğal yayılış gösteren farklı ağaç türlerinin (karaçam, kayın, sarıçam), ormandaki meşcere yaşının (Uludağ göknarı) ve farklı arazi kullanımının (ormanlık alan, açıklık alan) toprakta tutulan organik karbon ve toplam azot miktarları üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Araştırma bulgularına göre, karaçam, sarıçam ve göknar meşcerelerinde ortalama toprak organik karbon stokları sırasıyla 79 Mg C/ha, 73 Mg C/ha ve 67 Mg C/ha olarak tespit edilmiştir. Toplam azot açısından ise azot depolaması en fazla kayın meşcerelerinde 9,57 Mg N/ha olduğu ve bunu, sarıçam meşcereleri 5,77 Mg N/ha ve karaçam meşcerelerini 4,20 Mg N/ha olarak takip ettiği bildirilmiştir. Ayrıca, meşcere yaşı ve farklı arazi kullanım durumunun da toprakta depo edilen karbon ve azot değerleri üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu ifade edilmiştir.

Bangroo ve ark. (2017) Himalaya Mawer Ormanı Sıradağları'nda toprak organik karbon ve azot stokları üzerinde rakım ve bakının etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, kuzeyli ve güneyli bakılarda, 1800–2200 ile 2200–2500 yükselti kademesinden, toprak derinlik kadesine göre (0–20 cm, 20–40 cm ve 40–60 cm) almış oldukları toprak örnekleri incelemiştir. Orman topraklarındaki organik karbon ve azot stokları rakıma ve bakıya bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini, 0-20 cm derinlik kademesinde en fazla toprak organik karbon ve azot stokunun bulunduğu ve toprak organik karbonun kuzeyli bakılarda altında ki toprakların birinci yükselti kademesinde 105,9 Mg/ha'dan ikinci yükselti kademesinde 78,0 Mg/ha'a, güneyli bakılarda ise 81,6 Mg/ha'dan 74,0 Mg/ha'a düştüğü

belirlenmiştir. Azot stokunun ise aynı sıralama ile kuzeyli bakılarda 3 Mg/ha ve 3,1 Mg/ha güneyli bakılarda ise 3,6 Mg/ha ve 2,8 Mg/ha olarak değiştiğini belirlemiştir.

Knaz (2017), Kastamonu’da (Datay) yapmış olduğu çalışmada 1189 m yükseltide sarıçam, kayın ve karaçam meşcereleri, 871 m yükseltide ise meşe ve karaçam meşcerelerinde için toprak özellikleri, toprak makro ve mikro besin maddeleri, toprak organik karbon (TOC), toplam azot (TN) miktarı ve depolama kapasiteleri üzerindeki etkilerini belirlemiştir. 1189 m yükseltide Kayın, sarıçam ve karaçam için ortalama TOC ve TN depolama kapasiteleri sırasıyla karaçam (234 Mg C/ha- 8,83 Mg N/ha), kayın (101,5 Mg C/ha-5,86 Mg N/ha) ve sarıçam (80,2 Mg C/ha 1-3,24 Mg N/ha) belirlenmiştir. 871 yükseltide ki Meşe ve karaçam için TOC ve TN depolama kapasiteleri ise, meşe için 89,7 Mg C/ha -5,03 Mg N/ha, karaçam için 87,7 Mg C/ha-4,51 Mg N/ha olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, TOC ve TN birikimlerinin mevcut değerleri açısından, farklı toprak derinliklerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Deng ve ark. (2017), Çin’in kuzeybatısında Shaanxi eyaletinde *Caragana korshinskii* türünün farklı yaşlarda ki plantasyon sahalarında (5 yaş, 15 yaş, 25 yaş, 35 yaş ve 45 yaş) toprak altı ve toprak üstü biyokütle birikimi, karbon depolaması üzerine yaptıkları araştırmada, toprak üstü biyokütle depolanan ortalama karbon miktarı 5 yaş, 15 yaş, 25 yaş, 35 yaş ve 45 yaş meşcereleri için sırasıyla 1,96 Mg C/ha, 3,85 Mg C/ha, 4,17 Mg C/ha, 4,34 Mg C/ha ve 3,12 Mg C/ha belirlenmişken, kök biyokütle karbon stoğu ise aynı sıralama ile 1,84 Mg C/ha, 2,44 Mg C/ha, 2,86 Mg C/ha, 9,77 Mg C/ha ve 8,09 Mg C/ha artış göstermiştir. 0-100 cm derinlik kademesinde ortalama toprak karbon stokları sırasıyla 18,41 Mg C/ha, 21,16 Mg C/ha, 34,65 Mg C/ha, 49,51 Mg C/ha ve 47,28 Mg C/ha şeklinde, ölü örtüde depolanan karbon stoğu ise 0,16 Mg C/ha, 0,20 Mg C/ha, 0,29 Mg C/ha, 0,49 Mg C/ha ve 0,36 Mg C/ha şeklinde sıralandığını belirlemiştir. . Sonuçlara göre, *Caragana korshinskii* plantasyonlarının yaş dizisinde, ağaçlandırma bitki biyokütlesi ve karbon stoğunda, SOC konsantrasyonlarında ve 5 yıldan 35 yıla kadar stoklarda önemli bir artışa neden olmuştur. 45 yaş aşamasına girdiğinde, toplam ekosistem karbon stoğu, yer üstü ve yer altı biyokütlesi, toprak organik karbon ve azot stoğu hafifçe azalma gösterdiğini tespit etmiştir.

Sarıyıldız ve ark. (2018) Kastamonu da 115 m yükseltide güneyli ve kuzeyli bakılardaki sarıçam ve karaçam meşcerelerinin toplam organik karbon ve toplam azot stokları araştırılmış ve bakının etkisini ortaya konulmaya çalışılmıştır. Kuzeyli bakılarda sarıçam meşcereleri topraklarının organik % karbon %3,11 ve toplam % azot %0,126, güneyli bakılarda ise %2,29 TOK, %0,101 TN olarak belirlenmiştir. Karaçam meşcerelerinin kuzeyli bakılarda % 4,42 toprak organik karbon, %0,240 toplam azot, güneyli bakılarda ise sırasıyla %2,67, %0,172 olduğu tespit edilmiştir. Kuzeyli bakılardaki sarıçam meşcerelerinin ortalama toprak organik karbon stokları 128.7 Mg C/ha, toplam azot 4,94 Mg N/ha güneyli bakılarda sırayla 83,9 Mg C/ha ve 4,30 Mg N/ha olarak belirtilmiştir. Karaçam için ise kuzeyli bakılarda toplam organik karbon 113,1 Mg C/ha, toplam azot 6,12 Mg N/ha güneyli bakılarda 86,4 Mg C/ha ve 5,67 Mg N/ha olarak belirlenmiştir.

Sheikh ve ark. (2020), Hindistan'ın orta Himelaya bölgesindeki *Cedrus deodara*'nın hakim olduğu ılıman ormanlarında biyokütle ve toprak karbon depolama potansiyeli üzerine yapmış olduğu çalışmada, Toprak karbon stoklarının, artan toprak derinliği ve yükseltiye bağlı olarak anlamlı düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Ölü örtü dökümünün rakımla ters orantılı olduğunu, topraküstü ve toprakaltı biyokütle karbon stokunun da rakımla birlikte azaldığını, toplam karbon stoğunun (toprak, ağaçlar ve ölü örtü) alçak rakımda 395,4 ton/ha, orta rakımda 321,6 ton/ha ve yüksek rakımda ise 282,5 ton/ha olduğunu ortaya koymuştur.

Dantas ve ark. (2020), Brezilya'nın Minas Gerais eyaletindeki tropikal ormanda bir yaptıkları çalışma gerçekleştirmiş ve bu meşcerelerin ortalama karbon stoklarının 267,52 Mg/ha olduğunu, bunun %35,23'ü toprak üstü biyokütlerde, %63,22'si toprakta ve %1,54'ünün ise köklerde depolandığını belirlemiştir. Toprak ve kök karbon stoklarını belirlemek amacıyla, 0–80 cm aralığındaki dört farklı derinlik kademesinden (0–20 cm, 20–40 cm, 40–60 cm ve 60–80 cm) sistematik toprak ve kök örneklemeleri yapılmıştır. Toprakta ve kökteki karbon stoğunun derinlik kademesindeki artışa bağlı olarak azaldığını tespit etmişlerdir.

Tanı (2021) yüksek lisans tez çalışması kapsamında Bursa Karacabey subasar ormanlarında yetişen ağaç türlerinden dişbudak ve kızılğaç türlerinin kök kütlesi ve kök karbon ve azot stoklarına meşcere gelişim çağlarının toprağın organik karbon miktarını ve toplam azot miktarını önemli düzeyde etkilediği ifade edilmiştir. 5 farklı meşcere tipi

(Dşç3, Dşd3, Dşe3, Kzc3 ve Kzd3) ve 4 farklı kök çap sınıfı (<1 cm, 1-4 cm, >4 cm ve kök kütüğü) esas alınan çalışmada, kök kütüğünün de dâhil olduğu toplam kök kütlesi sırası ile çoktan aza doğru Dşd3 (520 t/ha), Dşç3 (410 t/ha), Dşe3 (354 t/ha), Kzd3 (213 t/ha) ve Kzc3 (201 t/ha), kök kütüğünün de dâhil olduğu toplam kök karbon stoku sırası ile çoktan aza doğru Dşd3 (256 t/ha), Dşç3 (204 t/ha), Dşe3 (168 t/ha), Kzd3 (105 t/ha) ve Kzc3 (102 t/ha) şeklinde sıralanırken, kök azot stoku sırası ile çoktan aza doğru Dşd3 (8,4 t/ha), Dşç3 (6,4 t/ha), Dşe3 (5,6 t/ha), Kzc3 (3,4 t/ha) ve Kzd3 (3,1 t/ha) şeklinde sıralandığını bildirilmiştir.

Kooch ve ark.(2021), İran'nın kuzeyinde bulunan Langa ormanında, farklı gelişim evrelerinin ölü örtü ve toprak özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için yaptıkları araştırmada, gelişim evrelerindeki ölü örtü miktarını ölü örtüdeki N, C/N oranı yaşlı meşcerelerde daha yüksek gibi görünse de gelişim aşamaları arasında anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Meşcerelerinin gelişmesiyle birlikte ölü örtü kalınlığındaki artışın, ağaçların yaşlanmasından ve fazlalığından kaynaklandığını ifade etmiştir. En fazla ince kök biyokütlesinin yaşlı meşcerelerde olduğunu belirlemişlerdir. Karbon tutulması, N, C/N oranı ile pozitif, gözeneklilik ile negatif korelasyon göstermişken, nitrojen tutulması C, kum içeriği ve ince kök biyokütlesi ile pozitif, C/N oranı, toprak gözenekliliği ve agrega stabilitesi ile negatif korelasyon göstermiştir.

Aygün (2022) tarafından, Bursa'daki longoz (subasar) ormanlarında arazi kullanım değişikliğinin toplam organik karbon ve toplam azot depo etme düzeyleri üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Karacabey subasar orman alanlarının başlıca ağaç türleri olan dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.), kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.)), meşe (*Quercus cerris*) ile yakın civardaki karasal orman alanlarını temsil etmesi açısından kızılçam (*P. brutia* Ten.), ormanları ayrıca otlak, tarım alanı ve kumul habitatlarında TOK ve TA miktarları ile stokları, farklı toprak derinlik kademeleri dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, subasar orman ağaç türleri arasında TOK stokları sırasıyla kızılağaçta 405 Mg/ha, dişbudakta 393 Mg/ha, meşede 293 Mg/ha ve kızılçamda 162 Mg/ha olarak belirlenmiştir. TA stokları ise kızılağaçta 34,4 Mg/ha, meşede 28,6 Mg/ha, dişbudakta 26,2 Mg/ha ve kızılçamda 15,9 Mg/ha olarak tespit edilmiştir.

Kocamanoğlu (2022), Trabzon Karadağ Kütlesinde yapmış olduğu çalışmada, doğu ladini ağaçlandırma alanlarında toprak, ölü örtü ve köklerdeki karbon ile azot miktarları üzerine meşcere gelişim çağı, bakı ve eğiminin etkisi araştırılmıştır. Topraklarda ortalama karbon stoğu 35,7 ton/ha, azot stoğu 2,7 ton/ha, ölü örtü ve kök biyokütlesi sırasıyla 12 ton/ha, 23,2 ton/ha olarak tespit edilmiştir. Ayrıca ölü örtüde karbon stoğu 4,1 ton/ha ve azot stokları 0,2 ton/ha, kök biyokütlesi karbon stoğu 9,8 ton/ha ve azot stoğu 0,2 ton/ha olarak tespit edilmiştir. Meşcere gelişme çağılarına göre ortalama ölü örtü azot içerikleri (%) büyükten küçüğe doğru a, b, bc ve karbon içerikleri (%) bc, b, a şeklinde, toplam kök azot stokları büyükten küçüğe doğru OT, bc, b, a ve karbon stokları bc, b, a, OT şeklinde ortalama üst toprak azot içerikleri büyükten küçüğe doğru OT, b, bc, a, karbon içerikleri b, bc, OT, a şeklinde sıralandığını belirtmiştir.

Doğan (2022), lisansüstü tez araştırmasında Kastamonu’da doğal yayılış gösteren karaçam, sarıçam ve uludağ göknarı türlerinde, meşcere gelişim çağılarının (a, b, c, d) toprakta tutulan organik karbon ve toplam azot miktarını önemli oranda etkilediği ortaya koyulmuştur. Toplam organik karbon stoku bakımından meşcere gelişim çağına göre büyükten küçüğe doğru Ga meşceresi topraklarında (52,44 ton C/ha), Gc (46,73 ton C/ha), Çsc (44,94 ton C/ha), Çkd (39,92 ton C/ha), Çsb (37,71 ton C/ha), Çkc (36,3 ton C/ha), Çsd (30,17 ton C/ha), Çkd (29,86 ton C/ha), Gd (28,2 ton C/ha), Çsa (27,94 ton C/ha), Gb (27,18 ton C/ha), Çkb (24,86 ton C/ha) takip ettiğini belirtmiştir. Toplam azot miktarı ise en yüksek Çsb meşceresi topraklarında (6,46 ton N/ ha), Ga (5,48 ton N/ha), Çsa (2,93 ton N/ha), Gd (2,92 ton N/ha), Çsc (2,86 ton N/ha), Çka (2,7 ton N/ha), Gc (2,62 ton N/ha) Çkd (2,59 ton N/ha), Çsd (2,43 ton N/ha), Gb (2,31 ton N/ha), Çkb (2,15 ton N/ha), Çkc (1,66 ton N/ha) şeklinde sıralandığını bildirilmiştir.

Öztürk (2022), Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü’ne bağlı Gediz Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan saf *P. nigra* ve *P. nigra*–*P. brutia* karışık meşcerelerinde yürüttüğü çalışmada, çeşitli karbon havuzlarında depolanan karbon miktarlarını belirlemiştir. Saf *P. nigra* meşcerelerinde toplam ağaç biyokütlesinde depolanan karbon miktarının 3,47–943,09 ton/ha, ölü örtüde ise 1,13–34,31 ton/ha arasında değiştiği saptanmıştır. *P. nigra*–*P. brutia* karışık meşcerelerinde ise toplam ağaç biyokütlesinde 8,04–87,01 ton/ha, ölü örtüde 1,84–12,91 ton/ha arasında karbon depolandığı belirlenmiştir. Toprak biyokütlesinde depolanan karbon miktarı, saf *P. nigra* meşcerelerinde 1,90–43,93 ton/ha, *P. nigra*–*P. brutia* karışık meşcerelerinde ise 3,59–

7,21 ton/ha arasında değişmektedir. Toprak altı biyokütle bileşenlerinden kök örneklerine ilişkin değerlendirmelerde ise, saf *P. nigra* meşcerelerinde kalın köklerde 0,69–63,01 ton/ha, ince köklerde 0,30–3,58 ton/ha ve kılcal köklerde 0,09–1,95 ton/ha arasında karbon depolandığı belirlenmiştir. Karışık meşcerelerde ise bu değerler sırasıyla kalın kökler için 5,14–24,64 ton/ha, ince kökler için 0,40–3,11 ton/ha ve kılcal kökler için 0,20–1,90 ton/ha aralığında gerçekleşmiştir.

Sarıyıldız ve ark., (2022), Uludağ Milli Parkı'nda (Bursa) Uludağ Gökarnı meşcerelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada beş farklı yükselti kademesinde ve iki farklı bakıdaki ölü örtü, toprak özellikleri, TOK, TA ve diğer bazı toprak besin elementleri konsantrasyonları ve stoklarına etkilerini belirlemişlerdir. Çalışma bulgularına göre, TOK ve TA içerikleri yükseltiyle birlikte artış göstermekte olup, her bir yükselti düzeyinde kuzey bakılar, güney bakılara göre daha yüksek değerler sunmaktadır. Bakı ve yükselti kademelerinin toprak organik karbon stoğu ve toplam azot stoğu üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Güner ve Çömez (2022), Marmara geçiş bölgesindeki ağaçlık ince ve orta ağaçlık (c,d) çağındaki *P. brutia* meşcerelerindeki ibre, odun, kabuk, kök ağaç bileşenlerinin karbon oranlarını ve toprak üstü ve toplam ağaç kütesine ait ağırlıklı karbon yüzdeleri belirleyerek, bileşenlerin karbon içeriklerini karşılaştırmışlardır. Ağaç bileşenlerinin karbon oranları en düşük kökte (%50,25), en yüksek ise kabukta (%54,90) olduğunu belirlemişlerdir. Doğal *P. brutia* meşcerelerinde ağırlıklı karbon oranı toprak üstü ağaç kütlesi için %52.07, toplam ağaç kütlesi için ise %51.77 olarak tespit etmişlerdir.

Mbohau (2023), Türkiye'de 13 farklı orman işletme müdürlüğü'nde bulunan 21 orman işletme şefliği sorumluluk sahasındaki karaçam-kızılçam (karışık meşcerelerinin biyokütle ve karbon depolama üzerine yaptıkları araştırmada, ÇkÇz meşcerelerinde belirlenen ortalama biyokütle miktarları kılcal kökte 25,71 ton/ha, ince kökte 5,45 ton/ha, kaba kök ise 24,99 ton/ha ve ölü örtüde ise 17,44 ton/ha olarak belirlenmiştir. Toplam biyokütlenin %29,16 ile kökler, %9,15 ile ölü örtü biyokütlesi oluşturmaktadır. Depo ettikleri karbon stokları olarak (ton/ha) bakacak olursak kılcal kökte 12,37 ton/ha, ince kökte 2,64 ton/ha, kaba kök ise 11,97 ton/ha, ölü örtüde ise 7,76 ton/ha ve toprak organik karbonu ise 253,17 ton/ha olarak tespit edilmiştir. Karbon miktarının % olarak kılcal kökte %48,11 ince kökte %48,53 kaba kökte %47,91 ölü örtüde %44,50 toprak organik karbonun ise %3,35 ini oluşturduğunu belirtmiştir.

Kahveci (2024), Atakum ve Boğaziçi Orman İşletme Şefliği (Samsun) sınırları içerisinde saf karaçam (Çk), karaçam-sarıçam (ÇkÇs) ve karaçam-meşe (ÇkM) karışık doğal meşcerelerinin toprak üstü, toprak ve toprak altı biyokütle ve karbon (C) depolama miktarlarının belirlenmesi üzerine kapalılık, eğim ve toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin etkisi araştırılmıştır. Bitkisel kütledeki toplam ortalama organik C miktarı Çk, ÇkÇs ve ÇkM meşcerelerinde sırasıyla 46,068 ton/ha, 47,85 ton/ha ve 53,08 ton/ha olarak, toprakta depolanan organik C miktarı ise sırasıyla 119,42 ton/ha, 103,07 ton/ha ve 100,88 ton/ha olduğunu belirlemiştir. Ölü örtü organik C miktarı ise saf karaçam meşcerelerinde 5,61 ton/ha, karaçam-sarıçam karışık meşcerelerinde 5,24 ton/ha, karaçam-meşe karışık meşcerelerinde ise 5,32 ton/ha olarak belirlenmiştir.

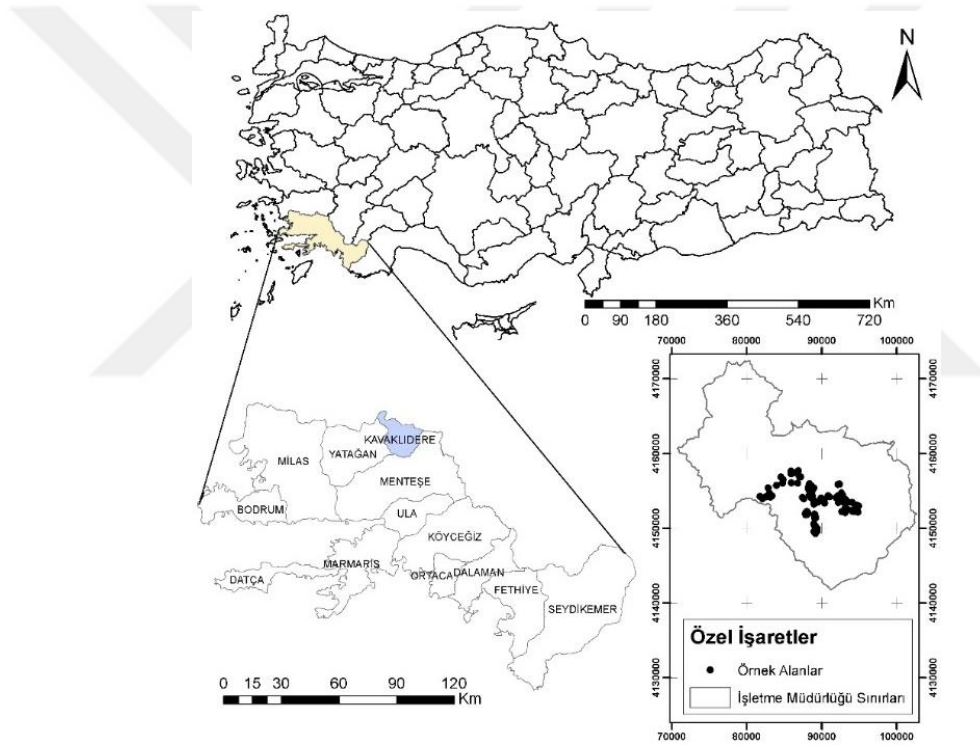
Güner ve ark., (2024), Marmara Bölgesi'ndeki *F. orientalis* meşcere gelişim çağlarının (a, b, c, d) toprak üstü biyokütlede, toprakaltı biyokütlede, toprakta ve ölü örtüdeki karbon stoklarına etkilerini araştırmışlardır. Toprak üstü biyokütledeki toplam ortalama organik C miktarı a, b, c ve d meşcere gelişim çağlarında sırasıyla 42,8 ton/ha, 122,6 ton/ha, 253,6 ton/ha ve 344,4 ton/ha olarak, toprak altı biyokütledeki ortalama organik C miktarı sırasıyla 12,6 ton/ha, 29,3 ton/ha, 60,9 ton/ha ve 82,7 ton/ha olarak, toprakta depolanan organik C miktarı ise sırasıyla 126,5 ton/ha, 98,1 ton/ha, 76,6 ton/ha ve 104,5 ton/ha olarak, ölü örtü stok haldeki organik C miktarı ise 5,6 ton/ha, 5,4 ton/ha, 5,3 ton/ha ve 5,8 ton/ha şeklinde sıralandığını tespit etmişlerdir.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Sahasının Tanıtımı

2.1.1 Coğrafi Konum

Çalışmaya konu alan $37^{\circ}19'57''$ - $37^{\circ}36'10''$ kuzey enlemleri ile $28^{\circ}08'42''$ - $28^{\circ}30'39''$ doğu boylamları arasında Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Kavaklıdere Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarını kapsayan ortalama 600-1000 m yükselti kademesindeki doğal kızılçam meşcerelerini kapsamaktadır. Çalışma alanının konumu Şekil 6'da ve alana ait görünüm Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Araştırma sahasının genel konumu



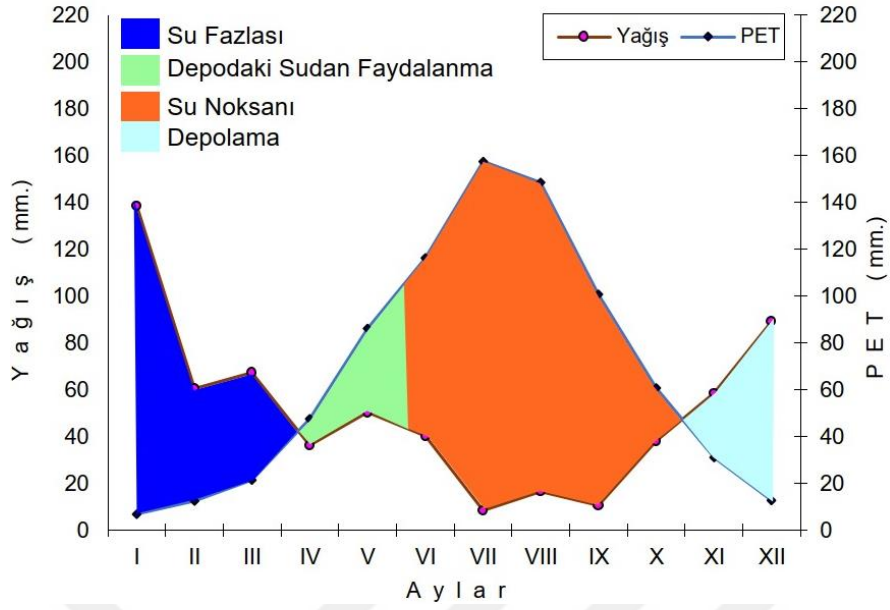
Şekil 7. Araştırma sahasından görünüm

2.1.2 İklim

İklim üzerinde deniz etkisinin ve yükselti kuşağının yanında, coğrafik şekillerin durumu da belirleyici bir rol oynamaktadır. Deniz seviyesinden 800 metreye kadar olan bölgelerde “Asıl Akdeniz İklimi”, 800 m yükseltiden fazla olan bölgelerde ise “Akdeniz Dağ İklimi” etkili olmaktadır. Araştırma alanı içinde yer alan Kavaklıdere ilçesinde, kış mevsimi kıyı kesimlerine kıyasla daha sert geçmekte olup, bu bölgelerde "Akdeniz Dağ iklimi" özellikleri gözlemlenmektedir. Örneğin, güneyde Akdeniz kıyılarında oldukça kısa süren kışlar, bu alanda daha uzun ve etkili yaşanmaktadır. Araştırma alanına ait iklim analizleri, çalışma alanı içerisinde bulunan Kavaklıdere Kocataş Orman Sahası (973 m) meteoroloji istasyonunun 2013-2022 yılları arasındaki ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak Thornthwaite yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma sahasının iklim özelliklerinin değerlendirilmesinde, Kavaklıdere Kocataş Orman Sahası Meteoroloji İstasyonu’na ait ölçüm verilerinden yararlanılmış olup, istasyona ait bazı temel iklim parametreleri Tablo 2’de sunulmuştur. İlgili istasyon verileri değerlendirildiğinde çalışma alanlarında yıllık ortalama sıcaklığın 14,7°C ve yıllık toplam yağışın 616.1 mm olduğu görülmektedir. Su bilançosuna ait değerlendirmede, Haziran-Ekim ayları arasında araştırma alanında su açığı bulunmaktadır. Thornthwaite iklim analizine göre iklim tipi "C1 B'2 sa' "sembölü ile ifade edilen "Yarı nemli-Yarı kurak, Orta sıcaklıkta (Mezotermal). Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan, Okyanus (deniz) iklimi" olarak verilmiştir (Thornthwaite, 1948; Kantarcı, 1972).

Tablo 2. Çalışma sahasına ait bazı iklim verileri (973 m)

İklim Ölçmeleri	AYLAR												Vejetasyon Dönemi		Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık °C	4,4	6,5	8,0	12,8	17,5	21,1	25,4	25,5	21,5	16,3	11,5	6,6			14,7
Sıcaklık İndisi	0,8	1,5	2,0	4,2	6,7	8,8	11,7	11,8	9,1	6,0	3,5	1,5			67,6
Düzeltilmiş PET	7,0	12,7	21,4	47,6	86,3	116,3	157,6	148,7	100,7	60,9	31,1	12,8	514,2	115,0	803,0
Yağış (mm)	138,8	60,6	67,5	36,3	50,5	40,4	8,5	16,5	10,7	38,3	58,7	89,3	259,9	356,2	616,1
Depo Değişikliği	-	-	-	-11,3	-35,8	-52,9	-	-	-	-	-	27,6	72,4		
Depolama	100,0	100,0	100,0	88,7	52,9	-	-	-	-	-	-	27,6	100,0		100,0
GET	7,0	12,7	21,4	47,6	86,3	93,3	8,5	16,5	10,7	38,3	31,1	12,8	332,3	53,9	386,2
Su Noksanı	-	-	-	-	-	23,0	149,1	132,2	90,0	22,6	-	-	416,8	0,0	416,8
Su Fazlası	131,8	47,9	46,1	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	0,0	229,9	229,9
Yüzeysel Akış	67,9	89,9	47,0	23,0	-	-	-	-	-	-	-	2,0	229,9	0,0	229,9
İklim Tipi	C1 B'2 sa' : Yarı nemli-Yarı kurak, Orta sıcaklıkta (Mezotermal). Su fazlası kış mevsiminde ve çok kuvvetli olan, Okyanus (deniz) iklimi														



Şekil 8. Araştırma alanının thornthwaite iklim diyagramı

2.1.3 Bitki Örtüsü

Coğrafi konumu itibarıyla Dünya'nın biyolojik çeşitlilik açısından en zengin bölgelerinden biri olan Türkiye, Avrupa-Sibiryaya, Akdeniz ve İran-Turan olmak üzere üç ana flora bölgesi içerisinde yer almaktadır. Çalışma sahası Akdeniz fitocoğrafik bölgesi içerisinde yer alıp Davis'in Grid sistemine göre C2 karesindedir. Kavaklıdere (Muğla) florasını belirlemek amacıyla, yapılan bir çalışmada, toplam 89 familyaya mensup 373 cins 147 alttür ve 84 varyete tespit edilmiş olup bu türlerden 54 âdedinin endemik olduğu belirlenmiştir (Ceylan ve Görk, 2017). Çalışma alanında denizden uzaklaşıldığı için deniz etkisi yerini daha serin olan Akdeniz dağ iklimine bırakmaktadır. Başlıca bitki topluluklarını *P. brutia*, *P. nigra* ve maki vejetasyonu oluşturmaktadır. Maki ve çalı türleri, kızılçam ormanlarının altında yer yer tekli veya gruplar halinde yer yer toplu halde bulunmaktadır. İşletme müdürlüğü sınırları içerisinde yaygın olarak *P. brutia*, *P. nigra*, *J. oxycedrus*, titrek kavak (*Populus tremula*), kızılgağaç (*Alnus orientalis*), çınar (*Platanus orientalis*), kestane (*Castanea sativa*), fıstıkçamı (*Pinus pinea*), gibi ağaç türleri, tespih (*Styrax officinalis*), erguvan (*Cercis siliquastrum*), sakız (*Pistacia lentiscus*), kermes meşesi (*Quercus coccifera*), zakkum (*Nerium oliender*), karaçalı (*Pollirius spina-christi*), yabani zeytin (*Olea europea*), söğüt türleri (*Salix spp.*) gibi ağaççık ve çalı türleri, sarı katran (*Hypericum perforatum*), böğürtlen (*Rubus sanctus*), ısırgan (*Urticea dioica*) hayıt (*Vitex angus-castus*), kekik (*Thymus cilicicus*), tüylü laden (*Cistus creticus*), defne

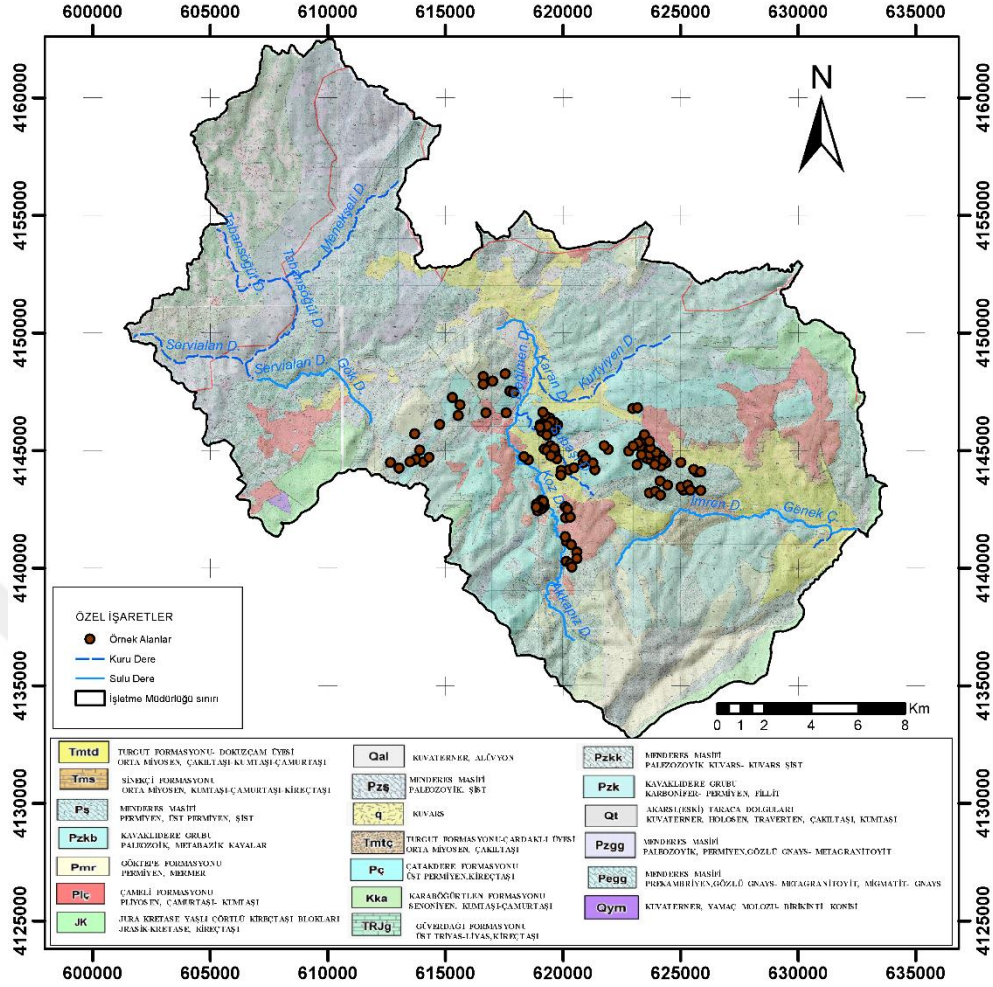
yapraklı laden (*Cistus laurifolius*), kuşburnu (*Rosa canina*), muhtelif çayır otları (*Graminea*), siklamen (*Cyclamen mirabile*) gibi otsu bitki tolulukları bulunmaktadır (OGM, 2013; Ceylan ve Görk, 2017)

2.1.4 Jeolojik Yapı

Araştırma alanı güney Menderes masifi üzerinde bulunmaktadır. Alanda az miktarda Permien yaşlı seriler ile Muğla grubu olarak adlandırılan oluşumun Turgut formasyonu, Kavaklıdere ve Göktepe gibi formasyonlar mostra vermektedir. Diğer kısımlar, bağımsız neojen havza dışında Menderes Masifi gnayslardan oluşmaktadır. Permien yaşlı serilerden oluşan kesimi dışında bağımsız bir havza halinde neojen bir kompartmandan oluşmaktadır (OGM, 2013).

Muğla yöresinde örtü serisinin en alt seviyesinde yer alan Kavaklıdere Formasyonu, kuvarsit bantları içeren metakiltaşından başlayarak, yukarı doğru kuvarsit, kuvars şist, granat şist, fillit ve kalkışit litolojileri ile devam etmektedir. Göktepe Formasyonu ise, siyah mermer merclekleri ve çört içeren fillitlerle başlayıp, beyaz kuvarsitler ve fosilli siyah mermerlerden oluşan Permo-Karbonifer yaşlı birim olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2010). Menderes masifi kristalin kayalardan oluşmuştur. İçte gözlü gnays çekirdeği ve bunun etrafında gnayslarla konsantrik olarak değişen kalın metamorfik şistler ve mermerlerle kaplı bir stürüktür göstermektedir. Gnaysların içinde potaslı feldspat gözleri ve beyaz mika, plajioloklas ve ek mineral olarak da turmalin, opalit ve zirkon bulunur. Üst seviyedeki kayalar metamorfize sedimentlerden oluşmaktadır (OGM, 2013).

Araştırma alanının formasyon ve anakaya birimlerini içeren jeoloji haritası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yayımlanan çeşitli kaynaklardan derlenen 1/25.000 ölçekli (Aydın M20c3, Aydın M20c4, Aydın M20d3, Aydın N20b1, Aydın N20b2, Aydın N20b3, Aydın N20b4) jeoloji paftalarından elde edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Araştırma alanının jeoloji haritası

2.2 Materyal

Araştırma materyalini amenajman planları, 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar, 72 adet örnek sahasından alınan 560 adet toprak (280'er adet bozulmuş ve bozulmamış) örneği, 448 adet ölü örtü, 448 adet kök silindiri, ağaçlara ait göğüs çapı, meşcere üst boyu ve ağaç yaşı oluşturmaktadır. Bunlara ek olarak örnek alanlara ilişkin bazı fizyografik özellikler de (eğim, bakı, yükselti, yeryüzü şekli) çalışmanın materyalleri arasında yer almaktadır.

2.3 Yöntem

Bu çalışma; hazırlık, arazi, laboratuvar ve değerlendirme çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Bahsi geçen her aşamada gerçekleştirilen çalışmalar ile bu çalışmaların temelini oluşturan yöntemler, aşağıda çeşitli alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.

2.3.1 Hazırlık Çalışmaları

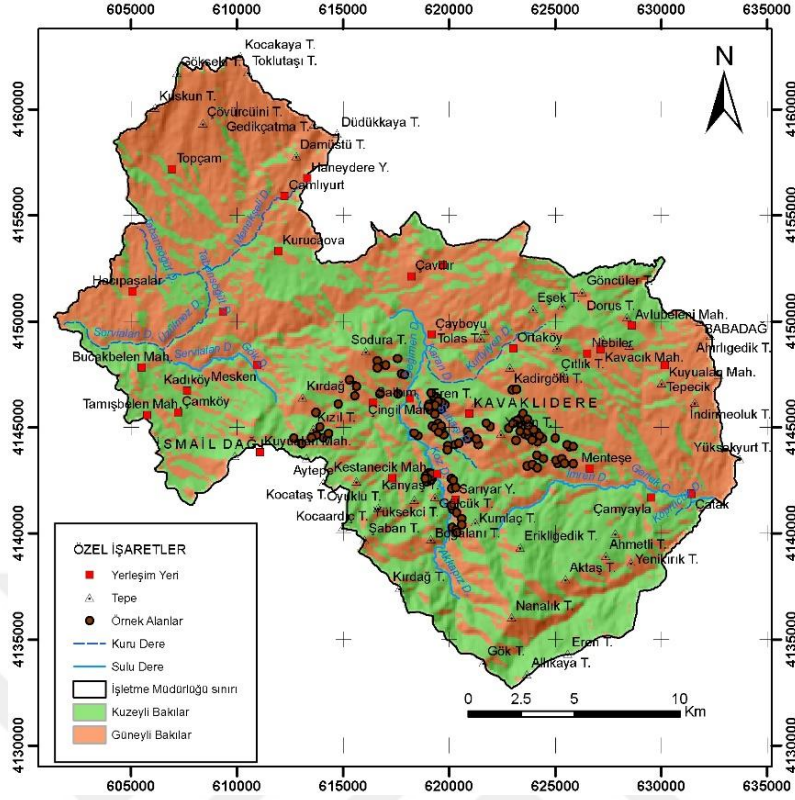
Çalışmanın hazırlık aşamasında, araştırma alanına ait meşcere haritası (1/25.000), topoğrafik harita (1/25.000) ve sayısal yükselti modeli karşılaştırılarak oluşturulan yeni harita üzerine çalışma alanında kriterlere uygun 3935 hektar alan belirlenmiş ve aktüel durumlarının doğruluğu için ön etütleri yapılmıştır. Araştırmanın arazi aşamasında kullanılacak malzeme ve teçhizatların temini gerçekleştirilmiştir.

2.3.1.1 Örnek Alanların Belirlenmesi

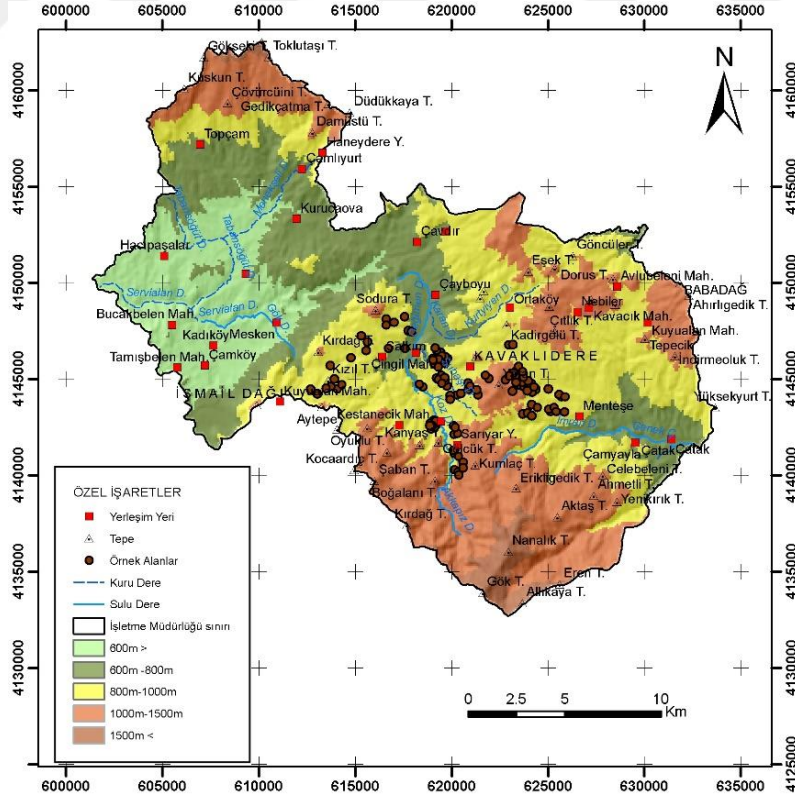
Araştırma, Kavaklıdere Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde bulunan tüm saf ve doğal *P. brutia* meşcerelerini kapsamaktadır. Araştırma ile ilgili veriler Amenajman Planları veri tabanından taranmış olup, çalışma saf kızılçam (Çz) meşcereleri belirlenmiştir. Deneme alanları yaklaşık 600-1000 m yükselti kuşağında, gölgeli ve güneşli bakılarda, üç farklı bonitet sınıfına homojen dağılacak şekilde, iki farklı kapalılığa (2 ve 3 kapalı) sahip, c ve d meşcere gelişim çağlarındaki saf kızılçam meşcerelerinden 112 örnek alan belirlenmiştir. Araştırma alanı içerisinde Tablo 3’de örnek alan sayılarının saf kızılçam meşcerelerine dağılımı gösterilmiştir. Ayrıca, bu aşamada, 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işaretlenerek numaralanmış olan her bir örnek alana ait koordinatlar belirlenmiştir. Araştırma alanın bakı grupları haritası Şekil 10’da ve yükselti kuşağı haritası Şekil 11’de sunulmuştur.

Tablo 3. Deneme sahalarının meşcere tipi, bakı ve bonitet sınıflarına göre dağılımı

Bonitet Sınıfı	Kuzeyli Bakı				Güneyli Bakı				
	Meşcere Tipi				Meşcere Tipi				
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	Toplam
I	5	5	5	5	5	5	5	5	40
II	5	5	5	4	5	5	6	5	40
III	5	5	3	3	5	5	3	3	32
600-1000 m yükselti kuşağında					Genel Toplam				112



Şekil 10. Araştırma alanının bakı grupları haritası



Şekil 11. Araştırma alanının yükselti kuşağı haritası

2.3.2 Arazi Yöntemleri

Arazi çalışmalarına Mayıs 2022 yılında başlanmıştır. Örnek alanların konum etmenleri belirlenerek ağaçların çap ve boy verileri not edilmiştir. İlgili bilgilerin toplanması ile toprak, kök ve ölü örtü örnekleri alınarak Mayıs 2023'te tamamlanmıştır.

2.3.2.1 Örnek Alanlarda Yapılan Ölçümler

"Örnek Alanların Belirlenmesi" alt başlığı kapsamında detaylı olarak açıklanan kriterlere uygun şekilde seçilen herbir örnek alan için, yerel konum özellikleri (arazi şekli, bakı, eğim derecesi, yükselti ve çevresel komşuluk) belirlenmiştir. 3 kapalı meşcerelerde 400 m², 2 kapalı meşcerelerde 600 m² olacak şekilde sınırları belirlenen deneme alanlarındaki tüm ağaçların göğüs çapları ($d_{1,3}$) ve meşcereyi temsil eden üst boya ulaşmış olan ağaçlarda hektarda 100 ağaç yöntemine göre 400 m² 'de 4 ve 600 m² 'de 6 ağacın boyları ve yaşları ölçülmüştür. Örnek alanlara ilişkin koordinatlar, ağaçların çap ve boyları belirlenerek envanter karnelerine kaydedilmiştir (Kantarıcı, 2005).

2.3.2.2 Toprak Örneklerinin Alınması

Araştırma alanında farklı bakı (kuzeyli ve güneyli), kapalılık (2-3), meşcere gelişim çağı (c-d) ve bonitet sınıfından (I-II-III) seçilen her bir örnek alandan üçer adet 0,70 x 1,20 (1,50) m boyutlarında toprak çukuru açılmıştır (Kantarıcı, 2000). Toprak çukurunun derinliği anakaya derinliğine bağlı olarak değişmektedir. Anakayanın derin olduğu alanlarda, kazı derinliği genellikle 1,20-1,30 m ile sınırlandırılmıştır. Anakaya 1,20-1,30 m'den daha derinde ise, toprak çukuru yalnızca anakayaya kadar kazılmıştır (Türüdü, 2004).

Toprak örnekleme, farklı derinlik kademelerine göre (0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm ve 80-120 cm) alınmıştır. Ayrıca, mutlak toprak derinliği, fizyolojik toprak derinliği ve profil kazı derinliğide not edilmiştir. Toprak örnekleme, her biri ortalama 1 kg ağırlığında hem torbahemde hacim örneği şeklinde ayrı ayrı alınmıştır (Kantarıcı, 2005) (Şekil 12). Hacim örneklerinin alınmasında ise 500 cm³ kapasiteli silindirler kullanılmıştır. Araştırma alanından toplam 72 toprak çukuru açılmış ve açılan çukurlardan toplam 280 adet bozulmuş (torba), 280 adet bozulmamış (hacim) toprak örneği alınmış ve

laboratuvara getirilmiştir. Taş yoğunluğunun ya da iskelet miktarının fazla olduğu yerlerden hacim örneği alınamamıştır.



Şekil 12. Toprak çukuru açılması ve hacim örneklemesinden görünüm



Şekil 13. Çalışma sahasında açılan çukurlarından kesitler

2.3.2.3 İnce ve Kılcal Kök Öneklerinin Alınması

İnce ($\varnothing = 2-5$ mm) ve kılcal ($2 \text{ mm} < \varnothing$) kök kütlesinin hesaplanması amacıyla her bir örnek alandan dört adet kök örneği alınmıştır (112×4 tekrar = 448 adet kök örneği) (Şekil 14). Kök örnekleme 6,4 cm çapında ve 30 cm uzunluğunda çelik silindir boru kullanılarak yapılmıştır. Araştırmalar, 0-30 cm derinlik kademesinin var olan kök

miktarının %70-85'ini temsil ettiğini göstermektedir (Eissenstat ve Yanai, 1997; Tüfekçioğlu ve ark., 2002).



Şekil 14. Kök örneklemesinden görünüm

2.3.2.4 Kalın Kök Örneklemesinin Yapılması

Bu amaçla kapalılık, çağ sınıfı ve bonitet sınıflarına göre saf kızılçam meşcerelerinin her birinden birer adet (2 farklı bakı x 2 farklı kapalılık x 2 meşcere tipi x 3 farklı bonitet sınıfından), toplamda 24 kök çukuru bir köşesi ağaca yakın olacak şekilde 1x2 m genişliğinde toprak çukuru kazılarak çapı >5 mm' den kalın kökler elde edilmiştir (Şekil 15). Kazma işlemi 0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm, 90-120 cm derinlik kademesinde yapılarak, kök kütlesindeki değişim belirlenmiştir. Çıkarılan kökler arazide yaş halde tartılıp kaydedilmiştir. Fırın kurusu ağırlıkların saptanması için belirli bir miktar numune alınarak laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 15. Kök çukuru örneklemesinden görünüm

2.3.2.5 Ölü Örtü Örneklerinin Alınması

Ölü örtü miktarı ile ölü örtüde depolanan karbon ve azot miktarlarını belirlemek amacıyla, örnek alan içerisinde 25 x 25 cm boyutunda örnekleme çerçeveleri kullanılarak dört farklı noktadan örnekler alınmıştır (Şekil 16). Meşcerelerde ölü örtü tabakalarının ayrımının güçlüğü ve doğal yapılarının bozulma riski nedeniyle, yaprak, çürüntü ve humus tabakaları ayrılmadan, karışık halde toplam 448 adet örnek toplanmıştır. Örnekleme sırasında, mineral üst toprak horizonu (Ah) ile ölü örtü katmanının karışmamasına özen gösterilmiştir.



Şekil 16. Ölü örtü örneklemesinden görünüm

2.3.3 Laboratuvar Yöntemleri

Araştırmanın bu aşamasında araziden getirilen örneklerde yapılan çalışmalar farklı alt başlıklar halinde ifade edilmeye çalışılmıştır.

2.3.3.1 Toprak Analizleri

2.3.3.1.1 Örneklerin Analize Hazırlanması

Araziye ait toprak örnekleri, laboratuvarda önce kurutma kağıtları üzerine yayılarak tamamen hava kurusu olana dek kurutulmuştur. Kuruma işlemi tamamlanan toprak örnekleri, öğütülüp 2 mm lik elekten geçirilerek analiz için polietilen torbalara aktarılmıştır (Karaöz, 1989) (Şekil 17).



Şekil 17. Toprak nimunelerinin hava kurusu haline getirilmesi ile analize hazırlanması için öğütülerek elekten geçirilmesi

2.3.3.1.2 Toprak Tekstürü

Analize hazırlanan toprak örneklerinde kum, toz ve kil miktarları, Bouyoucos'un hidrometre yöntemi kullanılarak yüzde (%) cinsinden belirlenmiştir (Bouyoucos, 1962; Irmak, 1954; Gülçur, 1974) (Şekil 18). Elde edilen tane boyutu yüzdeleri, toprak tekstürünü sınıflandırmak amacıyla uluslararası kabul görmüş tekstür üçgeni üzerinde işaretlenerek toprak türü tespit edilmiştir (Karaöz, 1989).



Şekil 18. Toprak tane boyutlarının belirlenmesi

2.3.3.1.3 Higroskopik Nem

Toprak nem içeriğinin tespit edilmesi amacıyla, elenen ve analize hazır hale getirilmiş toprakların ince fraksiyonundan belirli bir miktar alınarak, darası önceden bilinen cam kroze ile birlikte hava kurusu halde tartılmıştır. Daha sonra tartılan örnekler etüvde 105°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra tekrar tartılmıştır. İki tartım

arasındaki fark, fırın kurusu ağırlığa (mutlak kuru ağırlık) oranlanarak higroskopik nem yüzdesi hesaplanmıştır (Gülçur, 1974).

2.3.3.1.4 Toprak Nem Sabit

Tarla kapasitesi, sızıntı suyunun topraktan ayrılmasından sonra kapiler gözeneklerde tutulan suya eşdeğer nem miktarını ifade eder. Bu nem düzeyi, toprakta yaklaşık 2.5 pF (0.33 atm) basınç ile tutulan suya karşılık gelir. Bitki kökleri ise maksimum 4.2 pF (15 atm) düzeyine kadar bir emme gücü uygulayarak toprak suyundan faydalanabilir. Bu sınırın üzerindeki nem, bitkiler tarafından alınamaz ve bu durumdaki toprak nemi “solma noktası” ya da “pörsüme sınırı” olarak adlandırılır (Kantarıcı, 2000).

Toprakların nem sabitlerinden olan tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri, Soil Moisture Equipment Corp. tarafından geliştirilen seramik levhalı basınç cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Bu amaçla, 2 mm’lik elekten elenmiş topraklar seramik levhalar üzerine yerleştirilen lastik halkalara konulmuş ve saf su eklenerek doyurulmuştur. Serbest drenaj tamamlandıktan sonra örneklerin olduğu levhalar basınç tenceresine yerleştirilmiş ve tarla kapasitesi ölçümü için 0,33 atm, solma noktası ölçülmesi için ise 15 atm’lik basınç uygulaması yapılmıştır. Su çıkışı durduğunda basınç uygulamasına son verilmiştir.

Basınç kaplarından alınan örnekler hızla tartılmış ve ardından 105 °C’de 24 saat süreyle etüvde kurutulmuştur. Kurutma sonrasında kaybedilen nem, mutlak kuru toprak kütesine oranlanarak, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri % cinsinden hesaplanmıştır. Faydalanabilir su kapasitesi ise, aynı örnekler için belirlenen tarla kapasitesi değerinden solma noktası değerinin çıkarılmasıyla yine % cinsinden belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Özyuvacı, 1971).

2.3.3.1.5 Toprak Reaksiyonu

Toprakların pH (reaksiyon) değerleri, Orion 5 Star marka pH ölçüm cihazı kullanılarak cam elektrot metoduna göre ölçülmüştür. Aktüel asitlik ölçümleri için toprak örnekleri, 1/2,5 oranı kullanılıp toprak saf su karışımı yapılarak bir gece bekletilmiş; ardından süspansiyon halindeki karışımdan pH ölçümü yapılmıştır (Gülçur, 1974).

2.3.3.1.6 Elektiriksel İletkenlik

Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, Orion 5 Star marka dijital cihaz kullanılarak kondüktivite ölçümü ile belirlenmiştir. Ölçüm için toprak örnekleri, 1/2,5 oranı toprak saf su karışımı ile doygunluk karışımı hazırlanmış ve 24 saat süreyle bekletilmiştir. Ölçümden 3–5 dakika önce karışım tekrar homojenize edilerek, EC değeri dijital iletkenlik ölçer yardımıyla tespit edilmiştir (Gülçur, 1974; Eruz, 1979).

2.3.3.1.7 Hacim Ağırlığı

Hava kurusu hale getirilen hacim örnekleri tartılarak hava kurusu hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra bu toprak örnekleri uygun şekilde öğütülerek 2 mm’lik elekten geçirilmiş; elek altından geçen ince fraksiyon (<2 mm), elek üzerinde kalan iskelet materyali ve kökler birbirinden ayrılarak ayrı ayrı tartılmıştır. Hava kurusu hacim ağırlığından iskelet materyal ve kök ağırlıkları çıkarılarak yalnızca ince toprak fraksiyonunun ağırlığı hesaplanmıştır (Şekil 19). Ayrıca, daha önce belirlenen higroskopik nem oranları kullanılarak fırın kurusu toprak ağırlıkları hesaplanmıştır. Elde edilen fırın kurusu ağırlığın silindirin hacmine oranlanmasıyla, toprakların mutlak kuru hacim ağırlıkları “g/cm³” biriminde belirlenmiştir (Irmak, 1954).



Şekil 19. Hacim örneklerinde kaba ve ince kısmın belirlenmesi

2.3.3.1.8 Toplam Organik Karbon ve Azot

Toprak örneklerinin organik karbon ve azot içeriklerini belirlemek amacıyla, 0,5 mm’lik elekten geçirilerek elde edilen toprak numunelerinde Macro-cube CHNS elementel analiz cihazıyla ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Ayrıca, topraklardaki toplam karbon ve toplam azot stoklarını belirlemek amacıyla, analiz sonuçlarına ait hacim ağırlığı ve dönüşüm katsayıları kullanılarak hektar başına düşen miktarlar hesaplanmıştır.

2.3.3.1.9 Toplam Kireç Miktarı

Toprak örneklerinin kireç (CaCO_3) içerikleri Scheibler kalsimetresi metoduyla belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Gülçur, 1974).

2.3.3.2 İnce ve Kılcal Köklerde Depolanan Karbon ve Azot

Çalışma alanından alınan kök örnekleri, plastik kovalarda laboratuvara taşınmış ve köklerin topraktan ayrılmasını kolaylaştırmak amacıyla bir gün süreyle suda bekletilmiştir. Ardından örnekler leğenlerde yıkanarak, 0,2 mm göz açıklığına sahip elek üzerinden süzülme suretiyle kök materyali topraktan tamamen arındırılmıştır (Şekil 20). Elde edilen kök örnekleri gerekli dönüşüm katsayıları kullanılarak hektar başına düşen ince ve kılcal kök kütlesi cinsinden hesaplanmıştır. Kurutma işleminin ardından tartılan kök örnekleri, 0,5 mm'lik elekten geçinceye kadar bitki öğütme değirmeninde öğütülme işlemine tabi tutulmuştur. Öğütülen örneklerdeki karbon ve azot içerikleri, elementel analiz cihazı kullanılarak kuru yakma yöntemi ile belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda, kök biyokütlesine karşılık gelen toplam karbon ve azot miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 200. Kök örneklerinin yıkanması ve öğütme işlemi

2.3.3.3 Kalın Köklerinde Depolanan Karbon ve Azot

Kapalılık, bonitet ve çağ sınıfına göre saf kıvılcıçam meşcerelerinde açılan 24 adet toprak çukurlarından derinlik kademesine (0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm, 90-120 cm) göre, fırın kurusu ağırlıkların belirlenmesi amacıyla, kök örneklerinden uygun miktarda

alınarak 70 °C sıcaklıkta, 48 saat süreyle kurutma fırınlarında bekletilmiştir. Kurutma işlemi sonrasında örnekler, 0,001 g hassasiyetinde dijital terazi ile tartılmıştır. Elde edilen veriler, gerekli dönüşüm katsayıları kullanılarak değerlendirilmiş ve bu doğrultuda hektar bazında kalın kök kütlesi hesaplanmıştır. Kurutulan örnekler 0,5 mm'lik elekten geçinceye kadar bitki öğütme değirmeninde öğütölme işlemine tabi tutulmuştur. Öğütölün örneklerden Karbon ve azot içerikleri elementel analiz cihazından kuru yakma yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.

2.3.3.4 Ölü Örtüde Depolanan Karbon ve Azot

Araziden getirilen ölü örtü örnekleri, laboratuvar ortamında önce hava kurusu hale getirilmiş, ardından 65 ± 3 °C sıcaklıkta 48 saat boyunca kurutma fırınında bekletilerek sabit (değişmez) ağırlığa ulaşmaları sağlanmıştır. Kurutma işlemi sonrasında, örneklerin fırın kurusu ağırlıkları, 0,01 g hassasiyetinde analitik terazi ile tartılarak belirlenmiştir. Belirlenen fırın kurusu ağırlıklarından yararlanarak çeşitli dönüşümlerle hektardaki ölü örtü biyokütlesi bulunmuştur. Ayrıca ölü örtü örneklerinin pH, karbon ve azot miktarının bulunması için öğütme değirmeninde öğütölerek toz haline getirilen örnekler 0,5 mm'lik eleklerden geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 21). Karbon ve azot içerikleri elementel analiz cihazından kuru yakma yöntemine göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 211. Ölü örtü örneklerinin öğütölmesi ve öğütölün örneklerin numaralandırılması

2.3.4 Değerlendirme (Büro) Çalışmaları

2.3.4.1 Bonitetlerin Belirlenmesi

Örnek alanların verimliliğinin belirlenmesinde yaş-boy ilişkisine dayalı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem ile ağaçların belirli bir standart yaştaki üst boyu, yetiştirme ortamının verimlilik düzeyini ifade eden bir ölçüt olarak kabul edilmektedir (Kalpsız, 1998). Araştırmada, örnek alanların bonitet sınıflarının belirlenmesi amacıyla, *P. brutia* Ten. türü için Alemdağ (1962) tarafından geliştirilmiş olan hasılat tablosundan yararlanılmıştır.

2.3.4.2 İstatistik Yöntemleri

Yapılan çalışmalar sonrası toprak, ölü örtü ve kök özelliklerine ilişkin değişkenler üzerinde, bonitet sınıfı, meşcere gelişim çağı ve bakı gibi faktörlerin etkisini belirlemek için ANOVA analizi ve bağımsız *t* testi uygulanmıştır. Anlamlı ilişki görülenlerde, Tukey testi uygulanarak gruplar belirlenmiştir. Ayrıca değişkenler arasında ilişkileri belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Tüm istatistiksel analizler SPSS paket programı ile gerçekleştirilmiş olup elde edilen veriler tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

3 BULGULAR

Araştırma alanında bonitet, bakı ve meşcere tipi farklılıklarına göre elde edilen servet ve kök, ölü örtü ve toprak C ve N stoku değerlerine ait, hem laboratuvar ve hem de istatistiki analizler sonucunda elde edilen bulgular, aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

3.1 Ağaç Serveti Miktarlarına İlişkin Bulgular

3.1.1 Bonitet Sınıfına Göre Ağaç Serveti Miktarı

Tablo 4 incelendiğinde; I., II. ve III. bonitet sınıfındaki meşcerelerin ortalama ağaç servet miktarları sırasıyla, 236,1 m³/ha, 209,6 m³/ha ve 217,1 m³/ha olduğu görülmektedir. Bonitet sınıflarına göre ortalama ağaç serveti miktarları (m³/ha) arasında kısmen farklılık olup, I. bonitette diğer bonitetlere oranla yaklaşık %20 daha fazla bulunmuştur. Yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre ağaç servet miktarının bonitet sınıflarına göre 0,05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir. *P* değeri 0,05 veya daha küçük çıkması bu sonucun istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ifade eder. Yani bu farklılık rastgele olma olasılığı çok düşüktür. 0,05'ten büyükse istatistik olarak anlamlı olmadığını gösterir.

Tablo 4. Bonitet sınıfına göre ortalama ağaç servet miktarları

Ağaç Serveti (m ³ /ha)	Bonitet Sınıfı			Önem Düzeyi (<i>P</i>)
	I	II	III	
	236,1a	209,6a	217,1a	0,630
Min.- Max. Değerler (m ³ /ha)	78,0-643,8	74,4-580,0	57,1-499,0	
n	40	40	32	

3.1.2 Meşcere Tipine Göre Ağaç Serveti Miktarı

Çalışma alanında belirlenen numune sahalarındaki ölçüm ve değerlendirmelere göre hektardaki ortalama ağaç servetinin meşcere tiplerine göre değişiminde anlamlı farklılıklar gösterdiği yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir ($p<0,001$). Ortalama ağaç serveti miktarlarına (m³/ha) göre küçükten büyüğe doğru sırasıyla Çzc2 meşceresinde 111,2 m³/ha, Çzc3 meşceresinde 157,3 m³/ha Çzd2 meşceresinde 285,2 m³/ha Çzd3 meşceresinde 360,9 m³/ha bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. Meşcere tipine göre ortalama servet miktarları

Ağaç Serveti (m ³ /ha)	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
	111,2	157,3	285,2	360,9	0,000
Min.- Max. Değerler (m ³ /ha)	57,1-168,7	123,5-211,0	96,3-643,8	222,5-580,0	
n	30	30	27	25	

3.1.3 Bakı Gruplarına Göre Ağaç Serveti Miktarı

Bakı farklılığı bakımından, ortalama servet miktarları sırasıyla, güneşli bakılarda 234,14 m³/ha, gölgeli bakılarda ise 207,81 m³/ha olarak bulunmuştur (Tablo 6). Ortalama ağaç serveti miktarlarının bakı faktörüne bağlı değişiminde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 6. Bakı farklılığına göre ortalama servet miktarları

Ağaç Serveti (m ³ /ha)	Bakı		Önem Düzeyi (P)
	Güneşli	Gölgeli	
	234,14a	207,81a	0,270
Min.- Max. Değerler (m ³ /ha)	78,0-643,8	57,1-549,4	
n	57	55	

3.2 Kök Miktarlarına İlişkin Bulgular

3.2.1 Bonitet Sınıfına Göre Kök Miktarı ve Karbon Depolama

Deneme alanlarındaki bonitet sınıfına göre ortalama kılcal kök miktarı (0-2 mm) verileri incelendiğinde sırasıyla; I. bonitet sınıfında 8,73 ton/ha, II. bonitet sınıfında 8,26 ton/ha, III. bonitet sınıfında 8,07 ton/ha olarak bulunmuştur. Kılcal kökteki karbon stok miktarını incelediğimizde, en fazla I. bonitet sınıfında (2,74 ton/ha) en düşük ise II. bonitet sınıfında (2,29 ton/ha) olarak belirlenmiştir (Tablo 7). $P<0,05$ önem düzeyindeki istatistiki analize göre; bonitet sınıfına göre ortalama kılcal kök miktarı (ton/ha) arasında anlamlı bir farklılık bulunmamışken, kılcal kök karbon (%) ve kılcal kök karbon miktarı değerleri ile anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 7. Bonitet sınıfına göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

Kılcal Kök Özelliği	Bonitet Sınıfı			Önem Düzeyi (P)
	I	II	III	
Kök Miktarı (ton/ha)	8,73a	8,26a	8,07a	0,382
Kök Karbon Yüzdesi	31,52b	27,64a	30,67b	0,000
Karbon Miktarı (ton/ha)	2,74b	2,29a	2,50a	0,018

Çalışma sonucunda elde edilen farklı bonitetlerdeki ince kökteki (2-5 mm) ortalama ağırlık (ton/ha) ve karbon stok miktarını incelediğimizde sırasıyla, I. bonitet sınıfında 1,50 ton/ha ve 0,51 ton/ha, II. bonitet sınıfında 1,60 ton/ha ve 0,48 ton/ha, III. bonitet sınıfında ise 1,4 ton/ha ve 0,48 ton/ha olarak bulunmuştur (Tablo 8). İstatistiksel bakımdan farklı bonitetlerde ortalama ince kök karbon (%) değerleri ile anlamlı farklılık bulunmuşken, kılcal kök miktarı (ton/ha) ve kılcal kök karbon miktarı (ton/ha) değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P<0,05$)

Tablo 8. Bonitet sınıfına göre ince kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

İnce Kök Özelliği	Bonitet Sınıfı			Önem Düzeyi (P)
	I	II	III	
Kök Miktarı (ton/ha)	1,50a	1,60a	1,40a	0,779
Kök Karbon Yüzdesi	34,30b	30,80a	33,33b	0,000
Karbon Miktarı (ton/ha)	0,51a	0,48a	0,48aa	0,827

Kalın kök değerleri derinlik esasına göre sınıflandırma yapılarak ona göre değerlendirilmiştir. Ortalama veriler Tablo 9’ da verilmiştir. Buna göre kalın kök miktarı en yüksek 30-60 cm toprak derinliğinde 8,01 ton ile I. bonitet sınıfında tespit edilirken, en düşük değer ise yine I. bonitet sınıfında 0-15 cm derinlik kademesinde 0,33 ton olarak belirlenmiştir. 0-90 cm derinlik kademeleri olarak değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 12,01 ton ile I. bonitet sınıfında, en düşük değer ise 4,33 ton ile II. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. Kalın kök verileri derinlik esasına göre istatistik olarak değerlendirildiğinde bonitet sınıfı farklılığının sadece 0-15 cm derinlik kademesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermektedir ($P<0,05$).

Tablo 9. Bonitet sınıfına göre kalın kökteki ortalama ağırlık değerlerinin derinlik kademelerine göre değişimi (n=448)

Toprak Derinlik Kademesi	Kalın Kök miktarı (ton/ha)			Önem Düzeyi (P)
	Bonitet Sınıfı			
	I	II	III	
0-15 cm	0,33a	0,51a	1,79b	0,002
15-30 cm	1,87a	1,43a	3,01a	0,475
30-60 cm	8,01a	1,81a	3,96a	0,082
60-90 cm	2,09a	0,58a	2,06a	0,582
0-90 cm	12,01a	4,33a	9,55a	0,233

Kalın kök değerlerinde depo edilen karbon değerleri de derinlik esasına göre sınıflandırma yapılarak ona göre değerlendirilmiştir. Ortalama veriler Tablo 10’ da verilmiştir. Buna göre kalın kökte depo edilen karbon miktarı en yüksek 30-60 cm toprak derinliğinde 2,90 ton ile I. bonitette tespit edilirken, en düşük değer ise yine I. bonitet sınıfında 0-15 cm derinlik kademesinde 0,13 ton olarak belirlenmiştir. 0-90 cm derinlik kademeleri olarak değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 4,35 ton ile I. bonitet sınıfında, en düşük değer ise 1,30 ton ile II. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. Kalın kök verileri derinlik esasına göre istatistik olarak değerlendirildiğinde bonitet sınıfı farklılığının sadece 0-15 cm derinlik kademesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermektedir ($P<0,05$).

Tablo 10. Bonitet sınıfına göre kalın kökteki ortalama karbon değerlerinin derinlik kademelerine göre değişimi (n=96)

Toprak Derinlik Kademesi	Kalın Kök Karbon değeri (ton/ha)			Önem Düzeyi (P)
	Bonitet			
	I	II	III	
0-15 cm	0,13a	0,16a	0,70b	0,002
15-30 cm	0,66a	0,44a	1,19a	0,364
30-60 cm	2,90a	0,57a	1,26a	0,061
60-90 cm	0,66a	0,16a	0,84a	0,584
0-90 cm	4,35a	1,30a	3,68a	0,190

3.2.2 Bonitet Sınıfına Göre Kök Miktarı ve Azot Depolama

Kılcal kök miktarı, kılcal kökteki azot yüzde değeri ve kılcal kökteki depolanan azot miktarının ağırlık cinsinden değeri Tablo 11’de verilmiştir. Kılcal kökteki azot stok miktarını incelediğimizde, en fazla I. bonitet sınıfında (61,33kg/ha) en düşük ise III. bonitet sınıfında (56,94 kg/ha) olarak belirlenmiştir (Tablo 11). Bonitet sınıfı farklılığına

göre ortalama kılcal kök azot (%) ve kılcal kök azot depolama miktarı değerleri ile anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Tablo 11. Bonitet sınıfına göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

Kılcal Kök Özelliği	Bonitet Sınıfı			Önem Düzeyi (P)
	I	II	III	
Kök Miktarı (ton/ha)	8,73a	8,26a	8,07a	0,382
Kök Azot Yüzdesi	0,71a	0,74a	0,71a	0,453
Azot Miktarı (kg/ha)	61,33a	60,69a	56,94a	0,500

Ortalama ince kök miktarı, ince kökteki azot yüzde değeri ve ince kökteki depolanan azot miktarının ağırlık cinsinden değeri Tablo 12’de verilmiştir. İnce kökteki azot stok miktarını incelediğimizde, en fazla II. bonitet sınıfında (4,79 kg/ha) en düşük ise III. bonitet sınıfında (4,56 kg/ha) olarak belirlenmiştir (Tablo 12). Bonitet sınıfı farklılığına göre ortalama ince kök azot (%) ve ince kök azot depolama miktarı değerleri ile anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Tablo 12. Bonitet sınıfına göre ince kökteki ortalama ağırlık, azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

İnce Kök Özelliği	Bonitet			Önem Düzeyi (P)
	I	II	III	
Kök Miktarı (ton/ha)	1,50a	1,60a	1,40a	0,779
Kök Azot Yüzdesi	0,31a	0,30a	0,32a	0,653
Azot Miktarı (kg/ha)	4,63a	4,79a	4,56a	0,952

Kalın kök değerlerinde depo edilen azot değerleri de derinlik esasına göre sınıflandırma yapılarak ona göre değerlendirilmiştir. Ortalama veriler Tablo 13’te verilmiştir. Buna göre kalın kökte depo edilen azot miktarı en yüksek 30-60 cm toprak derinliğinde 17,47 kg/ha ile I. bonitet sınıfında tespit edilirken, en düşük değer ise yine I. bonitet sınıfında 0-15 cm derinlik kademesinde 0,67 kg/ha olarak tespit edilmiştir. 0-90 cm derinlik kademeleri olarak bonitet sınıfları arası farklılık değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 26,17 kg/ha ile I. bonitet sınıfında, en düşük değer ise 10,63 kg/ha ile II. bonitet sınıfında bulunmuştur. Kalın kökte depo edilen azot verileri derinlik esasına göre istatistik olarak değerlendirildiğinde bonitet sınıfı farklılığının sadece 0-15 cm derinlik kademesinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir ($P<0,05$).

Tablo 13. Bonitet sınıfına göre kalın kökteki ortalama azot değerlerinin derinlik kademelerine göre değişimi (n=96)

Derinlik	Kalın Kök Azot Değeri (kg/ha)			Önem Düzeyi (P)
	Bonitet			
	I	II	III	
0-15 cm	0,67a	1,36a	3,88b	0,002
15-30 cm	4,31a	3,66a	6,35a	0,520
30-60 cm	17,47a	4,52a	8,76a	0,110
60-90 cm	3,71a	1,25a	4,12a	0,584
0-90 cm	26,17a	10,63a	21,57a	0,226

3.2.3 Meşcere Tipine Göre Kök Miktarı ve Karbon Depolama

Araştırma alanının ortalama kılcal kökteki (0-2 mm) ortalama ağırlık (ton/ha), karbon ağırlık (ton/ha) ve karbon yüzde değerlerine (%) ilişkin istatistikler Tablo 14’de verilmiştir. Tablo 14 incelendiğinde; Çzc2, Çzc3, Çzd2, Çzd3 meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi sırasıyla, 8,2 ton/ha, 9,0 ton/ha, 7,7 ton/ha ve 8,6 ton/ha; kılcal kök karbon içerikleri (%); Çzc2 meşceresinde %29,8, Çzc3 meşceresinde %28,1, Çzd2 meşceresinde %30,5 ve Çzd3 meşceresinde %31,5 olduğu görülmektedir; Kılcal Kök Karbon Miktarı (ton/ha) ise sırasıyla, 2,4 ton/ha, 2,5 ton/ha, 2,4 ton/ha ve 2,8 ton/ha; toplam kök kütlesi ise sırasıyla, 22,85 t/ha, 19,21 t/ha ve 19,41 t/ha olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel bakımdan farklı meşcere tipine göre ortalama ince kök karbon (%) değerleri ile anlamlı farklılık bulunmuşken, kılcal kök miktarı (ton/ha) ve kılcal kök karbon miktarı (ton/ha) değerleri arasında kayda değer bir farklılık görülmemiştir ($P<0,05$).

Tablo 14. Meşcere tipine göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

Kılcal Kök Özelliği	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Kök Miktarı (ton/ha)	8,2a	9,0a	7,7a	8,6a	0,105
Kök Karbon Yüzdesi	29,8ab	28,1a	30,5ab	31,5b	0,011
Karbon Miktarı (ton/ha)	2,4a	2,5a	2,4a	2,8a	0,220

Çalışma sonucunda elde edilen farklı meşcere tiplerindeki (Çzc2, Çzc3, Çzd2, Çzd3) ince kökteki (2-5mm) ortalama ağırlık (ton/ha) ve karbon stok miktarını incelediğimizde en fazla, Çzc2 ve Çzd3 meşcerelerinde 1,6 ton/ha ve 0,5 ton/ha, en az ise 1,4 ton/ha ve 0,4 ton/ha ile Çzc3 meşcerelerinde bulunmuştur. İnce kökteki karbon stok miktarı (%) ise Çzc2 meşceresinde %32,9; Çzc3 meşceresinde %31,5; Çzd2 meşceresinde %32,6 ve

Çzd3 meşceresinde %34,4 bulunmuştur (Tablo 15). İstatistiksel bakımdan farklı meşcerelerdeki ortalama ince kök miktarı (ton/ha) ve ince kök karbon miktarı (ton/ha) değerleri arasında kayda değer bir farklılık görülmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 15. Meşcere tipine göre ince kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

İnce Kök Özelliği	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Kök Miktarı (ton/ha)	1,6a	1,4a	1,4a	1,6a	0,578
Kök Karbon Yüzdesi	32,9ab	31,5a	32,6ab	34,4b	0,048
Karbon Miktarı (ton/ha)	0,54a	0,43a	0,46a	0,49a	0,395

Kalın kök değerlerinin meşcere tiplerine bakımından değerlendirilmesi derinlik esasına göre sınıflandırma yapılarak ona göre değerlendirilmiştir. Ortalama veriler Tablo 16 da verilmiştir. Buna göre kalın kök miktarı en yüksek 30-60 cm toprak derinliğinde 7,77 ton ile Çzd3 meşceresinde tespit edilirken, en düşük değer ise 0,04 ton ile Çzc2 meşceresinde 60-90 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir. 0-90 cm derinlik kademeleri olarak değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 16,43 ton ile Çzd3 meşceresinde en düşük değer ise 2,71 ton ile Çzc2 meşceresinde belirlenmiştir. Kalın kök verileri derinlik esasına göre istatistik olarak değerlendirildiğinde Meşcere tipi farklılığı 30-60 cm ve 0-90 cm derinlik kademelerinde istatistiksel olarak kayda değer seviyede farklılık görülmektedir ($P<0,05$). Karbon değerleri açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek depolanan karbon değeri, 2,80 ton ile Çzd3 meşceresinde en düşük değer ise, 60-90 cm derinlik kademesinde 0,01 ton olarak hesaplanmıştır. 0-90 cm derinlik kademesindeki depolama değerlerine bakıldığında ise en yüksek değer yine Çzd3 meşceresinde, en düşük değer ise Çzc2 meşceresinde tespit edilmiştir. Karbon depolama bakımından meşcere tipleri arasında, 60-90 cm ile 0-90 cm derinlik kademelerinde depo edilen karbon değerleri bakımından önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 16. Meşcere tipine göre kalın kökteki derinlik kademelerine ait ortalama kalın kök ve karbon değerleri (n=96)

	Derinlik					Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Kalın Kök Miktarı (ton/ha)	0-15 cm	1,03a	0,62a	0,57a	1,30a	0,547
	15-30 cm	0,92	1,62a	2,12a	3,76a	0,288
	30-60 cm	0,72a	1,74a	7,48b	7,77b	0,037
	60-90 cm	0,04a	0,51a	0,83a	3,60a	0,109
	0-90 cm	2,71a	4,40ab	10,87ab	16,43b	0,022
Karbon Miktarı (ton/ha)	0-15 cm	0,34a	0,23a	0,22a	0,51a	0,588
	15-30 cm	0,30a	0,58a	0,72a	1,46a	0,292
	30-60 cm	0,24a	0,57a	2,70b	2,80b	0,036
	60-90 cm	0,01a	0,18a	0,32a	1,35a	0,105
	0-90 cm	0,89a	1,53ab	3,91ab	6,11b	0,026

3.2.4 Meşcere Tipine Göre Kök Miktarı ve Azot Depolama

Araştırma alanının ortalama kılcal kökteki azot ağırlık (kg/ha) ve azot yüzde değerlerine (%) ilişkin istatistikler Tablo 17’de verilmiştir. Tablo 17 incelendiğinde; kılcal kök azot içerikleri (%); Çzc2 meşceresinde %0,72, Çzc3 meşceresinde %0,70, Çzd2 meşceresinde % 0,74 ve Çzd3 meşceresinde %0,72 olduğu görülmektedir; kılcal kök azot miktarı (kg/ha) ise sırasıyla, 58,6 kg/ha, 62,2 kg/ha, 56,5kg/ha ve 62,2 kg/ha olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel bakımdan farklı meşcere tipine göre ortalama kılcal kök azot değeri ve kılcal kök azot ağırlık değerleri bakımından kayda değer farklılık görülmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 17. Meşcere tipine göre kılcal kökteki azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

Kılcal Kök Özelliği	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Kök Azot Yüzdesi	0,72a	0,70a	0,74a	0,72a	0,504
Kök Azot Miktarı (kg/ha)	58,6a	62,2a	56,5a	62,2a	0,507

Araştırma alanının ortalama ince kökteki azot ağırlık(kg/ha) ve azot yüzde değerlerine (%) ilişkin istatistikler Tablo 18’de verilmiştir. Tablo 18 incelendiğinde; ince kök azot içerikleri (%); Çzc2 meşceresinde %0,35, Çzc3 meşceresinde % 0,31, Çzd2 meşceresinde % 0,30 ve Çzd3 meşceresinde % 0,27 olduğu görülmektedir; ince kök azot miktarı (kg/ha) ise sırasıyla, 5,82kg/ha, 4,21 kg/ha, 4,23 kg/ha ve 4,30 kg/ha olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel bakımdan farklı meşcere tipine göre ortalama ince kök azot değeri bakımından

farklılık anlamlı çıkarken ($P<0,05$), ince kök azot ağırlık değerleri bakımından kayda değer farklılık tespit edilmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 18. Meşcere tipine göre ince kökteki azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

İnce Kök Özelliği	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Kök Azot Yüzdesi	0,35b	0,31ab	0,30a	0,27a	0,000
Kök Azot Miktarı (kg/ha)	5,82a	4,21a	4,23a	4,30a	0,165

Kalın kökte depolanan azot miktarlarının derinlik kademeleri ve meşcere tiplerine göre değişimi Tablo 19’da verilmiştir. Bu verilere göre, en yüksek depolanan azot değeri 30-60 cm derinlik kademesinde 18,20 kg ile Çzd2 meşceresinde, en düşük değer ise 60-90 cm derinlik kademesinde 0,12 kg ile Çzc2 meşceresinde hesaplanmıştır. 0-90 cm derinlik kademesindeki depolama değerlerine bakıldığında ise en yüksek değer Çzd3 meşceresinde, en düşük değer ise Çzc2 meşceresinde tespit edilmiştir. Azot depolama bakımından meşcere tipleri arasında, yalnızca 0-90 cm derinlik kademelerinde depo edilen azot değerleri bakımından önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir.

Tablo 19. Meşcere tipine göre kalın kökteki derinlik kademelerine ait kökteki ortalama azot ağırlık (kg/ha) değerleri (n=96)

Derinlik	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Czc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
0-15 cm	2,41a	1,34a	1,40a	2,73a	0,587
15-30 cm	2,33a	4,04a	5,51a	7,23a	0,343
30-60 cm	1,80a	4,71a	18,20b	16,29b	0,043
60-90 cm	0,12a	1,25a	1,88a	7,15a	0,112
0-90 cm	6,62a	11,13ab	26,69ab	33,40b	0,022

3.2.5 Bakı Gruplarına Göre Kök Miktarı ve Karbon Depolama

Bakı faktörüne göre kılcal kökteki ortalama ağırlık (ton/ha) ve karbon stok miktarını incelediğimizde sırasıyla, güneşli bakılarda 8,5 ton/ha ve 2,6 ton/ha bulunmuşken, gölgeli bakılarda ise 8,3 ton/ha ve 2,4 ton/ha olarak bulunmuştur (Tablo 20). $P<0,05$ önem düzeyindeki istatistiki analize göre; bakı durumu ile ortalama kılcal kök miktarı (ton/ha) ve kılcal kök karbon miktarı (ton/ha) değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamışken kılcal kök karbon (%) değerleri ile anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 20. Bakı gruplarına göre kılcal kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

Kılcal Kök Özelliği	Bakı		Önem Düzeyi (P)
	Güneşli	Gölgeli	
Kök Miktarı (ton/ha)	8,5a	8,3a	0,647
Kök Karbon Yüzdesi	30,7a	29,0b	0,023
Karbon Miktarı (ton/ha)	2,6a	2,4a	0,222

Tablo 21 incelendiğinde; güneşli bakılarda ince kök miktarı ortalama 1,6 ton/ha ağırlık ve 0,5 ton/ha karbon miktarı bulunmuşken, gölgeli bakılarda ise sırasıyla ortalama 1,4 ton/ha ve 0,4 ton/ha olarak bulunmuştur. İstatistiksel bakımdan kılcal kök karbon (%) değerleri ile bakı faktörü arasında farklılık anlamlı düzeyde tespit edilirken, ince kök miktarı (ton/ha) ve ince kök karbon miktarı (ton/ha) arasındaki farklılık önemsiz düzeydedir ($P<0,05$).

Tablo 21. Bakı gruplarına göre ince kökteki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

İnce Kök Özelliği	Bakı		Önem Düzeyi (P)
	Güneşli	Gölgeli	
Kök Miktarı (ton/ha)	1,6a	1,4a	0,347
Kök Karbon Yüzdesi	33,7a	31,8b	0,008
Karbon Miktarı (ton/ha)	0,5a	0,4a	0,140

Kalın kök miktarının ve karbon depolama miktarlarının derinlik kademesi ve bakıya göre değişimi Tablo 22’de verilmiştir. Bu verilere göre en yüksek kalın kök miktarı, 5,4 ton ile 30-60 cm derinlik kademesinde, en düşük değer ise 60-90 cm derinlik kademesinde ise 0,4 ton ile gölgeli bakıda tespit edilmiştir. 0-90 cm derinlik kademesindeki kalın kök değeri gölgeli bakıya nazaran güneşli bakıda daha yüksek bulunmuştur. Bütün derinlik kademelerinde bakıya göre kök değişimi istatistik bakımdan önemsiz çıktığı belirlenmiştir.

Kalın kökte tutulan karbon içerikleri değerlendirildiğinde aynı sıralı değişim kök miktarında olduğu gibi gerçekleşmiştir. En düşük kök depolama değeri 0,2 ton, en yüksek depolama değeri ise 2 ton olarak hesaplanmıştır. 0-90 cm derinlik kademesindeki depolanan kök miktarı güneşli bakıda gölgeli bakıya nazaran iki kat fazla çıkmıştır. Kökte depolanan karbon miktarları ile ilişkin değişim hiçbir derinlik kademesinde önemli düzeyde çıkmamıştır.

Tablo 22. Bakı gruplarına göre kalın kökteki ortalama ağırlık ve karbon ağırlık değerleri (n=96)

Kalın Kök Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Bakı		Önem Düzeyi(P)
		Güneşli	Gölgeli	
Kalın Kök Ağırlığı (ton/ha)	0-15 cm	0,9a	0,9a	0,897
	15-30 cm	2,9a	1,3a	0,148
	30-60 cm	5,4a	3,4a	0,403
	60-90 cm	2,4a	0,4a	0,093
	0-90 cm	11,2a	6,0a	0,170
Kalın Kök Karbon Miktarı (ton/ha)	0-15 cm	0,3a	0,3a	0,945
	15-30 cm	1,1a	0,5a	0,158
	30-60 cm	2,0a	1,2a	0,378
	60-90 cm	0,9a	0,2a	0,095
	0-90 cm	4,1a	2,1a	0,165

3.2.6 Bakı Gruplarına Göre Azot Depolama

Kalın kökte tutulan azot içerikleri değerlendirildiğinde en yüksek azot depolama değeri 10,90 kg ile 30-60 cm derinlik kademesinde güneşli bakıda, en düşük değer ise 0,96 kg ile 60-90 cm derinlik kademesinde gölgeli bakıda bulunmuştur. 0-90 cm derinlik kademesindeki depolanan kök miktarı güneşli bakıda gölgeli bakıya nazaran daha fazla çıkmıştır (23,20 kg ve 15,72). Kökte depolanan azot miktarları ile ilişkin değişim hiçbir derinlik kademesinde önemli düzeyde çıkmamıştır.

Tablo 23. Bakı gruplarına göre kalın kökte tutulan ortalama azot içerikleri (kg/ha) (n=96)

Toprak Derinlik Kademesi	Bakı		Önem Düzeyi (P)
	Güneşli	Gölgeli	
0-15 cm	1,88a	2,06a	0,838
15-30 cm	6,29a	3,26a	0,122
30-60 cm	10,90a	9,60a	0,806
60-90 cm	4,95a	0,96a	0,088
0-90 cm	23,20	15,72	0,328

3.3 Ölü Örtü Miktarlarına İlişkin Bulgular

3.3.1 Bonitet Sınıfına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Karbon depolama

Farklı bonitet sınıflarındaki saf kızılçam meşcerelerinde birim alandaki ölü örtü miktarı (ton/ha); I. bonitet sınıfında 45,9 ton/ha, II. bonitet sınıfında 40,9 ton/ha, III. bonitet

sınıfında 38,7 ton/ha olarak bulunmuştur. Her bir bonitet sınıfındaki ölü örtü miktarı iyi bonitet sınıfından (I. bonitet) kötü bonitet sınıfına (III. bonitet) doğru büyüktür. I., II. ve III. bonitet sınıfındaki meşcerelerde birim alandaki ölü örtüdeki karbon stok miktarı (ton/ha) sırasıyla, 12,8 ton/ha, 11,2 ton/ha ve 11,3 ton/ha olarak bulunmuştur. Ölü örtüdeki karbon içeriği (%) değerleri ise, I. bonitet sınıfında %27,9 iken II. bonitet sınıfında %27,4 ve III. bonitet sınıfında %29,3 olarak belirlenmiştir (Tablo 24). $P<0,05$ önem düzeyindeki istatistiki analize göre; bonitet farklılığına göre ortalama ölü örtü miktarı (ton/ha) ve ölü örtü karbon miktarı (ton/ha) değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamışken, ölü örtüdeki karbon içeriği (%) ile anlamlı farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 24. Bonitet gruplarına göre ölü örtüdeki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

Ölü Örtü Özelliği	Bonitet Sınıfı			Önem Düzeyi (P)
	I	II	III	
Miktarı (ton/ha)	45,9a	40,9a	38,7a	0,147
Karbon Yüzdesi	27,9a	27,4a	29,3b	0,030
Karbon Miktarı (ton/ha)	12,8a	11,2a	11,3a	0,240

3.3.2 Bonitet Sınıfına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Azot Depolama

Ölü örtüde depolanan azot miktarı ve ölü örtüdeki azot içeriklerinin % olarak değerleri Tablo 25'te verilmiştir. Bu verilere göre % olarak en yüksek azot içeriği 3. bonitetten çıkarken en düşüğü ise I. bonitet sınıfında çıkmıştır. Depo edilen azot içeriklerine bakıldığında ise en yüksek değer 0,36 ton ile I. bonitet sınıfında tespit edilirken, II. ve III. Bonitet sınıfındaki değerler birbirinin aynısı çıkmıştır. Azotun bonitet sınıfına göre değişimi hem % hem de ağırlık olarak anlamlı düzeyde değildir ($P>0,05$).

Tablo 25. Bonitete sınıfına göre ölü örtüdeki ortalama azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

Ölü Örtü Özelliği	Bonitet			Önem Düzeyi (P)
	I	II	III	
Azot Yüzdesi	0,77a	0,78a	0,81a	0,430
Azot Miktarı (ton/ha)	0,36a	0,32a	0,32a	0,460

3.3.3 Meşcere Tipine Göre Ölü Örtü Miktarı ve Karbon Depolama

Araştırma alanının ortalama ölü örtü miktarına (ton/ha) ilişkin veriler Tablo 26’da verilmiştir. Buna göre meşcere tipi değişimine bağlı ölü örtü miktarı ve ölü örtü karbon miktarı (ton/ha) büyükten küçüğe doğru Çzd3, Çzd2, Çzc3 ve Çzc2 şeklinde sıralanmıştır. Meşcere tipi farklılığına göre ölü örtü miktarı ve karbon içeriği (ton/ha) ortalama değerleri incelendiğinde Çzd3 meşceresinden Çzc2 meşceresine doğru azalma görülmüştür. Ölü örtüdeki karbon içeriği (%) değerleri ise, en fazla Çzd2 meşceresinde (%29,0), en az ise Çzd3 meşceresinde (%27,6) belirlenmiştir. Meşcere tipi farklılığına göre ölü örtü miktarı ve ölü örtü karbon içeriği (ton/ha) ortalama değerleri arasında istatistiksel bakımdan anlamlı farklılık tespit edilirken, ölü örtüdeki karbon içeriği (%) değerleri arasındaki farklılık önemsiz düzeydedir ($P<0,05$).

Tablo 26. Meşcere tipine göre ölü örtüdeki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

Ölü Örtü Özelliği	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Miktarı (ton/ha)	32,9a	38,3ab	46,8ab	52,2b	0,000
Karbon Yüzdesi	28,2a	27,8a	29,0a	27,6a	0,341
Karbon Miktarı (ton/ha)	9,3a	10,7a	13,6b	14,1b	0,000

3.3.4 Meşcere Tipi Durumuna Göre Ölü Örtü Miktarı ve Azot Depolama

Meşcere tipi farklılığına göre ölü örtüdeki azot verilerine ilişkin % içerik ve depolama değerleri, Tablo 27’de verilmiştir. Bu verilere göre en yüksek azot içeriği Çzc3 meşceresinde en düşük değer ise Çzc2 meşceresinde bulunmuştur. Depolanan azot değerlerine bakıldığında ise en yüksek değer Çzd3 meşceresinde en düşük değer ise Çzc2 meşcrelerinde belirlenmiştir. Meşcere tipine göre azot değişimi ağırlık değeri bakımından anlamlı düzeyde farklı çıkarken ($P<0,05$), % içerik bakımından olan farklılık önemsiz seviyededir ($P>0,05$).

Tablo 27. Meşcere tipine göre ölü örtüdeki ortalama azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

Ölü Örtü Özelliği	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
	Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Azot Yüzdesi	0,76a	0,82a	0,80a	0,77a	0,360
Azot Miktarı (ton/ha)	0,25a	0,31ab	0,38b	0,41 b	0,000

3.3.5 Bakı Gruplarına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Karbon Depolama

Tablo 28 incelendiğinde; güneşli bakılarda ölü örtü miktarı ortalama 38,9 ton/ha ağırlık, karbon miktarı ise ortalama 11,2 ton/ha bulunmuşken, gölgeli bakılarda ise sırasıyla ortalama 45,2 ton/ha ve 12,4 ton/ha olarak bulunmuştur. Ölü örtüdeki karbon içeriği (%) değerleri ise, güneşli bakılarda %28,7 iken, gölgeli bakılarda ise %27,5 olarak belirlenmiştir. Bakı farklılığına göre ölü örtü miktarı ve ölü örtüdeki karbon içeriği(%) ortalama değerleri arasında istatistiksel bakımdan anlamlı farklılık tespit edilirken, ölü örtü karbon miktarı (ton/ha) arasındaki farklılık önemsiz düzeydedir ($P<0,05$).

Tablo 28. Bakı faktörüne göre ölü örtüdeki ortalama ağırlık, karbon ağırlık ve karbon yüzde değerleri (n=448)

Ölü Örtü Özelliği	Bakı		Önem Düzeyi (P)
	Güneşli	Gölgeli	
Miktarı (ton/ha)	38,9a	45,2b	0,039
Karbon Yüzdesi	28,7a	27,5b	0,036
Karbon Miktarı (ton/ha)	11,2a	12,4a	0,169

3.3.6 Bakı Gruplarına Göre Ölü Örtü Miktarı ve Azot Depolama

Ölü örtüde depo edilen azot miktarı ve azot içeriklerine ilişkin veriler Tablo 29’da verilmiştir. Bu verilere göre gölgeli bakıdaki hem % azot içeriği hem de azot depolama miktarı güneşli bakıya nazaran daha yüksek çıkmıştır. Azot verilerinin bakıya göre değişimi % olarak anlamlı düzeyde çıkmazken ($P>0,05$) ağırlık bakımından önemli düzeyde farklı çıkmıştır ($P<0,05$).

Tablo 29. Bakı gruplarına göre ölü örtüdeki azot ağırlık ve azot yüzde değerleri (n=448)

Ölü Örtü Özelliği	Bakı		Önem Düzeyi (P)
	Güneşli	Gölgeli	
Azot Yüzdesi	0,78a	0,80a	0,539
Azot Miktarı (ton/ha)	0,31a	0,36b	0,037

3.4 Toprak Özelliklerine İlişkin Bulgular

3.4.1 Toprak Tekstürü

Çalışmanın gerçekleştirildiği alandan elde edilen toprak derinlik kademelerindeki toprak tekstürüne ilişkin verilerin bonitet farklılığına göre ortalama değerleri Tablo 30’da

verilmiştir. Ortalama kum (%), toz (%) ve kil (%) değerleri incelendiğinde, kum yüzdeleri tüm derinlik kademelerinde diğer bonitetlere göre en fazla I. bonitet sınıfında (ortalama %57,44 ile %67,23 arasında), en düşük ise III. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde (%45,10) bulunmuştur. Kil yüzdesi olarak en yüksek II. bonitet sınıfında 50-80 cm derinlik kademesinde (%31,67), I. bonitet sınıfının tüm derinlik kademesinde (ortalama %12,46 ile %16,74 arasında) diğer bonitet sınıflarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Toz yüzdesi ise en yüksek III. bonitette tüm derinlik kademesinde diğer bonitetlere göre daha yüksek çıkmışken, en düşük I. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde (%18,93) olduğu tespit edilmiştir. Bonitet sınıfı farklılıklarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak tekstür değerlerinden kum yüzdelерinin 30-50 cm, 50-80 cm, 80-120 cm derinlik kademesi, kil yüzdelерinin 50-80 cm derinlik kademesi ve toz yüzdelерinin 80-120 cm derinlik kademesi dışındaki tüm derinlik kademelerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($P>0,05$).

Tablo 30. Bonitet sınıflarına göre ortalama kum, kil ve toz değerleri (n=280)

Tane Boyutu (%)	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
Kum	0-10 cm	67,23a	61,84a	62,49a	0,261
	10-30 cm	57,44a	56,17a	54,93a	0,873
	30-50 cm	62,64b	49,16a	49,89a	0,031
	50-80 cm	62,88b	46,11a	47,69a	0,006
	80-120 cm	66,63b	56,43ab	45,10a	0,002
Kil	0-10 cm	12,46a	12,18a	13,88a	0,562
	10-30 cm	16,30a	21,00a	16,14a	0,263
	30-50 cm	16,34a	26,13a	22,98a	0,133
	50-80 cm	16,74ab	31,67	23,73ab	0,040
	80-120 cm	14,45a	20,53a	25,07a	0,220
Toz	0-10 cm	20,31a	21,82a	23,63a	0,396
	10-30 cm	22,10a	22,84a	24,58a	0,633
	30-50 cm	21,03a	19,44a	27,13a	0,064
	50-80 cm	20,38a	22,21a	28,58a	0,059
	80-120 cm	18,93a	23,04b	29,83b	0,034

Tablo 31’de meşçere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki toprak tekstürüne ilişkin verilerin ortalama değerleri incelendiğinde kum yüzdeleri bakımından Çzd2 meşçerelerinde tüm derinlik kademelerinde diğer bonitetlere göre daha yüksek bulunmuşken (ortalama %61,99 ile %71,64 arasında), en düşük ise kısmen Çzc3 meşçerelerindeki tüm derinlik kademelerinde (%44,10) bulunmuştur. Kil yüzdeleri olarak

en yüksek Çzc3 meşcerelerinde 50-80 cm derinlik kademesinde (%28,60), Çzd2 meşcerelerinin tüm derinlik kademesinde ise diğer bonitet sınıflarına göre daha düşük olduğu (ortalama %8,25 ile %17,58 arasında) belirlenmiştir. Toz yüzdeleri ise en yüksek Çzc3 meşcerelerinde 50-80 cm derinlik kademesinde (%26,25), en düşük ise Çzd2 meşcerelerinde 30-50 cm derinlik kademesinde (%20,03) olduğu tespit edilmiştir. Meşcere tipi farklılıklarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak tekstür (%kum, %toz, %kil) değerlerinden kum yüzdelerinin 10-30 cm ve 30-50 cm derinlik kademesi dışındaki tüm derinlik kademelerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık göstermemektedir ($P>0,05$).

Tablo 31. Meşcere tipi farklılığına göre ortalama kum, kil ve toz değerleri (n=280)

Tane Boyutu (%)	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Kum	0-10 cm	63,84a	66,59a	66,82a	58,16a	0,124
	10-30 cm	58,46ab	48,00a	62,84b	55,45ab	0,043
	30-50 cm	54,55ab	44,10a	65,09b	52,92ab	0,026
	50-80 cm	51,39a	45,14a	61,99a	52,69a	0,126
	80-120 cm	52,88a	52,31a	71,64a	53,97a	0,080
Kil	0-10 cm	13,72a	13,14a	10,82a	13,67a	0,399
	10-30 cm	19,76a	20,00a	12,75a	18,89a	0,194
	30-50 cm	24,15a	26,05a	14,88a	21,66a	0,264
	50-80 cm	27,77a	28,60a	17,58a	21,74a	0,365
	80-120 cm	25,41a	22,56a	8,25a	19,88a	0,161
Toz	0-10 cm	22,44a	20,26a	22,36a	22,62a	0,823
	10-30 cm	21,78a	20,89a	24,41a	25,66a	0,365
	30-50 cm	21,30a	22,15a	20,03a	25,42a	0,527
	50-80 cm	20,84a	26,25a	20,43a	25,56a	0,360
	80-120 cm	21,72a	25,13a	20,12a	26,15a	0,654

Araştırma alanı saf kızılçam meşcerelerindeki toprak derinlik kademelerindeki toprak tekstürüne ilişkin verilerin bakı farklılığına göre ortalama değerleri Tablo 32’de verilmiştir. Topraklardaki kum içerikleri %50,71 ile %64,39 arasında değişmektedir. Gölge bakılardaki kum içerikleri tüm derinlik kademelerinde güneşli bakılardan daha fazla bulunmuştur; kil içerikleri gölge bakılarda ortalama %12,38 ile %22,24 arasında değişmiş olup, güneşli bakılardaki tüm derinlik kademelerindeki kil içeriklerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Topraklarda ki toz içerikleri incelendiğinde güneşli bakılarda tüm derinlik kademelerinde gölge bakılara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırma alanındaki toprak derinlik kademelerindeki tekstür (kum (%), toz

(%), kil (%)) ile bakı faktörü bakımından istatistik olarak incelendiğinde, anlamlı değişim göstermediği saptanmıştır ($P<0,05$).

Tablo 32. Bakı gruplarına göre ortalama kum, kil ve toz değerleri (n=280)

Tane Boyutu (%)	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Kum	0-10 cm	63,32a	64,39a	0,718
	10-30 cm	53,84a	58,62a	0,219
	30-50 cm	51,98a	56,82a	0,329
	50-80 cm	50,71a	55,32a	0,371
	80-120 cm	53,80a	60,17a	0,283
Kil	0-10 cm	13,30a	12,38a	0,508
	10-30 cm	19,36a	16,27a	0,265
	30-50 cm	22,11a	20,92a	0,781
	50-80 cm	24,86a	22,24a	0,606
	80-120 cm	22,78a	16,19a	0,228
Toz	0-10 cm	23,38a	20,46a	0,141
	10-30 cm	24,02a	22,26a	0,413
	30-50 cm	22,34a	22,26a	0,976
	50-80 cm	24,43a	22,43a	0,502
	80-120 cm	23,42a	23,64a	0,956

3.4.2 İskelet İçeriği

Çalışma sonucunda elde edilen farklı bonitetlerdeki iskelet içeriği değerleri Tablo 33'te verilmiştir. Toprakların iskelet içeriği tüm bonitet sınıflarında ve derinlik kademelerinde %41,58 ile %58,22 arasında değişmektedir. İskelet içeriği, tüm derinlik kademelerinde II. bonitet alanlarında daha yüksek çıkmıştır. Bonitet sınıflarına göre ortalama iskelet içeriği değerleri, toprak derinlik kademelerine göre karşılaştırıldığında I. bonitet sınıfında %41,58 ile %47,58 arasında; II. bonitet sınıfında %45,98 ile %58,22 arasında; III. Bonitet sınıfında %39,16 ile %47,28 arasında çıkmıştır. Farklı bonitet sınıfında toprak derinlik kademelerine göre ortalama iskelet içeriği değerlerinde istatistiksel olarak 10-30 cm ve 50-80 cm derinlik kademesinde farklılıklar anlamlı çıkmışken diğer derinlik kademelerinde anlamlı çıkmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 33. Bonitet farklılığına göre ortalama iskelet içeriği değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
İskelet İçeriği(%)	0-10 cm	41,58a	47,65a	43,76a	0,180
	10-30 cm	45,19a	58,22b	46,43a	0,001
	30-50 cm	47,08	56,69	47,28	0,071
	50-80 cm	44,18a	53,98b	39,16a	0,016
	80-120 cm	44,55a	45,98a	43,01a	0,942

Meşçere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki iskelet içeriği ortalama değerleri incelendiğinde; en yüksek Çzc2 meşçerelerinde 30-50 cm derinlik kademesinde (ortalama %54,27), en düşük ise Çzc2 ve Çzd2 meşçerelerinde 0-15 cm derinlik kademesinde (ortalama %41,89) bulunmuştur (Tablo 34). İskelet içeriği değerleri istatistik olarak değerlendirildiğinde, meşçere tipi değişimine göre, toprak derinlik kademelerinin hiçbirinde anlam farklılık tespit edilmemiştir ($P < 0,05$).

Tablo 34. Meşçere tipi farklılığına göre ortalama iskelet içeriği değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşçere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
İskelet İçeriği (%)	0-10 cm	44,62a	42,76a	41,89a	48,05a	0,390
	10-30 cm	50,20a	49,38a	49,24a	51,24a	0,974
	30-50 cm	54,27a	43,59a	50,65a	51,90a	0,285
	50-80 cm	49,05a	42,66a	43,55a	47,97a	0,664
	80-120 cm	44,08a	44,72a	46,22a	43,01a	0,986

Araştırma alanında farklı bakılarda elde edilen iskelet içeriği değerleri Tablo 35'te verilmiştir. Tüm derinlik kademelerindeki topraklar dikkate alındığında iskelet içeriği(%), güneşli bakılarda %43,13 ile %50,74 arasında değişim gösterirken, gölgeli bakılarda %43,35 ile %49,87 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre toprak derinlik kademelerindeki iskelet içeriği (%) değerleri bakı faöktürünün değişimine göre 0,05 önem düzeyi ile kayda değer farklılıklar görülmemektedir.

Tablo 35. Bakı farklılığına göre ortalama iskelet içeriği değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
İskelet İçeriği (%)	0-10 cm	43,13a	45,53a	0,381
	10-30 cm	50,25a	49,73a	0,876
	30-50 cm	50,74a	49,87a	0,827
	50-80 cm	47,29a	44,50a	0,511
	80-120 cm	45,00a	43,35a	0,783

3.4.3 İnce Kısım Miktarı

Çalışma sonucunda elde edilen farklı bonitet sınıflarındaki toprağın ince kısım değerleri Tablo 36’da verilmiştir. Toprakların ince kısım içeriği tüm bonitetlerde ve derinlik kademelerinde %41,78 ile %60,84 arasında değişmektedir. Toprağın ince kısım, ilk üç derinlik kademelerinde (0-10, 10-30, 30-50) I. bonitet sınıfındaki alanlarında, son iki derinlik kademesinde (50-80, 80-120) III. bonitet sınıfındaki alanlarında daha yüksek çıkmıştır. Bonitet sınıflarına göre ortalama toprağın ince kısım değerleri, toprak derinlik kademelerine göre karşılaştırıldığında I. bonitet sınıfında %52,92 ile %58,42 arasında; II. bonitet sınıfında %41,78 ile %54,02 arasında; III. bonitet sınıfında %52,72 ile %60,84 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yapılan istatistiki analizi sonuçlarına göre toprak derinlik kademelerindeki toprakların ince kısım (%) değerlerinin bonitet sınıfları değişimine göre istatistiksel olarak 15-30 cm ve 50-80 cm derinlik kademesinde farklılıklar anlamlı çıkmışken diğer derinlik kademelerinde anlamlı çıkmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 36. Bonitet farklılığına göre ortalama ince kısım değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	II	Önem Düzeyi (P)
İnce kısım (%)	0-10 cm	58,42a	52,35a	56,24a	0,180
	10-30 cm	54,81b	41,78a	53,57b	0,001
	30-50 cm	52,92a	43,31a	52,72a	0,071
	50-80 cm	55,82b	46,02a	60,84b	0,016
	80-120 cm	55,45a	54,02a	56,99a	0,942

Meşcere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki ince kısım ortalama değerleri incelendiğinde; en yüksek Çzd2 meşcerelerinde 0-10 cm derinlik kademesinde (ortalama %58,11), en düşük ise Çzc2 meşcerelerinde 30-50 cm derinlik kademesinde (ortalama %45,73) bulunmuştur (Tablo 37). İstatistiksel olarak ortalama ince kısım

miktarı değerleri meşcere tipinin değişimine göre 0,05 önem düzeyi tüm derinlik kademeleri ile anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Tablo 37. Meşcere tipi farklılığına göre ortalama ince kısım değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
İnce Kısım (%)	0-10 cm	55,38a	57,24a	58,11a	51,95a	0,390
	10-30 cm	49,80a	50,62a	50,76a	48,76a	0,974
	30-50 cm	45,73a	56,41a	49,35a	48,10a	0,285
	50-80 cm	50,96a	57,34a	56,45a	52,03a	0,664
	80-120 cm	55,92a	55,28a	53,78a	56,99a	0,986

Bakı farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki ortalama ince kısım (%) değerleri Tablo 38’da verilmiştir. Araştırma alanlarına ait farklı bakılardaki toprak derinlik kademelerindeki ince kısım (%) miktarı değerleri güneşli bakıların 0-10 cm derinlik kademesinde daha yüksek bulunmuşken, diğer derinlik kademelerinin tamamında gölgeli bakıların daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Gölgeli bakılardaki ince kısım (%) miktarı değerleri güneşli bakılara göre nispeten daha fazladır. Bakı farklılığına bağlı toprakların derinlik kademelerindeki ince kısım (%) miktarı değerleri anlamlı bir değişim göstermemiştir ($P<0,05$).

Tablo 38. Bakı farklılığına göre ortalama ince kısım değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
İnce Kısım (%)	0-10 cm	56,87a	54,48a	0,381
	10-30 cm	49,75a	50,27a	0,876
	30-50 cm	49,26a	50,13a	0,827
	50-80 cm	52,71a	55,50a	0,511
	80-120 cm	55,00a	56,65a	0,783

3.4.4 Hacim Ağırlığı

Çalışma sonucunda elde edilen farklı bonitetlerdeki toprak derinlik kademelerindeki ortalama hacim ağırlığı (g/cm^3) Tablo 39’da verilmiştir. Ortalama hacim ağırlığı (g/cm^3) 1,31 ile 1,61 arasında değişmektedir. Bonitet sınıflarına göre ortalama hacim ağırlığı, derinlik kademelerine göre karşılaştırıldığında en yüksek ortalama hacim ağırlığı değeri $1,61 \text{ g/cm}^3$ ile II. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde, en düşük değer ise I. bonitet sınıfında 0-15 cm derinlik kademesinde $1,31 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Toprak

derinlik kademelerine göre ortalama hacim ağırlığı değerlerinde bonitet sınıfına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermemiştir ($P>0,05$).

Tablo 39. Bonitet sınıfına göre ortalama hacim ağırlığı değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	0-10 cm	1,31a	1,33a	1,32a	0,934
	10-30 cm	1,46a	1,45a	1,48a	0,891
	30-50 cm	1,45a	1,55a	1,49a	0,287
	50-80 cm	1,53a	1,50a	1,48a	0,732
	80-120 cm	1,54a	1,61a	1,48a	0,291

Meşcere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki hacim ağırlığı (g/cm³) ortalama değerleri incelendiğinde en yüksek Çzc2 meşcerelerinde 80-120 cm derinlik kademesinde (1,62 g/cm³), en düşük ise Çzc3 meşcerelerinde 0-10 cm derinlik kademesinde (1,28 g/cm³) bulunmuştur. Yapılan istatistiki analizi sonuçlarına göre hacim ağırlığı (g/cm³) değerleri meşcere tipinin değişimine göre 0,05 önem düzeyi ile anlamlı farklılıklar göstermediği belirlenmiştir (Tablo 40).

Tablo 40. Meşcere tipi farklılığına göre ortalama hacim ağırlığı değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	0-10 cm	1,36a	1,28a	1,33a	1,31a	0,472
	10-30 cm	1,50a	1,45a	1,45a	1,45a	0,796
	30-50 cm	1,53a	1,53a	1,48a	1,44a	0,552
	50-80 cm	1,53a	1,54a	1,56a	1,41a	0,229
	80-120 cm	1,62a	1,53a	1,54a	1,45a	0,138

Bakı farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki ortalama hacim ağırlığı (g/cm³) değerleri Tablo 41’de verilmiştir. Araştırma alanlarına ait farklı bakılardaki toprak derinlik kademelerindeki topraklarının hacim ağırlıkları en yüksek gölgeli bakıda 80-120 derinlik kademesinde 1,57 g/cm³, en düşük ise gölgeli ve güneşli bakıların 0-10 cm derinlik kademesinde 1,32 g/cm³ tespit edilmiştir. Gölgeli bakılardaki hacim ağırlık değerleri güneşli bakılara göre nispeten daha fazladır. Bakı farklılığına bağlı toprakların derinlik kademelerindeki hacim ağırlık değerleri anlamlı bir değişim göstermemiştir ($P<0,05$).

Tablo 41. Bakı gruplarına göre ortalama hacim ağırlığı değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	0-10 cm	1,32a	1,32a	0,907
	10-30 cm	1,47a	1,46a	0,708
	30-50 cm	1,46a	1,52a	0,343
	50-80 cm	1,45a	1,55a	0,088
	80-120 cm	1,48a	1,57a	0,155

3.4.5 Toprak Nem Sabitleri

Elde edilen bonitet sınıfı farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki toprak nem sabitleri ortalama değerleri Tablo 42’de verilmiştir. Ortalama tarla kapasitesi (%), solma noktası (%), faydalı su kapasitesi (%) değerleri incelendiğinde tarla kapasitesi en yüksek II. bonitette 50-80 cm derinlik kademesinde (%26,77), en düşük ise I. bonitet sınıfında 50-80 ve 80-120 cm derinlik kademesinde (%18,10) bulunmuştur. Solma noktası olarak en yüksek II. bonitet sınıfında 50-80 cm derinlik kademesinde (%12,18), en düşük ise III. bonitet sınıfında 50-80 cm derinlik kademesinde (%8,11) belirlenmiştir. Faydalı su kapasitesi ise en yüksek III. bonitet sınıfında 50-80 cm derinlik kademesinde (%17,53), en düşük ise II. bonitet sınıfında 30-50 cm derinlik kademesinde (%7,85) olduğu tespit edilmiştir. Bonitet sınıfın farklılıklarının toprak derinlik kademelerine göre ortalama toprak nem sabitlerinden sadece 30-50 derinlik kademesindeki faydalı su kapasitesinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç verirken diğer değerlerinde anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir ($P>0,05$).

Tablo 42. Bonitet sınıfına göre ortalama toprak nem sabitleri değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
Tarla Kapasitesi (%)	0-10 cm	21,48a	18,40a	19,75a	0,571
	10-30 cm	18,91a	19,31a	18,77a	0,950
	30-50 cm	20,22a	18,27	21,04	0,505
	50-80 cm	18,10a	26,77a	25,63a	0,188
	80-120cm	18,10a	20,92a	22,51a	0,327
Solma Noktası (%)	0-10 cm	9,24a	8,60a	8,12a	0,423
	10-30 cm	9,02a	9,53a	7,38a	0,137
	30-50 cm	8,82a	10,42a	8,85a	0,529
	50-80 cm	9,01a	12,18a	8,11a	0,098
	80-120 cm	8,76a	8,55a	8,57a	0,992
Faydalınabilir Su kapasitesi (%)	0-10 cm	12,23a	9,80a	11,64a	0,686
	10-30 cm	9,88a	9,77a	11,39a	0,407
	30-50 cm	11,40b	7,85a	12,19b	0,047
	50-80 cm	9,08a	14,59a	17,53a	0,177
	80-120 cm	9,34a	12,37a	13,94a	0,207

Meşcere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki toprak nem sabitleri (tarla kapasitesi (%), solma noktası (%), faydalı su kapasitesi (%)) ortalama değerleri incelendiğinde tarla kapasitesi en yüksek Çzc2 meşcerelerinde 50-80 cm derinlik kademesinde (%33,04), en düşük ise Çzd2 meşcerelerinde 80-120 cm derinlik kademesinde (%15,47) bulunmuştur. Solma noktası olarak en yüksek Çzc3 meşcerelerinde 50-80 cm derinlik kademesinde (%12,30), en düşük ise Çzd2 meşcerelerinde 80-120 cm derinlik kademesinde (%6,07) belirlenmiştir. Faydalı su kapasitesi ise en yüksek Çzc3 meşcerelerinde 50-80 cm derinlik kademesinde (%21,65), en düşük ise Çzd2 meşcerelerinde 30-50 cm derinlik kademesinde (%8,74) olduğu tespit edilmiştir. Yapılan istatistiki analizi sonuçlarına göre topraktaki toprak nem sabitleri değerleri meşcere tipinin değişimine göre 0,05 önem düzeyi ile kayda değer farklılıklar görülmemektedir (Tablo 43).

Tablo 43. Meşcere tipine göre ortalama toprak nem sabitleri değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Tarla Kapasitesi (%)	0-10 cm	18,80a	21,73a	18,11a	20,88a	0,496
	10-30 cm	19,32a	17,69a	18,43a	20,64a	0,238
	30-50 cm	19,12a	22,51a	17,10a	20,81a	0,101
	50-80 cm	33,04a	22,51a	17,97a	20,91a	0,235
	80-120 cm	21,67a	18,53a	15,47a	22,33a	0,496
Solma Noktası (%)	0-10 cm	8,57a	8,29a	8,55a	9,21a	0,820
	10-30 cm	9,66a	8,92a	7,64a	8,43a	0,464
	30-50 cm	10,38a	11,03a	7,31a	9,01a	0,195
	50-80 cm	11,39a	12,30a	7,20a	8,91a	0,086
	80-120 cm	10,03a	9,13a	6,07a	8,88a	0,346
Faydalınabilir Su kapasitesi (%)	0-10 cm	10,22a	13,44a	9,56a	11,67a	0,669
	10-30 cm	9,66a	8,77a	10,79a	12,22a	0,132
	30-50 cm	8,74a	11,47a	9,79a	11,81a	0,445
	50-80 cm	21,65a	10,21a	10,77a	12,00a	0,159
	80-120 cm	11,64a	9,40a	9,40a	13,45a	0,554

Araştırma alanı saf kızılçam meşcerelerindeki toprak derinlik kademesine göre alınan toprakların bakı farklılığına göre ortalama toprak nem sabitleri (tarla kapasitesi (%), solma noktası (%), faydalı su kapasitesi (%)) değerleri Tablo 44’te verilmiştir. Tarla kapasitesi (%) bakımından güneşli bakılardaki değerleri ortalama %19,76 ile %23,71 arasında, gölgeli bakılarda ise ortalama %22,41 ile %17,92; solma noktası (%) bakımından güneşli bakılardaki değerleri ortalama %8,70 ile %9,55 arasında, gölgeli bakılarda ise ortalama %8,39 ile %9,90; ortalama faydalı su kapasitesi (%) bakımından en fazla güneşli bakılarda 50- 80 cm derinlik kademesinde %14,16 olarak, en düşük ise gölgeli bakılarda 15-30 cm derinlik kademesinde %9,53 olarak belirlenmiştir. Toprak nem sabiti bakımından (tarla kapasitesi (%), solma noktası (%), faydalı su kapasitesi (%)) bakı grupları arasında ki farklılık her bir derinlik kademesinde istatistik olarak anlamlı düzeyde bulunmamıştır ($P<0,05$).

Tablo 44. Bakı gruplarına göre ortalama toprak nem sabitleri değerleri (n=280)

Toprak Nem sabiti	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Tarla Kapasitesi (%)	0-10 cm	21,41a	18,35a	0,196
	10-30 cm	20,05a	17,92a	0,129
	30-50 cm	19,76a	19,88a	0,954
	50-80 cm	23,71a	22,41a	0,771
	80-120 cm	22,18a	18,36a	0,146
Solma Noktası (%)	0-10 cm	8,70a	8,61a	0,892
	10-30 cm	8,93a	8,39a	0,553
	30-50 cm	9,29a	9,42a	0,923
	50-80 cm	9,55a	9,90a	0,827
	80-120 cm	8,82a	8,49a	0,831
Faydalınabilir Su kapasitesi (%)	0-10 cm	12,70a	9,74a	0,211
	10-30 cm	11,11a	9,53a	0,145
	30-50 cm	10,48a	10,46a	0,991
	50-80 cm	14,16a	12,51a	0,674
	80-120 cm	13,35a	9,87a	0,136

3.4.6 Toprak Reaksiyonu

Toprak reaksiyonun pH değerleri Tablo 45’te sunulmuştur. Toprakların pH miktarları 5,50 ile 7,26 arasında değişmiştir. Toprakların ölçülen pH değerleri bonitetlere göre çok az değişmekte ve genellikle birbirlerine yakın değerler göstermektedir. Bonitetlere göre ortalama pH değerleri, toprak derinlik kademelerine göre kıyaslandığında en yüksek ortalama pH değeri 7,26 ile I. ve III. bonitet sınıflarında 0-15 cm derinlik kademesinde, en düşük değer ise II. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde 5,50 olarak belirlenmiştir. Toprak derinlik kademelerine göre ortalama pH değerlerinde bonitete göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermediği Tablo 45’te görülmektedir ($P>0,05$).

Tablo 45. Bonitet sınıfına göre ortalama pH değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
pH	0-10 cm	7,26a	7,14a	7,26a	0,606
	10-30 cm	6,76a	7,00a	6,80a	0,809
	30-50 cm	7,01a	6,57a	7,12a	0,315
	50-80 cm	6,83a	6,91a	7,23a	0,323
	80-120 cm	6,57a	5,50a	6,92a	0,152

Meşcere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki ortalama pH değerleri incelendiğinde en yüksek Çzd3 meşcerelerinde 0-10 cm derinlik kademesinde (ortalama

7,20), en düşük ise Çzd2 meşcerelerinde 80-120 cm derinlik kademesinde meşcerelerinde (ortalama 5,94) bulunmuştur. Ortalama pH değerleri meşcere tipinin değişimine göre 0,05 önem düzeyi ile 50-80 cm derinlik kademesinde anlamlı farklılıklar gösterdiği, diğer derinlik kademeleri ile anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir (Tablo 46).

Tablo 46. Meşcere tipine göre ortalama pH değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
pH	0-10 cm	7,01a	7,29a	7,39a	7,20a	0,119
	10-30 cm	6,79a	6,30a	7,27a	7,07a	0,141
	30-50 cm	6,71a	6,45a	7,33a	7,01a	0,214
	50-80 cm	6,48a	6,93ab	7,50b	6,88ab	0,012
	80-120 cm	6,35a	6,76a	5,94a	6,75a	0,720

Tablo 47 incelendiğinde; bakı farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki ortalama pH değerleri en yüksek 0-10 cm derinlik kademesinde her iki bakıda (ortalama 7,22), en düşük ise gölgeli bakılarda 80-120 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir (ortalama 6,53). Derinlik kademelerine ait topraklarda ki ortalama pH değerlerinin bakı faktörüne bağlı değişiminde anlamlı farklılık ortaya çıkmamıştır ($P < 0,05$).

Tablo 47. Bakı farklılığına göre ortalama pH değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
pH	0-10 cm	7,22a	7,22a	0,968
	10-30 cm	6,84a	6,86a	0,954
	30-50 cm	6,78a	7,00a	0,462
	50-80 cm	7,04a	6,92a	0,609
	80-120 cm	6,41a	6,53aa	0,833

3.4.7 Elektriksel İletkenlik

Çalışma sahasının elektriksel iletkenliği (EC) değerler Tablo 48’de sunulmuştur. Toprak numunelerinin ortalama EC değerleri bonitetlere göre toprak derinlik kademelerindeki EC ortalama değerleri mukayese edildiğinde en yüksek ortalama EC değeri 0,14 mS/cm ile III. bonitet sınıfında 0-15 cm derinlik kademesinde, en düşük değer ise I. ve II. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde 0,04 mS/cm belirlenmiştir. Genel itibari ile derinlik kademesi arttıkça EC değerlerinde azalma görülmüştür. Toprak derinlik

kademelerine göre ortalama EC değerlerinde bonitete göre istatistiksel olarak önemsiz düzeyde olduğu belirlenmiştir ($P>0,05$).

Tablo 48. Bonitet sınıfına göre ortalama EC (mS/cm) değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
Elektriksel İletkenlik (EC)	0-10 cm	0,13a	0,12a	0,14a	0,552
	10-30 cm	0,08a	0,09a	0,10a	0,541
	30-50 cm	0,07a	0,06a	0,07a	0,624
	50-80 cm	0,05a	0,05a	0,07a	0,325
	80-120 cm	0,04a	0,04a	0,05a	0,424

Meşcere tipi farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki elektriksel iletkenlik (EC) ortalama değerleri incelendiğinde derinlik kademesi arttıkça EC değerlerinde azalma görülmüştür (Tablo 49). Meşcere tipi farklılığına göre ortalama EC değerleri en yüksek Çzd2 ve Çzd3 meşcerelerinde 0-10 cm derinlik kademesinde (ortalama 0,14 mS/cm), en düşük ise Çzc2 ve Çzd2 meşcerelerinde 80-120 cm derinlik kademesinde meşcerelerinde (ortalama 0,04 mS/cm) bulunmuştur. Yapılan istatistiki analizi sonuçlarına göre topraktaki ortalama karbon değerleri meşcere tipinin değişimine göre 0,05 önem düzeyi ile kayda değer farklılıklar görülmediği tespit edilmiştir.

Tablo 49. Meşcere tipi farklılığına göre ortalama EC (mS/cm) değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Elektriksel İletkenlik (EC)	0-10 cm	0,11a	0,13a	0,14a	0,14a	0,383
	10-30 cm	0,09a	0,08a	0,10a	0,10a	0,683
	30-50 cm	0,05a	0,05a	0,08a	0,08a	0,252
	50-80 cm	0,04a	0,05a	0,06a	0,06a	0,412
	80-120 cm	0,04a	0,05a	0,04a	0,05a	0,881

Tablo 50 incelendiğinde; bakı farklılığına göre toprak derinlik kademelerindeki elektriksel iletkenlik (EC) ortalama değerleri güneşli bakılarda gölgeli bakılardan kısmen fazla olduğu, derinlik kademesi arttıkça EC değerlerinde azalma görülmüştür. Derinlik kademelerinde ise en yüksek güneşli bakılarda 0-10 cm derinlik kademesinde (ortalama 0,14 mS/cm), en düşük ise gölgeli bakılarda 80-120 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir (ortalama 0,04 mS/cm). Derinlik kademelerine ait topraklarda ki ortalama EC (mS/cm) değerlerinin bakı faktörüne bağlı değişiminde anlamlı farklılık ortaya çıkmamıştır ($P<0,05$).

Tablo 50. Bakı gruplarına göre ortalama EC (mS/cm) değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Elektriksel İletkenlik (EC)	0-10 cm	0,13a	0,12a	0,432
	10-30 cm	0,10a	0,09a	0,418
	30-50 cm	0,07a	0,06a	0,671
	50-80 cm	0,06a	0,05a	0,230
	80-120 cm	0,05a	0,04a	0,421

3.4.8 Toprak Organik Karbonu

Elde edilen ortalama organik karbon değerleri Tablo 51’de verilmiştir. Toprakların ortalama organik karbon değerleri %1,87 ile %0,40 arasında değişmektedir. Genel olarak üst derinlik kademelerindeki toprağın organik karbon değerlerinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre her derinlik kademesinde en yüksek değeri %1,87 ile II. bonitet sınıfında 0-10 cm derinlik kademesi, en düşük değeri ise yine II. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde (%0,40) belirlenmiştir. Derinlik kademelerindeki toprak organik karbon değerlerinin bonitet faktörüne göre 0,05 önem düzeyi ile kayda değer farklılıklar göstermediği Tablo 51’de görülmektedir.

Tablo 51. Bonitet sınıfına göre ortalama organik karbon değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
Organik Karbon (%)	0-10 cm	1,66a	1,87a	1,73a	0,595
	10-30 cm	0,89a	1,09a	1,03a	0,189
	30-50 cm	0,65a	0,64a	0,68a	0,894
	50-80 cm	0,51a	0,51a	0,57a	0,704
	80-120 cm	0,44a	0,40a	0,46a	0,736

Araştırma alanında meşcere tipi farklılığına göre ortalama organik karbon değerlerine ilişkin istatistikler Tablo 52’de verilmiştir. Her bir meşcere tiplerindeki organik karbon değerleri üst derinlik kademesinden alt derinlik kademesine doğru büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. En yüksek Çzd3 meşcerelerinde (ortalama %2,06), en düşük ise Çzd2 ve Çzc3 meşcerelerinde (ortalama %0,39) bulunmuştur. Yapılan istatistiki analizi sonuçlarına göre topraktaki ortalama karbon değerleri meşcere tipinin değişimine göre 0,05 önem düzeyi ile kayda değer farklılıklar görülmediği tespit edilmiştir.

Tablo 52. Meşcere tipine göre ortalama organik karbon değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Organik Karbon (%)	0-10 cm	1,64a	1,51a	1,80a	2,06a	0,142
	10-30 cm	1,06a	0,83a	1,07a	1,05a	0,192
	30-50 cm	0,66a	0,55a	0,66a	0,74a	0,266
	50-80 cm	0,49a	0,48a	0,49a	0,63a	0,303
	80-120 cm	0,46a	0,39a	0,39a	0,46a	0,768

Toprak derinlik kademelerine göre ortalama organik karbon oranının bakıya bağlı değişimlerinde istatistiksel olarak kayda değer farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Genel olarak aynı bakı grubunda derinlik kademeleri arasında organik karbon değerleri belirgin olarak farklıdır. Derinlik kademeleri arttıkça organik karbon değerleri en az düzeye inmektedir (Tablo 53). Ortalama organik karbon değerleri en yüksek güneşli bakılarda 0-10 cm derinlik kademesinde en düşük ise yine güneşli bakılarda 80-120 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir.

Tablo 53. Bakı gruplarına göre ortalama organik karbon değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Organik Karbon (%)	0-10 cm	1,78a	1,73a	0,764
	10-30 cm	1,00a	1,01a	0,934
	30-50 cm	0,64a	0,67a	0,705
	50-80 cm	0,54a	0,52a	0,859
	80-120 cm	0,41a	0,46a	0,335

3.4.9 Toplam Kireç

Ortalama kireç verileri Tablo 54’te sunulmuştur. Bonitet farklılığına göre ortalama toplam kireç değerleri istatistiksel farklılık göstermemiştir ($P>0,05$). Buna göre tüm derinlik kademesinde en yüksek değer %3,43 ile I. bonitet sınıfında 30-50 cm derinlik kademesi, en düşük değer ise II. bonitet sınıfında 30-50 cm derinlik kademesinde (%0,90) belirlenmiştir.

Tablo 54. Bonitet farklılığına göre ortalama toplam kireç değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
Toplam Kireç (%)	0-10 cm	1,35a	1,31a	0,99a	0,800
	10-30 cm	2,27a	1,88a	1,96a	0,941
	30-50 cm	3,43a	0,90a	1,79a	0,309
	50-80 cm	2,29a	1,36a	2,50a	0,731
	80-120 cm	1,65a	2,60a	0,91a	0,584

Araştırma alanında meşcere tipi farklılığına göre ortalama toplam kireç değerleri en yüksek Çzd2 meşcerelerinde (ortalama %4,44), en düşük ise Çzc3 meşcerelerinde (ortalama %0,40) bulunmuştur (Tablo 55). Meşcere tipi farklılıklarının ortalama toplam kireç değerlerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 55. Meşcere tipine göre ortalama toplam kireç değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Toplam Kireç (%)	0-10 cm	1,59a	0,88a	1,42a	0,97a	0,692
	10-30 cm	2,72a	1,91a	2,24a	1,24a	0,754
	30-50 cm	3,64a	1,50a	2,51a	0,93a	0,542
	50-80 cm	1,95a	1,86a	3,45a	1,02a	0,508
	80-120 cm	0,65a	0,40a	4,44a	1,15a	0,073

Saf kızılçam meşcerelerinde bakı farklılığına bağlı olarak topraklardaki ortalama toplam kireç değerleri (%) Tablo 56’da verilmiştir. Tablo 56 incelendiğinde; güneşli bakılardaki ortalama toplam kireç değerleri gölgeli bakılardan kısmen fazla olduğu, derinlik kademelerinde ise en yüksek güneşli bakılarda 30-50 cm derinlik kademesinde en düşük ise gölgeli bakılarda 80-120 cm derinlik kademesinde belirlenmiştir. İstatistiki analize göre; farklı bakılardaki derinlik kademelerine ait topraklarda ki ortalama toplam kireç değerleri arasında önemli derecede farklılıklar bulunmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 56. Bakı gruplarına göre ortalama toplam kireç değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Toplam Kireç (%)	0-10 cm	1,62a	0,81a	0,093
	10-30 cm	2,87a	1,19a	0,081
	30-50 cm	3,25a	1,07a	0,120
	50-80 cm	2,70a	1,52a	0,330
	80-120 cm	2,71a	0,54a	0,056

3.4.10 Toplam Azot

Çalışma sonucunda elde edilen bonitet farklılığına göre ortalama toplam azot verileri Tablo 57’de verilmiştir. Bonitet farklılığına göre ortalama toplam azot değerleri istatistiksel farklılık göstermemiştir ($P>0,05$). Bu verilere göre tüm derinlik kademesinde en yüksek değer %0,14 ile II. bonitet sınıfında 0-10 cm derinlik kademesi, en düşük değer ise I. bonitet sınıfında 80-120 cm derinlik kademesinde (%0,03) belirlenmiştir.

Tablo 57. Bonitet sınıfına göre topraktaki toplam azot değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
	0-10 cm	0,11a	0,14a	0,12a	0,241
Toplam Azot (%)	10-30 cm	0,07a	0,09a	0,08a	0,130
	30-50 cm	0,05a	0,06a	0,06a	0,582
	50-80 cm	0,04a	0,06a	0,06a	0,060
	80-120 cm	0,03a	0,05a	0,04a	0,132

Araştırma alanında meşcere tipi farklılığına göre ortalama toplam azot değerleri en yüksek 0-10 cm derinlik kademesinde Çzd2 meşcerelerinde (ortalama %0,14), en düşük ise 80-120 cm derinlik kademesinde Çzd2 ve Çzd3 meşcerelerinde (ortalama %0,03) bulunmuştur (Tablo 58). Meşcere tipi farklılıklarının ortalama toplam azot değerlerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmemiştir ($P>0,05$).

Tablo 58. Meşcere tipine göre topraktaki toplam azot değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
Toplam Azot (%)	0-10 cm	0,11a	0,12a	0,14a	0,12a	0,383
	10-30 cm	0,08a	0,09a	0,08a	0,08a	0,882
	30-50 cm	0,06a	0,07a	0,05a	0,06a	0,738
	50-80 cm	0,06a	0,06a	0,05a	0,05a	0,688
	80-120 cm	0,05a	0,04a	0,03a	0,03a	0,207

Saf kızılçam meşcerelerinde bakı farklılığına bağlı olarak topraklardaki ortalama toplam azot değerleri (%) Tablo 59’da verilmiştir. Buna göre toplam azot bakımından bakı farklılığının azot değerleri üzerinde etkisi görülmemiştir. Sayısal değerler birbirine yakın çıkmıştır. En yüksek değer % 0,12 ile 0-10 cm derinlik kademesinde, en düşük değer ise 80-120 cm derinlik kademesinde çıkmıştır. Toplam azot bakımından bakı farklılığının etkisi istatistik bakımından anlamlı düzeyde çıkmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 59. Bakı gruplarına göre topraktaki toplam azot değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
Toplam Azot (%)	0-10 cm	0,12a	0,12a	0,700
	10-30 cm	0,08a	0,08a	0,558
	30-50 cm	0,06a	0,06a	0,482
	50-80 cm	0,06a	0,05a	0,563
	80-120 cm	0,03a	0,04a	0,385

3.4.11 Karbon Azot Oranı

Çalışma sonucunda bonitet farklılığına göre elde edilen C/N verileri Tablo 60'da verilmiştir. Bonitet farklılığına göre ortalama C/N değerleri 50-80 cm derinlik kademesi haricinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir ($P>0,05$). Bu verilere göre tüm derinlik kademesinde en yüksek değer 20,47 ile I. bonitet sınıfında 50-80 cm derinlik kademesi, en düşük değer ise II. bonitet sınıfında yine 50-80 cm derinlik kademesinde 9,55 belirlenmiştir.

Tablo 60. Bonitet sınıflarına göre topraktaki C/N değerleri (n=280)

	Toprak Derinlik Kademesi	I	II	III	Önem Düzeyi (P)
C/N oranı	0-10 cm	15,33a	14,92a	14,89a	0,936
	10-30 cm	13,91a	12,88a	14,10a	0,695
	30-50 cm	18,80a	13,53a	11,23a	0,061
	50-80 cm	20,47b	9,55a	9,89a	0,004
	80-120 cm	20,25a	9,75a	17,25a	0,272

Araştırma alanında meşcere tipi farklılığına göre ortalama toplam C/N değeri en yüksek 80-120 cm derinlik kademesinde Çzd2 meşcerelerinde (21,9), en düşük ise 80-120 cm derinlik kademesinde Çzc2 meşceresinde (ortalama 11,0) bulunmuştur (Tablo 61). Meşcere tipi farklılıklarının ortalama C/N değerlerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilenmediği belirlenmiştir ($P>0,05$).

Tablo 61. Meşcere tipine göre topraktaki C/N değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Meşcere Tipi				Önem Düzeyi (P)
		Çzc2	Çzc3	Çzd2	Çzd3	
C/N oranı	0-10 cm	15,8a	13,6a	13,8a	17,1a	0,061
	10-30 cm	13,8a	11,9a	14,7a	13,8a	0,455
	30-50 cm	15,7a	14,3a	14,4a	15,1a	0,984
	50-80 cm	11,3a	12,0a	14,8a	16,7a	0,637
	80-120 cm	11,0a	17,7a	21,9a	18,6a	0,458

Kızılçam meşcerelerinde bakı farklılığına bağlı olarak topraklardaki ortalama C/N değerleri Tablo 62’de verilmiştir. Buna göre C/N değerleri bakımından genel olarak gölgeli bakıdaki değerler güneşli bakılara göre yüksek çıkmıştır. En yüksek değer 17,1 ile 30-50 cm derinlik kademesinde, en düşük değer ise 50-80 cm derinlik kademesinde çıkmıştır. Toplam azot bakımından bakı farklılığının etkisi istatistik bakımdan anlamlı düzeyde çıkmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 62. Bakı gruplarına göre topraktaki C/N oranı değerleri (n=280)

Toprak Özelliği	Toprak Derinlik Kademesi	Güneşli Bakı	Gölgeli Bakı	Önem Düzeyi (P)
C/N oranı	0-10 cm	15,3a	14,8a	0,681
	10-30 cm	13,0a	14,2a	0,342
	30-50 cm	12,4a	17,1a	0,093
	50-80 cm	10,9a	16,5a	0,089
	80-120 cm	18,1a	16,1a	0,684

3.5 Toprak, Kök ve Ölü Örtü Özellikleri Arasındaki Korelasyon

Çalışmada elde edilen veriler dört farklı biçimde korelasyon tablosu şeklinde gösterime tabi tutulmuştur. Bu analizler toprak özelliklerinin birbiri ile olan ilişkisini belirlemek, toprak özellikleri ile kök özelliklerinin ilişkisini belirlemek, toprak özellikleri ile ölü örtü ve servet özelliklerini belirlemek ve ölü örtü özellikleri ve kök özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek şeklinde olmuştur. Yapılan analizlere ilişkin tablolar, Tablo 63, Tablo 64, ve Tablo 65’de verilmiştir.

Tablo 63’teki verilere göre çalışma alanındaki kum değerleri, kil, toz, EC, toplam azot, tarla kapasitesi ve solma noktası ile negatif korelasyon oluştururken, C/N oranı ile pozitif ilişki çıkmıştır. Kil değerleri ise C/ N oranı ile negatif, tarla kapasitesi değerleri ile pozitif korelasyon oluşturmuştur. Toz verileri, C/N verileri ile negatif, pH, EC, Toplam azot,

kireç, tarla kapasitesi ve faydalı su kapasitesi değerleri ile pozitif ilişki oluşturmuştur. pH değerleri EC, organik karbon toplam azot, kireç verileri ile pozitif korelasyon oluşturmuştur. EC, organik karbon, toplam azot, kireç ve tarla kapasitesi değerleri ile pozitif korelasyon meydana getirmişlerdir. Organik karbon değerleri, toplam azot, C/N oranı, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri ile pozitif yönlü korelasyon oluşturmuştur. Toplam azot değerlerinin C/N oranı ile negatif yönlü, tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri ile pozitif yönlü ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 64'teki verilere göre ise kılcal kök miktarı, ile solma noktası arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir. Kılcal kökte depo edilen karbon miktarı ile yine solma noktası verileri ile pozitif korelasyon tespit edilmiştir. İnce kökteki depo edilen karbon ağırlık değerinin, pH, EC ve toplam azot değeri ile negatif korelasyon oluşturduğu tespit edilmiştir. Kılcal kökteki % azot değerinin C/N oranı ile pozitif ilişkisi çıkmıştır. Yine kılcal kökte depo edilen azot değerinin, pH, EC, toplam azot, ve kireç değeri ile negatif, c/n oranı ile pozitif ilişkide olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 65'teki değerlere göre toprak yüzeyinde bulunan ölü örtü miktarının, EC ile pozitif ilişkisi tespit edilmiştir. Ölü örtüdeki Karbon içeriğinin yüzde olarak değerinin Kum ve C/N oranı ile negatif ilişkide, toz ile pozitif ilişkide olduğu tespit edilmiştir. Ölü örtüde depo edilen ağırlıkça karbon miktarının pH ve EC ile doğrusal bir korelasyon oluşturduğu tespit edilmiştir. Ölü örtüdeki azot içeriğinin % olarak değeri kil ile pozitif, C/N oranı ve FSK değeri ile negatif ilişkide olduğu belirlenmiştir. Ölü örtüde depo edilen ağırlıkça azot miktarının pH, EC, azot ve ve solma noktası ile pozitif doğrusal bir korelasyon oluşturduğu görülmektedir. Servet ile sadece toprakta ki EC değeri ile pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 66'daki verilere göre ölü örtü ağırlık, ölü örtü karbon % değeri ve ölü örtüde depolanan karbonun ağırlık değeri, kök özelliklerinin hiçbirisi ile pozitif yada negatif korelasyon oluşturmamıştır. Ölü örtüdeki azotun % olarak içeriği ince kökteki karbon % ve ağırlık değerleri ve ince kökte depo edilen azot ağırlık değerleri ile negatif korelasyon oluşturmuştur. Servet miktarının kılcal ve ince kökteki % karbon değerleri ile pozitif, ince kökteki % azot değeri ile negatif ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 63. Toprak özelliklerinin birbiri ile olan ilişkisini gösteren korelasyon tablosu

	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	pH	EC (µS/cm)	Organik Karbon (%)	Toplam Azot (%)	C/N Oranı	Kireç (%)	Tarla Kap. (%)	Solma Nok. (%)	Fsk (%)	Hac. Ağ.	İs. İç.	İn. Kıs.
Kum (%)	1	-,736**	-,645**	-0,097	-,205*	0,015	-,283**	,497**	-0,055	-,379**	-,583**	-0,134	0,01	-0,023	0,023
Kil (%)		1	-0,041	-0,139	-0,012	-0,1	0,02	-,266**	-0,099	,213*	,679**	-0,072	0,124	0,091	-0,091
Toz (%)			1	,296**	,315**	0,086	,386**	-,421**	,188*	,329**	0,087	,291**	-,188**	-0,09	0,09
pH				1	,753**	,252**	,389**	-0,101	,321**	0,1	0,007	0,1	-,154*	-0,036	0,036
EC (µS/cm)					1	,343**	,420**	-0,028	,311**	,167*	0,086	0,132	-,186**	-0,074	0,074
Organik Karbon (%)						1	,741**	,331**	0,04	,249**	,265**	0,14	-,176**	-0,024	0,024
Toplam Azot (%)							1	-,318**	0,077	,296**	,355**	0,154	-,165*	-0,096	0,096
C/N Oranı								1	0,005	-0,1	-,199*	-0,019	-0,014	0,03	-0,03
Kireç (%)									1	0,132	0,091	0,097	0,015	-0,002	0,002
Tarla Kapasitesi (%)										1	,268**	,912**	-0,087	-0,058	0,058
Solma Noktası (%)											1	-0,149	0,006	0,007	-0,007
Faydalı Su Kapasitesi (%)												1	-0,096	-0,065	0,065
Hacim Ağırlığı													1	,221**	-221**
İskelet içeriği														1	,221**
İnce kısım															1

Tablo 64. Kök özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon tablosu

	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	pH	EC (µS/cm)	Organik Karbon (%)	Toplam Azot (%)	C/N Oranı	Kireç (%)	Tarla Kap. (%)	Solma Nok. (%)	Fsk (%)	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	İskelet içeriği (%)	İnce Kısım (%)
Kılcal Kök Ağırlık (ton/ha)	-0,16	0,183	0,064	0,062	0,078	-0,063	0,051	-0,151	0,16	0,121	,292*	0,038	0,104	0,027	-0,027
İnce Kök Ağırlık (ton/ha)	-0,077	0,031	0,06	-0,099	-0,016	-0,017	-0,054	0,072	0,181	-0,009	-0,098	0,02	0,026	0,107	-0,107
Kılcal Kök Karbon (%)	0,023	0,011	-0,033	-0,223	-0,16	0,019	-0,114	0,149	-0,105	-0,122	0,192	-0,181	0,119	,235*	-,235*
Kılcal Kök Karbon Ağırlık (ton/ha)	-0,122	0,159	0,036	-0,054	-0,009	-0,043	-0,031	-0,028	0,084	0,034	,334**	-0,063	0,153	0,144	-0,144
İnce Kök Karbon Ağırlık (ton/ha)	0,077	0,043	-0,118	-,350**	-,253*	-0,222	-,392**	0,16	-0,101	-0,084	0,07	-0,106	0,132	0,158	-0,158
İnce Kök Karbon Ağırlık (ton/ha)	-0,067	0,054	0,035	-0,173	-0,076	-0,054	-0,127	0,09	0,139	-0,021	-0,071	0,001	0,05	0,15	-0,15
Kılcal Kök Azot (%)	0,22	-0,122	-0,168	-0,115	-0,172	0,078	-0,139	,291*	-0,223	0,025	-0,199	0,085	-0,162	-0,064	0,064
İnce Kök Azot (%)	-0,019	0,096	-0,041	-0,035	-0,029	-0,124	0,027	-0,174	0,124	0,045	-0,098	0,08	-0,085	-0,094	0,094
Kılcal Kök Azot Ağırlık (kg/ha)	0,233	-0,074	-0,217	-,326**	-,317**	-0,087	-,364**	,326**	-,243*	-0,041	-0,117	-0,006	-0,035	0,059	-0,059
İnce Kök Azot Ağırlık (kg/ha)	-0,078	0,09	0,022	-0,168	-0,085	-0,081	-0,091	0,009	0,158	-0,008	-0,062	0,013	0,011	0,07	-0,07

Tablo 65. Ölü örtü özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon tablosu

	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	pH	EC (µS/cm)	Organik Karbon (%)	Toplam Azot (%)	C/N Oranı	Kireç (%)	Tarla Kap. (%)	Solma Nok. (%)	Fsk (%)	Hacim	İskelet içeriği	İnce Kısım
Ölü Örtü Ağırlık (ton/ha)	-0,144	0,008	0,156	,355**	,372**	0,178	0,170	0,001	-0,069	-0,071	0,205	-0,137	-0,061	0,061	-0,061
Ölü Örtü Karbon (%)	-,305**	0,180	,248*	0,121	0,157	-0,120	0,104	-,334**	0,208	-0,175	0,123	-0,210	0,033	-0,042	0,042
Ölü Örtü Karbon Ağırlık (ton/ha)	-0,215	0,051	0,214	,402**	,427**	0,152	0,207	-0,082	-0,021	-0,089	0,227	-0,160	0	0,009	-0,009
Ölü Örtü Azot (%)	-0,228	,275*	0,078	0,163	0,122	0,012	0,230	-,314**	-0,091	-0,203	0,188	-,263*	-0,069	-0,177	0,177
Ölü Örtü Azot Ağırlık (ton/ha)	-0,218	0,117	0,168	,363**	,356**	0,185	,274*	-0,130	-0,096	-0,091	,256*	-0,172	-0,066	0,01	-0,01
Ağaç Serveti (m ³)	-0,102	-0,006	0,128	0,196	,308**	0,201	0,117	0,138	-0,128	0,067	0,023	0,053	0,079	0,123	-0,123

Tablo 66. Ölü örtü özellikleri ile kök özellikleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon tablosu

	Kılcal Kök Ağırlık (ton/ha)	İnce Kök Ağırlık (ton/ha)	Kılcal Kök Karbon (%)	Kılcal Kök Karbon (ton/ha)	İnce Kök Karbon (%)	İnce Kök Karbon (ton/ha)	Kılcal Kök Azot (%)	İnce Kök Azot (%)	Kılcal Kök Azot (kg/ha)	İnce Kök Azot (kg/ha)
Ölü Örtü Ağırlık (ton/ha)	0,068	-0,005	-0,036	0,037	-0,074	-0,028	0,121	-0,159	0,043	-0,089
Ölü Örtü Karbon (%)	-0,045	-0,01	0,156	0,025	0,087	0,014	-0,125	-0,028	-0,052	0,009
Ölü Örtü Karbon Ağırlık (ton/ha)	0,045	-0,009	-0,004	0,029	-0,069	-0,031	0,079	-0,155	0,012	-0,091
Ölü Örtü Azot (%)	-0,04	-0,154	-0,124	-0,093	-,243**	-,197*	-0,019	-0,085	-0,175	-,235*
Ölü Örtü Azot Ağırlık (ton/ha)	0,039	-0,044	-0,076	-0,008	-0,164	-0,079	0,106	-0,166	-0,028	-0,15
Ağaç Serveti (m ³)	-0,073	-0,056	,228*	0,045	,195*	-0,029	0,034	-,314**	0,138	-0,166

4 TARTIŞMA

4.1 Ağaç Serveti Miktarlarına İlişkin Tartışma

Çalışma alanındaki örnek alanların ağaç servetine ilişkin hesaplamalar meşcere tipi, bonitet ve bakıya göre yapılmıştır.

Buna göre iyi bonitetli alanlardan kötü bonitetli alanlara gidildikçe ağaç serveti miktarında bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Fakat istatistiki olarak bu azalmanın anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan birçok çalışmada bonitet ile ağaç serveti arasındaki ilişki ekolojik araştırma konusu olmuştur. Yapılan bu çalışmalarda da, iyi bonitetten daha düşük bonitetlere doğru gidildikçe ağaç serveti miktarında genellikle bir azalmanın olduğu görülmüştür. Ancak bu ilişkinin istatistiksel anlamlılığının değişkenlik gösterebildiği, ve bazı bulguların bu azalmanın her zaman istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ortaya koymaktadır.

İklim değişimlerine karşı ağaçların büyüme tepkilerine odaklanılan çalışmalarda, farklı türlerin aynı çevresel koşullar altında büyüme açısından farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Lévesque ve ark. (2013), Norveç ladini ve Avrupa karaçamı gibi iğne yapraklı ağaçların azalan su mevcudiyeti altında radyal büyümede düşüşler gösterdiğini; ancak daha derin toprak nemine erişebilme yeteneklerinin olumsuz etkilerini kısmen hafiflettiğini tespit etmiştir. Bu durum, ağaç servetinin yalnızca doğrudan bonitet koşullarından değil, aynı zamanda habitat içindeki daha derin ekolojik etkileşimlerden de etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Diğer bir çalışmada, Camarero ve ark. (2015) şiddetli kuraklığın sarıçam büyümesi üzerindeki etkisini incelemiş ve kuraklık stresine bağlı olarak ağaç gerilemesi için erken uyarı işaretleri tespit etmiştir. Bu bulgu, farklı bonitet koşullarındaki çevresel stres faktörleri ile ağaç sağlığı ve büyümesi arasındaki karmaşık etkileşimleri göstermektedir. Rozas (2005) tarafından yapılan araştırma da, ılıman yapraklı ormanlardaki ağaçların iklim değişimlerine karşı kurak bölgelerdeki ağaçlara kıyasla daha düşük duyarlılık gösterdiğini, yerel çevresel faktörlerin, bonitetin olası etkilerini gölgede bırakabileceğini öne sürmektedir.

Ayrıca Bucagu ve ark. (2012), insan kaynaklı çevresel değişimlerin ağaç servetini etkilediğine işaret ederek belirli müdahalelerin ağaçların dirençliliğini etkileyebileceğini vurgulamıştır. Bu bakış açısı, ağaç servetindeki azalmaların yalnızca arazi kalitesini yansıtmadığını, aynı zamanda daha geniş ekolojik bağlamlarla yakından ilişkili olduğunu göstermekte ve bazı çalışmalarda gözlemlenen istatistiksel olarak anlamsız düşüşleri desteklemektedir.

Dolayısıyla bu çalışmalar topluca değerlendirildiğinde, bonitet azaldıkça ağaç servetinde bir düşüş eğilimi gözlenebilse de, istatistiksel anlamlılık her zaman ekolojik açıdan anlamlı farklılıkları yansıtmayabilir. Tüm bu yapılan çalışmalara bağlı olarak kızılçam meşcerelerinde bonitet ile ağaç serveti arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı çıkmaması, türün ekolojik esnekliği, iklim stresinin baskın rolü, habitat çeşitliliği ve insan etkilerinin birlikte yarattığı bir durum olarak değerlendirilebilir. Bu, literatürde vurgulanan bonitet etkisinin tek başına belirleyici olmayabileceği görüşüyle de uyumludur.

Meşcere tipine göre değerlendirme yapıldığında gelişim çağı ve kapalılık arttıkça ağaç servet miktarının belirgin şekilde arttığı ortaya çıkmıştır. Bilindiği üzere ağaç serveti hesaplamasında çap ve boy ilişkisi değerlendirmeye alındığından dolayı c gelişim çağından d gelişim çağına geçişte hem çap hem de boy miktarında önemli farklılıklar söz konusu olmaktadır. Özellikle d gelişim çağı ve 3 kapalılıktaki meşcerede ağaç serveti miktarı oldukça dikkat çekici değerlere ulaşabilmektedir. Ortalama ağaç serveti miktarı c gelişim çağı ve 2 kapalılıktaki meşcerede 111 m³ iken, aynı gelişim çağının 3 kapalılıktaki meşceresinde 157 m³'e yükselmiştir. Benzer şekilde d gelişim çağına 2 kapalı meşcerede 285 m³ olan ağaç serveti değeri 3 kapalılıkta 361 m³ 'e ulaşmıştır.

Ağaç servet değerlerinin bakıya göre değerlendirilmesi yapıldığında ise güneşli bakıdaki servet miktarının gölgeliye bakıya nazaran biraz daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu fazlalık istatistik bakımından önemli düzeyde çıkmamıştır. Ortalama servet miktarı güneşli bakıda 234 m³ iken bu değer gölgeli bakıda 207 m³ olarak hesaplanmıştır.

Önemli bir çalışma olan Sarijeva ve arkadaşlarının (2007) yaptıkları araştırmada, güneş ışığına maruz kalma durumuna göre ağaç servetinin değişimini etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmışlar ve ağaçların güneş ışığına bağlı olarak fotosentetik pigment değerlerinin önemini vurgulamışlardır. Ginkgo biloba ve Fagus türlerinde fotosentetik aktivite ve pigment konsantrasyonlarını incelenmiş ve güneşli bakılarda yetişen ağaçların gölgeli bakılardaki ağaçlara kıyasla daha yüksek pigment konsantrasyonuna sahip

olduğunu ortaya koymuşlardır (Sarijeva ve ark., 2007). Özellikle, güneşli koşullarda yetişen Ginkgo yapraklarının gölgeli koşullardaki yapraklara oranla yaklaşık %50 daha fazla karotenoid içerdiği belirlenmiştir (119 mg/m²'ye karşı 58 mg/m²) (Kobus-Cisowska ve ark., 2020). Bu artan pigment konsantrasyonu da, güneşli bakılardaki ağaçların fotosentez için daha fazla güneş ışığı kullandığını ve dolayısıyla büyüme ve genel canlılıklarının artabileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, güneşli bakılardaki kuraklık stresi ve toprak besin maddesi mevcudiyeti gibi faktörler bu bakıların bu avantajlarını azaltabilmekte ve bu durum, bakılar arasındaki servet miktarlarının her zaman anlamlı bulunmamasını açıklayabilmektedir (Ray, 2016).

4.2 Kök Miktarlarına İlişkin Tartışma

Kök kütlesi, orman ekosistemlerinde madde döngüsünü anlamada kritik öneme sahip olup, toprak altındaki canlı bitkisel materyalde biriken besin maddeleri hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır (Tüfekçioğlu ve ark., 2005). Kök miktarının bitki türü, bitki yaşı, toprak derinliği, toprak nemi, topraktaki besin elementleri ve toprak tekstürü gibi faktörlerden etkilendiği ifade edilmektedir (Cairns ve ark., 1997).

Çalışmamızda, meşcere tipi değişikliğine bağlı olarak birim alandaki kök kütlesine ilişkin sonuçlar bulgulara ilgi tablolarda verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kızılçam meşcerelerindeki kılcal kök kütlesi (0-2mm) Çzc2 meşcere tipinde ortalama 8,2 ton/ha, Çzc3 meşcere tipinde 9,0 ton/ha, Çzd2 meşcerelerinde 7,7 ton/ha ve Çzd3 meşcere tipinde 8,6 ton/ha olarak belirlenmiştir. Kılcal kök miktarlarının meşcere tipi farklılığına göre düzensiz bir dağılım göstermektedir. Genel manada kapalılık arttıkça kılcal kök miktarının artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Kapalılık, ağaçlar arasında rekabetin artmasına bağlı olarak kök kütlesinde doğru orantılı olduğu düşünülmektedir. Kılcal kök kütlesinin en fazla Çzc3 meşcerelerinde çıktığı görülmektedir. Kök yayılımı üzerine edafik faktörlerden özellikle toprak türü ve geçirgenliği etkilidir (Cairns ve ark., 1997; Kantarcı, 1973). Toprak tekstürü toprak organik maddesi ve topraktaki su miktarı da etkileyebilir. Korelasyon analizine göre kök miktarı ile solma noktası arasında pozitif ilişki çıkmıştır. Solma noktasının yüksek olması, bitkinin mevcut toprak suyundan faydalanma kapasitesini azaltır; bu da suya erişim ihtiyacını artırabilir. Hektardaki ağaç sayısı kök imktarında etkili olabilir. İbrelili ormanlarda 0-2 mm kalınlığa sahip kök kütlesinin 1 ile 12,6 ton/ha arasında değiştiği ifade edilmektedir (Fogel, 1983). Dolayısıyla çalışma

literatürle uyum içerisinde. İnce kök miktarı (2-5 mm) Çzc2 meşcere tipinde 1,64 ton/ha, Çzc3 meşcere tipinde 1,35 ton/ha, Çzd2 meşcere tipinde 1,39 ton/ha, Çzd3 meşcere tipinde 1,59 ton/ha olarak belirlenmiştir. Genel literatür değerlendirmelerinde toprak özellikleri ile kök kütlesi arasında ilişkilerin olduğu ifade edilmektedir. Fakat yapılan bu çalışmada toprak özellikleri ile kök kütlesi arasında korelasyon analizinde bir ilişki tespit edilememiştir. Kök gelişiminde meşcere yaşı, bonitet ve iklim elemanlarından sıcaklık ve yağışın etkisi önemli olabilmektedir. Ortalama kalın kök miktarları (>5 mm), Çzc2 meşcere tipinde 2,52 ton/ha ile Çzd3 meşcere tipinde 16,41 ton/ha arasında değişmektedir. Çzc2 meşcerelerinden Çzd3 meşcerelerine doğru düzenli bir şekilde artışı görülmektedir. Toprak üstü servetin artmasıyla kalın kök miktarında da artış gözlenmiştir. Lin ve arkadaşları (2006), yaptıkları çalışmada toplam kalın kök kütle değerinin göğüs yüksekliği ile güçlü ve istatistik olarak anlamlı düzeyde bir ilişkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Zengin (2010) saf sarıçam meşcerelerinin 1,5-19,4 ton/ha, sarıçam-göknar meşcerelerinin 1,57-20,65 ton/ha ve sarıçam-ladin meşcerelerinde ise 1,94-17,77 ton/ha değiştiğini ifade etmiştir.

Kahveci (2024) ise saf karaçam meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada hem çok eğimli (% 17- 36) alanlarda Çkbc2 (kılcal kök: 9,701 ton/ha - ince kök: 2,517 ton/ha) ve Çkbc3 (kılcal kök: 7,849 ton/ha - ince kök: 2,437 ton/ha) meşcerelerinde, hemde dik eğimli (% 36-58) meşcerelerinde birim alandaki kılcal kök kütlesi (0-2mm) ve ince kök kütlesinin (2-5 mm) kapalılığın artmasına bağlı olarak azaltıldığını belirtmiştir. Kalın kök kütlesinde Çk (ort: 8,714 ton/ha) meşcerelerin ve ÇkÇs (ort: 9,075 ton/ha) meşcerelerinin kapalılıkla azaldığını, ÇkM (ort:11,93 ton/ha) meşcerelerinin ise kapalılığın artmasına bağlı olarak arttığını belirtmiştir. Başka bir çalışmada, Kocamanoğlu (2022) Doğu ladini meşcerelerinde yaptığı araştırmada, 0-2 mm çapındaki köklerin ortalama biyokütleleri; a meşcere gelişme çağında 12,14 ton/ha, b gelişme çağında 15,15 ton/ha ve bc gelişme çağında 15,50 ton/ha olarak belirlenmiştir. 2-5 mm çapındaki köklerin ortalama biyokütlesi ise a gelişme çağında 2,68 ton/ha, b gelişme çağında 3,57 ton/ha ve bc gelişme çağında 3,08 ton/ha olup, meşcere gelişme çağındaki farklılıklarla düzenli bir artış göstermiştir. Kaba kök biyokütlesi ise meşcere gelişme çağıının artışıyla düzenli bir artış sergilememiş; a gelişme çağında 8,41 ton/ha, b gelişme çağında 4,77 ton/ha ve bc gelişme çağında 6,60 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Tanı (2021) tarafından Karacabey Subasar ormanlarında yapılan bir araştırmada 1 cm'den ince olan kökler için sıralama çoktan aza doğru Dşd3, Dşc3, Kzd3, Dşe3 ve Kzc3 şeklinde sıralandığını, 1- 4 cm arasında olan köklerin ise çoktan aza doğru sırası ile Kzc3, Kzd3, Dşd3, Dşc3 ve Dşe3 şeklinde sıralandığını ifade etmiştir. Çapı 4 cm'den fazla olan kalın köklerin ise Dşd3 (77,92 t/ha) meşcereleri en birim alanda en fazla kök kütlesine sahipken en az kök kütlesi Dşe3 (28,64 t/ha) meşcerelerinde görülmüştür.

Tolunay ve ark. (2017), sahil çamı ve fıstık çamı meşcerelerinde, Karataş ve ark. (2017), sedir ağaçlandırma alanlarında yapmış oldukları çalışmada; Kök kütlesinde depolanan karbon miktarlarını meşcere gelişim çağı ve kapalılık artışına bağlı olarak arttığını belirtmiştir. Çömez (2010), sarıçam meşcerelerinde kök kütlesinde depolanan karbon miktarını farklı meşcere tiplerine göre incelemiştir. Çalışmada, kök kütlesindeki karbon miktarının en düşük Çsa meşcerelerinde 1,68 ton/ha, en yüksek ise Çsd3 meşcerelerinde 33,45 ton/ha olarak tespit edildiği ifade edilmiştir.

Öztürk (2022), karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde ise kökte depolanan karbon miktarı kalın kök için 5,14-24,64 ton/ha, ince kök için 0,40-3,11 ton/ha ve kılcal kök için 0,20-1,90 ton/ha değiştiğini, Mbohau (2023), ise ÇkÇz meşcerelerinde belirlenen ortalama biyokütle miktarları kılcal kökte 25,71 ton/ha, ince kökte 5,45 ton/ha, kaba kök ise 24,99 ton/ha olarak belirtmiştir. Bilmiş (2010) Edirne-Keşan yöresindeki kızılçam meşcerelerinde yapmış olduğu çalışma sonucunda kılcal kök kütlesi 2,49-4,89 ton/ha arasında, ince kök kütlesi 0,62-1,33 ton/ha ve kalın kök kütlesi (5-10 mm) 0,348-2,07 ton/ha olarak belirtmiştir. Yıldız (2021), Adana-Feke yöresi saf karaçam meşcerelerinde kök çukuru yöntemi ile ortalama kılcal kök miktarı 1,3 ton/ha, ince kök miktarı 1,4 ton/ha, kalın kök miktarı 8,4 ton/ha belirtmiştir. Tüfekçioğlu ve ark. (2002), Artvin ili Saçınka ve Genya bölgelerinde saf ladin ormanlarında gerçekleştirdiği çalışmada ortalama kılcal (0-2 mm) kök biyokütlesini 11,56 ton/ha, ince (2-5 mm) kök biyokütlesini 3,15 ton/ha, Kalın (>5 mm) kök biyokütlesini ise 10,20 ton/ha olarak ifade etmiştir. Bülbül (2012), ladinde yaptığı araştırma sonunda; kılcal kök kütlesinin (0-2 mm) 0,57 ton/ha ile 4,67 ton/ha aralığında, ince kök kütlesinin (2-5 mm) 0,87 ton/ha ile 9,56 ton/ha aralığında ve kalın kök kütlesinin (>5 mm) 1,36 ton/ha ile 13,19 ton/ha aralığında değişim gösterdiğini ifade etmiştir. .

Bu çalışmalar ve elde edilen araştırma sonuçları karşılaştırıldığında kök miktarı ve içerdiği karbon ve azot değerlerinde bazı farklılıkların bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların temel nedeni olarak, kök biyokütlesinin ekosistem tipleri, meşcere yaşları, toprak özellikleri ve iklim koşullarındaki çeşitlilik ve değişkenliklerin etkili olduğu düşünülmektedir (Clark ve ark., 2001; Vogt ve ark., 1995; Yuan ve Chen, 2012).

Kılcal, ince ve kaba kök kütlelerine göre kök miktarı (ton/ha), kök karbon (%) ve kök karbon miktarının (ton/ha) meşcere tiplerine göre değişimi için varyans analizi yapılmıştır. Sadece kılcal kök karbon (%) ve kalın kök (ton/ha) ile meşcere tipleri arasında ($P<0,05$) kayda değer farklılıklar görülmektedir.

Meşcerelerde kök (kılcal, ince ve kalın kök) kütleindeki karbon içeriklerine (%) ilişkin sonuçlar ilgili tabloda verilmiştir. Araştırma sonucu elde edilen ortalama karbon yüzdeleri incelendiğinde, kızılçam meşcerelerinde kılcal kökte %29,8 ile %31,5 arasında, ince kökte arasında %31,5 ile %34,4 kaba kökte ise %33 ile %46 arasında değişim göstermiştir. Yapılan bir çalışmada karaçam-kızılçam karışık meşcerelerinde ise kılcal kök, ince kök ve kalın kökte bu değerler sırasıyla %48,81, %49,30 ve %48,03 olduğunu (Öztürk, 2022), Mbohou (2023), ise kılcal kökte %48,11 ince kökte %48,53 kaba kökte %47,91 olarak belirtmişlerdir.

Bülbül (2012), toprak altı bileşeni olan köklerde depolanan karbon miktarının kılcal köklerde %43 ile %55 arasında, ince köklerde %36 ile %51 arasında, kalın köklerde ise daha düşük oranlarda, %32 ile %47 arasında değiştiğini belirtmiştir. Kahveci (2024), Samsun yöresinde yaptığı çalışmada; saf karaçam meşcerelerinde kök bileşenlerindeki organik karbon içerikleri; kılcal kökte %37,99, ince kökte %43,37, kalın kökte %44,92 olduğu, karaçam-sarıçam karışık meşcerelerinde; kılcal kökte %35,93, ince kökte %40,17, kalın kökte %41,79, karaçam-meşe karışık meşcerelerinde ise kılcal kökte %31,98, ince kökte %36,45, kalın kökte %39,35 olarak tespit etmiştir. Kocamanoğlu (2022), meşcere gelişim çağlarına göre kılcal kökte %31,47-%45,91 arasında, ince kökte %37,94-%50,67 ve kalın kökte ise %37,08-%52,87 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Bu değerler, bizim elde ettiğimiz sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur. Bazı araştırmacılar ise bitki çeşitliliğinin kök biyokütlesi veya kök karbon konsantrasyonunu artırabileceğine dikkat çekmiştir (Fornara ve Tilman, 2008; McNally ve ark., 2015).

Çalışma alanındaki köklerdeki azot içerikleri kılcal köklerde ortalama bonitete göre %0,71 ile %0,74 arasında, ağırlıkları ise 56,9 kg/ha ile 61,33 kg/ha arasında değişmiştir. Bonitetin iyileşmesi kökte tutulan azot miktarında artışırmıştır. Fakat bu değişim önemli düzeyde olmamıştır. İnce kökteki değişimlere baktığımızda yine bonitetin etkisi istatistiksel olarak etkili olmamıştır. % içerikleri 0,30 ile 0,32 arasında değişmiştir. Kök çapı arttıkça içinde barındırdığı azot miktarı azalmıştır. İçerik olarak kökte kalınlık arttıkça lignin içeriği artmakta dolayısı ile azottan ziyade karbon depolaması daha fazla olmaktadır. Meşcere gelişim çağları bakımından değerlendirdiğimizde gelişim çağlarının değişimi azotun % olarak değişimine çok fazla etkili olmadığını göstermiştir. Köklerdeki ağırlık farklılığından dolayı sayısal farklılıkların olduğu görülmüştür.

Bakı durumuna göre kök kütleleri incelendiğinde güneşli bakılarda ortalama kılcal kökler 8,45 ton/ha; ince kökler 1,57 ton/ha ve kalın kökler ise 11,2 ton/ha belirlenmişken gölgeli bakılarda ise kılcal kökler 8,27 ton/ha; ince kökler 1,41 ton/ha ve kalın kökler ise 6,0 ton/ha belirlenmiştir. Güneşli bakılar, gölgeli bakılara göre daha yüksek kılcal, ince ve kaba kök miktarına ve kök karbon miktarına (ton/ha) sahip olduğu belirlenmiş ancak bu farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı sadece kök karbon (%) değerlerinin anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Güneş alan bakıların, gölgeli bakılara kıyasla daha yüksek miktarda kök ağırlığının olması, çalışma alanının bölgesel olarak kurak (ortalama 650 mm yağış) olması sebebiyle, su ve besin kaynakları açısından gölgeli bakılara göre daha sınırlı koşullara sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakir yetiştirme ortamlarında bitkiler kök yüzeyini artırarak yeterli su ve besin maddelerini sağlamaya çalışmaktadırlar. Ayrıca güneşli bakılarda, güneşlenme süresi ve şiddetine bağlı olarak artan toprak yüzündeki buharlaşma düzeyinin gölgeli bakılara nazaran daha fazla olması, bitki tarafından suyun daha fazla alınmasını sağlamak için kök yüzey alanının artmasına sebep olmaktadır (Tüfekçioğlu ve ark., 2005). Meşe, Akçaağaç ve kayın meşcerelerinde yapılan bir araştırmada güneşli bakılarda kılcal kök kütlesi 9,53 ton/ha iken gölgeli bakılarda bu değer 7,96 ton/ha olarak bulunmuştur. Hendrick ve Pregitzer (1993). Bu değerler bizim çalışmalarımızla uyum içerisindedir.

Fizyografik faktörlerden biri olan bakı faktörünün, kök biyokütlesi ile topraktaki karbon depolama kapasitesi üzerinde önemli etkiler yaratabileceğini ortaya koyan birçok çalışma

mevcuttur (Hendrick ve Pregitzer, 1993; Tüfekçioğlu ve ark., 2004, 2005; Mısır ve Mısır, 2013; Yavuz ve ark., 2010; Baysal, 2012; Kartal, 2013; Pant ve Tewari, 2015).

Kartal (2013) Kayın ormanlarında yaptığı araştırmada güneyli bakılardaki kök miktarının kuzeyli bakılardaki kök kütlesine nazaran daha yoğun olduğu belirtmiştir. Güneyli bakılardaki ortalama olarak kök ağırlığı kılcal, ince ve kaba kökte sırası ile 1,91 ton/ha, 1,71 ton/ha ve 11,05 ton/ha iken kuzeyli bakılarda ise 0,76 ton/ha, 0,95 ton/ha ve 2,38 ton/ha şeklinde değiştiğini ifade etmiştir. Baysal, (2012)'de yapmış olduğu çalışmada meşelik alanlardaki kılcal kök kütlesi miktarını güneşli bakılarda 9,68 ton/ha bulunurken gölgeli bakılarda 11,66 ton/ha olarak, ince kök kütlesi miktarını güneşli bakılarda 3,18 ton/ha bulunurken gölgeli bakılarda 3,69 ton/ha ve güneşli bakılardaki kaba kök ağırlığı 7,62 ton/ha, gölgeli bakılarda 5,38 ton/ha olarak tespit etmiştir. Gölgeli bakılardaki kılcal kök kütlesinin daha fazla bulunmasını ilgili bakıdaki kil birikimine bağlı olarak bitkilerin yeterli suyu alabilmesi için fazla kök yapma eğiliminden kaynaklandığını belirtmiştir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2008), Artvin'de yayılış gösteren doğu ladini ve doğu kayını ormanlarında kök kütlesi ve karbon depolamasını incelemişler, toplam kök biyokütlesi güneye bakan bölgede 20,16 ton/ha, Kuzey bakılarda ise kök kütlesini ise 17,14 ton/ha belirlemiştir. Doğu ladininin kılcal köklerinde ortalama karbon konsantrasyonları kılcal köklerde %36,91, ince köklerinde %41,51 ve kaba köklerinde %42,72 olarak bulundu. Doğu kayınının ortalama karbon konsantrasyonları kılcal köklerde %34,47, ince köklerde %43,1 ve kaba köklerde %44,54'tür. Mısır ve Mısır (2013), doğu kayını meşcerelerinin ortalama toplam kök biyokütlesi kuzeye bakan yamaçlarda 17,58 ton/ha ve güneye bakan yamaçlarda ise 18,51 ton/ha olarak belirlemiştir. Doğu kayını meşcerelerinin ortalama toprak altı karbon depolaması kuzeye bakan yamaçlarda kılcal, ince ve kaba kök olarak sırasıyla 0,98 ton/ha 0,99 ton/ha ve 2,62 ton/ha ve güneye bakan yamaçlarda sırasıyla 1,06 ton/ha, 1,05 ton/ha ve 2,83 ton/ha olarak tespit etmiştir. Kılcal, ince ve toplam kök biyokütlesi ile karbon depolaması güneye bakan yamaçlarda kuzeye bakan yamaçlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Kuzeye bakan yamaçlarda karbon konsantrasyonları kılcal kökte, %20,1-%37,8 ince kökte %21,6-%36,2 arasında ve kaba kökte ise %20,5-%38,5 arasında iken, güneye bakan yamaçlarda ise sırasıyla %22,3-%39,1, %27,9-%38,2 ve %26,7-%41,6 arasında değiştiğini belirtmiştir. Artvin ilinde Ladin türünde yapılan bir diğer çalışmada, kılcal köklerin karbon ve azot içeriğini sırasıyla üst yamaçta kuzey bakıda %48,3 ile %0,56, güney yamaçta %48,7 ile %0,57; alt yamaçta

kuzey bakıda ise %49,4 ile %0,56 ve güney bakıda ise %49,7 ile %0,69 olduğu ifade edilmiştir (Sarıyıldız, 2015). Dolayısıyla yapmış olduğumuz çalışmada bulunan değerler ile literatürde belirtilen değerler arasında paralellik bulunmaktadır.

Zengin (2010) Giresun iline ait alucra bölgesinde saf ve karışım halde doğal yayılış gösteren sarıçam orman alanlarında kalın kök kütle miktarı üzerine yaptığı alışmada güneşli bakılarda 10,8 ton/ha, gölgeli bakılarda 7,5 ton/ha olarak belirlemiş ve istatistiksel olarak bakılar arasında anlamlı farklılıkların ($p=0.024$) çıktığını belirtmiştir.

Güneşli ve gölgeli bakılara göre; tüm derinlik kademelerinde kalın kök kütlesi bakımından önemli fark bulunamamıştır (Özbyayram 2016). Benzer olarak Tüfekçioğlu ve ark., (2002)'nin Artvin kayın meşcerelerinde ve Kocamanoğlu (2022) Karadağ kütlesi ladin ağaçlandırma sahalarında bakılara göre kılcal kök biyokütlesi ve arası önemli fark bulunurken, ince ve kaba kök kütlesi bakımından anlamlı fark bulunmadığı belirtilmektedir. Bakı farklılığının azot depolama bakımından etkisi anlamlı düzeyde çıkmamıştır. Bitki beslenme için azota ihtiyaç duyduğu için toprakta ve kökteki azot miktarını toprak üstü kısma göndermektedir. Dolayısı ile kökte fazla azot depolaması yapmamaktadır.

Bu sonuçlarda, çalışmadan elde etmiş olduğumuz değerlerden fazla ve az değerler belirlenmiş olup bunun nedeninin çalışmaların yetişme ortamı özellikleri, ağaç türü farklılığı ve karışımı oranı, ağaçların yaşı ve genetik özellikleri, kapalılık ve bonitet (yetişme ortamı verim gücü) gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabileceğı düşünölmektedir. Yine kök belirleme çalışmalarında örnekleme yönteminin farklı olmasının (kök çukuru, kök silindiri) değerlerde farklılık çıkmasına neden olabileceğı düşünölmektedir.

Bonitet sınıfı farklılığına bağlı olarak kök miktarı (kılcal, ince ve kaba) ve karbon depolama miktarı değişimleri bulgularda ilgili tablolarda verilmiştir. Bonitet farklılığına göre kök kütleleri incelendiğinde ortalama kılcal kökler I. bonitetten III. bonitete doğru sırasıyla 8,73 ton/ha, 8,25 ton/ha ve 8,07 ton/ha, ortalama ince kökler sırasıyla 1,51 ton/ha, 1,55 ton/ha ve 1,40 ton/ha, ortalama kalın kökler ise aynı sıra 12,01 ton/ha 4,33 ton/ha ve 9,51 ton/ha olarak belirlenmiştir. Depo edilen karbon miktarı ise kılcal kökte 2,29 ton/ha ile 2,74 ton/ha arasında değişmekte ve bonitet farklılığına göre çoktan aza doğru I, III ve II şeklinde sıralanmaktadır. İnce kök karbon miktarı ise 0,51 ton/ha ile 0,47 ton/ha arasında değişmekte ve bonitet farklılığına göre çoktan aza doğru I, II ve III şeklinde

sıralanmaktadır. Kalın kökte depolanan karbon miktarı sırası ile 4,35 ton/ha 1,30 ton/ha ve 3,68 ton/ha olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda kılcal ve ince kök karbon miktarına (%) ile kılcal kök karbon miktarı (ton/ha)'nın istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterdiği diğer parametrelerin ise anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Kalın kök miktarı bakımından 0-90 cm derinlikten elde edilen bulgularda kök değerleri bakımından istatistiki bakımdan farklılık anlamlı çıkmamıştır.

Yıldız (2021) tarafından Adana-Feke yöresi karaçam meşcerelerinin kök kütlesi ve depoladığı karbon miktarı üzerine yaptığı çalışmada bonitet sınıflarına göre köklerde depolanan ortalama karbon miktarlarını (ton/ha) I. bonitet sınıfında kılcal kökte 0,56 ton/ha, ince kökte 0,64 ton/ha ve kalın kökte ise 3,15 ton/ha, II. bonitet sınıfında aynı sıralama ile 0,39 ton/ha, 0,43 ton/ha ve 3,22 ton/ha, III. bonitet sınıfında ise 0,68 ton/ha, 0,83 ton/ha ve 4,60 ton/ha olduğunu tespit etmiş ve istatistiksel olarak kılcal, ince ve kalın kökteki karbon miktarları ile bonitet sınıfları arasında anlamlı farklılık bulunmadığını belirtmiştir.

Başka bir çalışmada bonitet sınıflarına göre ortalama kalın kök kütleleri incelendiğinde, en yüksek değer II. bonitet sınıfında (11,03 ton/ha), bunu sırasıyla I. bonitet sınıfı (8,19 ton/ha) ve en düşük olarak III. bonitet sınıfı takip etmiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre ise bonitet sınıfları arasında toplam kalın kök miktarı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Zengin, 2010).

Kırış (2009), Gümüşhane'nin Torul ilçesinde saf sarıçam ormanlık alanlarında kalın kök kütle miktarının değişiminin en fazla II. bonitet sınıfında (9,25 ton/ha), daha sonra III. bonitet sınıfında (9,24 ton/ha) ve en az ise I. bonitet sınıfında (8,67 ton/ha) bulunduğunu, istatistiki olarak bonitet sınıfları arasında kalın kök kütlesi bakımından fark bulunmadığı ifade edilmiştir. Yaş sınıfı arttıkça kalın kök ağırlığının arttığı ifade edilmiştir. Bunun sebebini toprak üstü biyokütlenin artışı ve bununla beraber toprak üstü biyokütlenin ayakta durması ve dengelenmesi için ağaçların kök kütlesinin artırılması faaliyetinde bulunması gerekliliğine bağlamıştır.

Bu bulgular, bizim elde ettiğimiz sonuçlardan farklılık göstermektedir. Bu farkın temelinde; çalışmaların yapıldığı yetiştirme ortamı özellikleri, ağaç türü ve karışımı, ağaçların yaşı ve genetik yapısı, meşcere kapalılığı ve bonitedeki (yetiştirme ortamı verim

gücü) farklılıklar ile örnekleme yöntemlerinin (kök çukuru, kök silindiri gibi) çeşitlilik göstermesi yatıyor olabilir.

4.3 Ölü Örtü Miktarlarına İlişkin Tartışma

Orman ölü örtüsü, genellikle mineral toprak üzerinde bulunan ve büyük oranda yıllık yaprak dökümü sonucu oluşan organik madde tabakası şeklinde ifade edilir. Organik madde, toprak canlıları vasıtası ile parçalanarak humus ve humus bileşiklerine dönüşür; böylece toprağa karışarak iyi yapılı bir kırıntı yapısı oluşturur. Bu durum, toprağın kimyasal, biyolojik ve fiziksel özelliklerini iyileştirirken kalite ve verimliliğini artırır. Ölü örtünün ayrışmasıyla mikroorganizmalar ve bitkiler için azot başta olmak üzere çeşitli besin elementleri sağlanır; bu da kök gelişimini destekleyip toprağın su tutma kapasitesini ve havalanmasını olumlu yönde etkiler (Çepel ve Tekerek, 1980).

Topraktaki organik madde ve karbon depolanması ile küresel karbon döngüsü ve karbon birikimini anlamlandırmak için en önemli parametrelerden biriside ölü örtü miktarıdır. Ölü örtü miktarının meşcere tiplerine göre değişimi bulgular kısmında ilgili tabloda verilmiştir. Saf kızılçam meşcerelerindeki ölü örtü miktarı ve ölü örtü karbon miktarı (ton/ha) meşcere tiplerine göre önemli farklılıklar görülmektedir ($P<0,05$). Çalışmamızda ölü örtü miktarının, Çzc2 meşcere tipinde 32,9 ton/ha, Çzc3 meşcere tipinde 38,3 ton/ha, Çzd2 meşcere tipinde 46,8 ton/ha ve Çzd3 meşcere tipinde 52,2 ton/ha olarak belirlenmiştir. Ölü örtü miktarının c2 meşcerelerinden d3 meşcerelerine doğru düzenli bir şekilde artışı görülmektedir. Meşcere tiplerindeki toplam ölü örtü miktarının, meşcere serveti ile pozitif yönde ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Nitekim c2 meşcereleri 111,2 m³/ha servete sahipken d3 meşcereleri 360,9 m³/ha servete sahiptir. Meşcerenin gelişimiyle birlikte ibre biyokütlesindeki artış, ölü örtüye olan katkıyı yükseltmiş; buna paralel olarak kapalılıktaki artış ise ölü örtünün ayrışma hızını yavaşlatarak toplam biyokütle miktarının artmasına yol açmıştır (Çömez, 2010). Ölü örtü miktarı üzerinde, iklim özellikleri, mevki, yeryüzü şekli, ağaç türü, ormanın yaşı, kapalılık derecesi, toprak canlıları ve toprak özellikleri gibi birçok faktörün etkili olduğu ifade edilmektedir (Kantarcı, 2000; Çepel ve Tekerek, 1980). Kızılçamda yaptığı araştırmada ölü örtü miktarı 7219- 43426 kg/ha arasında tespit etmiştir. Tolunay ve Çömez' in (2008) yaptığı çalışmada Türkiye'de ormanlık alanlardaki toprak ve ölü örtüde depo edilen organik karbon miktarlarının belirlenmesi kapsamında, kızılçam ormanlarındaki ölü örtü

miktarının 3,8 ile 43,4 ton/ha arasında bulmuşken, tüm ibreli ormanlarda ölü örtü biyokütlesini ortalama 21,7 ton/ha belirlemiştir. Çalışmamıza ait bulgularımız, yapılan çalışmalarla uyum içerisindedir. Kızılçamda ölü örtü miktarı marn anakayasası üzerindeki meşcerelerde 6,3 ton/ha, konglomera anakayasası üzerindeki meşcerelerde ise 13 ton/ha olarak bulunmuştur (Aka Sağlıker ve Darıcı, 2007). Bu değerler, bizim elde ettiğimiz değerlerden daha düşük bulunmuştur. Ölü örtü miktarındaki farklılıklar, ağaç türlerinin ibre miktarındaki değişkenlik ve dökülen ibre miktarının iklim, enlem ile diğer yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak değişmesinden kaynaklanmaktadır (Berg ve ark., 1999; Pausas, 1997). Karaöz (1993) tarafından ölü örtü miktarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmada, toplam ölü örtü miktarı *Pinus jeffreyi* ağaç türü için ise 44898 kg/ha olarak bulunmuştur. Ölü örtü miktarını belirlemek için yapılan başka bir çalışmada göknar-kayın meşcerelerinde ortalama 42931,2 kg/ha, göknar-kayın-sarıçam meşcerelerinde ortalama 33849,3 kg/ha, göknar-sarıçam meşcerelerinde ortalama 46920,7 kg/ha olarak bulunmuştur (Arol, 1959). Bu veriler elde etmiş olduğumuz verilerle benzerlik göstermektedir.

Meşcerelerde birim alandaki ölü örtü karbon miktarları; Çzc2 meşcerelerinde 9,3 ton/ha, Çzc3 meşcerelerinde 10,7 ton/ha; Çzd2 meşcerelerinde 13,6 ton/ha Çzd3 meşcerelerinde 14,1 ton/ha'dır. Tolunay ve Çömez (2008)'in Türkiye kızılçam ormanlarında ölü örtü karbon miktarını 1,2- 16,4 ton/ha değerleri arasında bildirmiştir. Öztürk (2022) Karaçam-kızılçam meşcerelerinde ölü örtü miktarında depo edilen karbon değerlerinin 1,84-12,91 ton/ha arasında değiştiğini ifade etmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada bu değerlerle benzerlik göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde, meşcere kapalılığının ve gelişim çağıının artmasıyla ölü örtüdeki karbon miktarında da artış tespit edilmiştir. Kocamanoğlu (2022), tarafından doğu ladini meşcerelerinde gerçekleştirilen araştırmada, ölü örtüdeki depo edilen ortalama karbon miktarını; a çağıında 2,64 ton/ha, b çağıında 3,36 ton/ha ve bc çağıında ise 4,70 ton/ha olarak tespit edilmiştir. Tolunay ve ark. (2017), sahil çamı örnek alanlarında ölü örtü karbon stoklarını belirledikleri çalışmada; ölü örtüdeki karbon stokunu 4,4 ton/ha ile en az a gelişim çağıındaki meşcerelerde en fazla ise 18,7 ton/ha ile cd gelişim çağıındaki meşcerelerde olduğunu belirtmişlerdir. Fıstık çamı ağaçlandırmalarında ise ortalama ölü örtü karbon stoklarının 7 ton/ha ile 18 ton/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Güner ve Çömez (2014) tarafından karaçam meşcerelerinde yapılan araştırmada, birim alanda ölü örtüde depo edilen karbon miktarının

en düşük ka3 meşcerelerinde 1,969 ton/ha, en yüksek ise kc3 meşcerelerinde 12,491 ton/ha olarak belirlemişlerdir. Karataş ve ark., (2017), sedir ağaçlandırma alanlarında, Sarıyıldız ve ark. (2024), kızılğaç meşcerelerin de yapmış oldukları çalışmalarında da benzer bulgular elde edilmişlerdir. Bu veriler elde etmiş olduğumuz verilerle benzerlik göstermektedir.

Genel olarak, meşcere gelişimiyle birlikte kütlede meydana gelen artışın, meşcerenin toprak karbon ve besin stoklarını artırıcı etkisi olduğu çeşitli çalışmalarda ortaya konmuştur (Güner ve Özkan, 2019; Novák ve ark., 2017). Ayrıca, dökülen ibre miktarının ormanın sıklığı, yaşı ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği de belirtilmektedir (Irmak, 1968).

Meşcere tipinin değişimine bağlı olarak ölü örtülerin ortalama karbon içerikleri (%) arasında fark olup olmadığını sınamak için varyans analizi yapılmış ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Bakı durumuna göre ölü örtü miktarı gölgeli bakılarda (45,2 ton/ha) güneşli bakılarda (45,2 ton/ha) olarak bulunmuştur. Ölü örtü miktarı bakımından ise bakının etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Bakı durumunun değişimine bağlı olarak artan güneşlenme süresi ve şiddeti güneşli bakılarda sıcaklığın artırıp nemi ise azaltması beklenen bir olgudur. Nitekim Augustine ve Capotondi, (2022), güneye bakan yamaçlar daha fazla güneş radyasyonu aldığını belirtmiştir. Gölgeli bakıda vejetasyon, toprak, bitki besin maddesi ve nem daha yüksek (Kantarcı, 1980a; Çepel, 1995) olup, buna bağlı olarak vejetasyon yapısının daha kuvvetli olması ve ölü örtü birikimini (Jasińska ve ark., 2019) artırmasıdır.

Çepel ve Tekerek (1980), kızılçam Düşlerçanı ve Korkuteli Orman işletme Müdürlükleri sınıflan içinde bakı durumuna göre ölü örtü miktarlarını güneşli bakılarda 19639 (kg/ha), gölgeli bakılarda 36618 (kg/ha) tespit etmiştir. Yaşlı saf karaçam ormanlarında kuzey bakı yönünde toplam ölü örtü miktarı 9,58 t/ha, güney bakıda ise 12,36 t/ha olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, sırkılık devresindeki karaçamda kuzey bakıda toplam ölü örtü miktarının 63,85 t/ha olduğu belirlenmiştir (Sevim, 1954). Demir ve Göl (2022), karaçamda yapmış olduğu çalışmada gölgeli bakılarda ölü örtü miktarını ortalama 171,71 ton/ha, güneşli bakılarda 70,38 ton/ha olarak bildirmişlerdir. Dolayısıyla bu çalışmada

bulunan değerler literatürdeki çalışmalar sonucunda belirlenen veriler ile uyumlu olduğu dūřınılmektedir. Çalışmamızda ölü örtü karbon içeriği kuzey bakılarda (%27,5) güney bakılarda (%28,7) olarak belirlenmiştir. Kızılçamda gerçekleştirilen başka bir çalışmada, ölü örtü karbon içeriği marn anakaya üzerindeki meşcerelerde %44,8, konglomera anakaya üzerindeki meşcerelerde ise %35,4 olarak belirlenmiştir (Aka Sağlıker ve Darıcı, 2007). Bu değerler, elde ettiğimiz bulgulardan daha yüksek bulunmuştur.

Ölü örtünün karbon içeriği, ağaç türlerinin ölü örtü özellikleri, ayrışma derecesi ve ölü örtü tabakalarının bulunuş miktarına bağlı olarak değişmekte olduğu belirtilmektedir (ömez, 2010; Sarıyıldız ve ark., 2005). Ayrıca, yetişme ortamı koşullarının da ölü örtü tabakalarının miktarını etkilediği ifade edilmektedir (ömez, 2010; Karataş ve ark., 2017).

Çalışmada, ölü örtüye ait karbon miktarının (ton/ha) bakı faktörlerine göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda, bakı faktörlerine bağlı olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Ölü örtüde depo edilen azot içerikleri içerik bakımından farklılık göstermesede depo edilen miktar bakımından önemli farklılıklar göstermiştir. Özellikle ölü örtü miktarı arttıkça içinde depo edilen azot miktarıda artış göstermiştir. Buna toprak üstü servetteki artışta etkili olmuştur. % içerik olarak gelişim ağı arttıkça içerik miktarına kısmı bir dūřuř tespit edilmiştir. Bu dūřuř önemsiz düzeydedir.

Ölü örtü miktarının bonitet durumuna göre değişimi Tablo 8’de verilmiştir. Araştırma alanındaki ölü örtü miktarı ve organik karbon miktarı bakımından bonitet arasında istatistiksel bakımdan kayda değer farklılıklar göstermemiştir ($P<0,05$).

Ölü örtü miktarının, canlı bitkisel kütle ile doğrudan bağlantılı olduğu dūřınılmektedir. Çünkü canlı bitkisel kütledeki artış, doğal olarak ölü örtü kütlelerinin de artmasına yol açmaktadır. I. bonitette en fazla çıkması bununla açıklanabilir, nitekim I. bonitet 236,1 m³/ha servetle ilk sıradadır. Erkan ve ark., 2018 kızılçam ormanlarında, meşcere göğüs yüzeyi ile dökölme miktarı arasında anlamlı ilişkiler bulmuştur. II. bonitet 209,1 m³/ha servetle en az bitkisel kütleyle sahiptir. Meřcerelerdeki ölü örtü miktarı üzerinde servetin yanında, döküntü miktarı ve ölü örtü ayrışma süreci olarak iki önemli parametrenin daha rol oynadığı belirtilmektedir (Sarıyıldız ve ark., 2024). Bu parametrelerin değişkenliğine

meşcere özellikleri (sıklık, yaş), iklim özellikleri (sıcaklık, yağış, fırtına, kırağı) toprak özellikleri ve uygulanan silvikültürel müdahaleler etki etmektedir (Berg ve Meentemeyer, 2001; Negash ve ark., 2013). Kızılçamlarda yükseltinin ve yapılan aralama şiddetinin artmasıyla dökülen ibre miktarının azaldığı, kırklı yaşlarda en fazla ibre dökümünün olduğunu belirlemiştir (Çepel ve ark., 1988). Alemdağ'ın (1962) hazırladığı kızılçam normal hasılat tablosunda, 60 yaş için verilen değerlere bakıldığında, I. bonitet sınıfında hektar başına 162,672 m³ olan servet miktarının, III. bonitet sınıfındaki 57,716 m³/ha değerinin yaklaşık üç katı olduğu görülmektedir. Ancak Eler (2002), ormanlarımızda düzenli bakım uygulamalarının yeterince yapılmadığını, bu nedenle tabloda yer alan değerlerin gerçek sahadaki verimliliği tam olarak yansıtmadığını belirtmiştir. Bu durumun bonitetler arasında bitkisel kütle ve ölü örtü miktarna etki ettiği ve bonitetler arasında anlamlı farklılığın çıkmamasını yukarıda anlatılan özelliklerdeki farklılıklardan ve zamanında yapılmayan silvikültürel müdahalelerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bonitet durumuna göre değerlendirme yapıldığında % içerikler bakımından 3. bonitetteki azot içeriği en yüksek 1. bonitetteki en düşük seviyede çıkmıştır. Depo edilen kısma bakıldığında ise en yüksek değer 1. bonitette çıkarken en düşük değer ise üçüncü bonitette çıkmıştır. Bu durum meşcerelerde içerik olarak azotun ibrelerden ziyade servet artımının sağlanmasına yönelik kullanıldığını göstermektedir. Toplam değerde ise döküm miktarının fazla olmasından dolayı 1. bonitette çıkmıştır. Bu beklenen bir durumdur. Çünkü servet ile ölü örtü arasında korelasyon analizinde pozitif bir ilişki çıkmıştır.

Kocamanoğlu (2022), ladin ormanlarında yürüttüğü araştırmada, ölü örtülerin ortalama azot içeriklerini meşcere gelişme çağlarına göre sırasıyla; a gelişme çağında %1,81, b gelişme çağında %1,69 ve bc gelişme çağında %1,58 olarak belirlemiştir. Karaöz (1993) ise ortalama 31 yaşındaki doğu ladinini ağaçlandırma sahalarında L, F ve H tabakalarından ayrı ayrı aldığı ölü örtü örneklerinde karbon içeriklerinin %28,12 ile %56,75 arasında, azot içeriklerinin ise %0,89 ile %1,34 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Aynı çalışmada, ortalama yaşı 30 olan Avrupa ladinini ağaçlandırma alanlarında alınan benzer örneklerde ise karbon içerikleri %21,16 ile %44,46, azot içerikleri ise %0,66 ile %1,28 arasında değişmiştir. Bu veriler, ölü örtüdeki C ve N içeriklerinin tür, yaş, tabaka ayrımı ve yetiştirme ortamı özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Sarıyıldız (2008), ortalama yaşı 100- 110 olan doğu ladinin meşcerelerinde ölü örtü karbon içeriğini %46,4; azot içeriğini %1,16, Duman (2008), 100 yaşının

üstündeki saf ladin meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada ise ölü örtü azot içeriğini ortalama %1,3 olarak tespit etmiştir. Sarıyıldız ve ark. (2004) ortalama yaşı 90-100 olan saf doğu ladini meşcerelerinde yapmış olduğu çalışmada ölü örtü azot içeriğini %1,16 olarak tespit etmiştir. Sarıyıldız ve ark. (2008), Artvin Hatila vadisinde ortalama yaşı 81-193 arasında değişen ladin meşcerelerinde gerçekleştirdiği çalışmada ölü örtü azot içeriklerini 1,17-1,46 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar genel itibarı ile bizim bulduğumuz sonuçlardan yüksek çıksada bazı verilerle uyumlu olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

4.4 Toprak Özelliklerine İlişkin Tartışma

Araştırma alanındaki topraklardaki toprakların kum kil ve toz değerleri, bonitet, meşcere gelişim çağı ve bakıya göre değerlendirilmiştir. Kum kil ve toz değerleri derinlik kademelerine göre farklılık göstermiştir. Kum miktarı genel itibarı ile 1. bonitetlerde fazla çıkarken 3. bonitetlerde en düşük değerde çıkmıştır. Kil içerikleri ise en yüksek 2. bonitetlerde ortaya çıkmıştır. Meşcere gelişim çağları ve kapalılık değerlendirildiğinde ise gelişim çağı ve kapalılık arttıkça kum miktarında bir azalma söz konusu olurken kil miktarında belirgin değişime rastlanılmamıştır. Meşcere gelişim çağındaki değişim sadece kum miktarı üzerinde 10-30 cm ve 30- 50 cm derinlik kademelerinde etkili çıkmıştır. Bakı farklılığı değerlendirildiğinde ise kum kil ve toz değerleri bakımından bakı farklılığının önemi çok fazla çıkmamıştır. Kum, kil ve toz değerleri arasındaki farklılık ise belirgin değildir. Bu farklılığın olmamasının nedeni olarak topraktaki tarla kapasitesi solma noktası ve organik madde değerlerinin değişkenliği gösterilebilir. Çalışma alanlarındaki tarla kapasitesi, solma noktası ve FSK değerleri hem bonitet hem meşcere gelişim çağı ve hemde bakı farklılığı olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Korelasyon analizi sonucunda genel itibarı ile topraktaki kum ve kil değerleri ile organik madde, tarla kapasitesi ve solma noktası arasında belirgin bir korelasyon gözlenmemiştir. Bölgenin kurak bir bölge(ortalama 600 mm) olması nedeni ile topraktaki ayrışma olaylarının yavaş olmasıda bu durumu daha belirgin şekilde açıklayabilir. Çünkü yapılan literatür araştırmasına göre özellikle yağış alan bölgelerde yüksek yağış nedeni ile kilin yıkanıp taşınması ve özellikle toprağın asitleşmesi nedeni ile ayrışma olaylarını hızlandırması ile toprak tekstüründe değişim beklenebilir (Kantarıcı, 2000; Sarıyıldız, 2011). Çalışma alanının kurak bölge olması bu durumu engelleyebilmektedir. Yine toprak üzerindeki ölü

örtü miktarının değişkenliğide toprak teksütürünü değiştirebilir. Yapılan analizde ölü örtü miktarı ile toprağın kum, kil ve toz değerleri arasında anlamlı bir korelasyon çıkmamasıda bu durumu destekler niteliktedir. Meşcere gelişim çağı ya da ağaç yaşıda topraktaki kum, kil ve toz içeriklerini değiştirebilir. Nitekim yapılan çalışmalarda ağaç yaşının ve meşcere gelişim çağının toprak tekstürü üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir (Çömez, 2010; Savacı, 2017; Turfan, 2016). Çalışmada bakı farklılığının toprağın mekanik bileşimine etkisi üzerinde etkisinin olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Fakat yapılan çalışmalarda bakı farklılığının toprak tekstürü üzerinde etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Altun, 1995; Socha, 2008; Kocamanoğlu, 2022).

Çalışma alanındaki iskelet içeriği değerlerinin bonitet özelliği kötüleştikçe kısmen arttığı ince kısmın ise azaldığı görülmüştür. Özellikle 10-30 cm ve 50-80 cm derinlik kademesinde bu değişim belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Meşcere gelişim çağına göre değerlendirildiğinde ise c çağından d çağına doğru gidildikçe iskelet içeriğinde üst topraklarda genel itibarı ile bir azalma alt topraklarda ise kısmı bir artış görülmüştür. Fakat bu artış önemli düzeyde değildir. Bakı farklılığının etkisine bakıldığında güneşli bakılar ile gölgeli bakılar arasında hem sayısal veri hemde istatistik bakımından anlamlı farklılık çıkmamıştır. İnce kısım miktarındaki değişimde iskelet miktarı ile benzer ilişki göstermektedir. İnce kısım miktarı % 40-60 arasında değişim göstermektedir. Bonitet farklılığının etkisi 10-30 cm derinlik kademesi ve 50-80 cm derinlik kademelerinde belirgin görülmüştür. Meşcere tipinin ve bakı farklılığının ince kısım üzerine önemli düzeyde etkisi çıkmamıştır. İskelet içeriği üzerine etkili olan faktörler genel olarak toprakların hacim ağırlıkları ve organik madde içerikleridir.

Hacim ağırlıklarında ve organik madde içeriklerinde belirgin farklılık görülmeyen alanlarda iskelet içeriği bakımından farklılık önemsiz düzeyde çıkmaktadır. Çalışmada bonitet farklılığının meşcere tipi farklılığının ve bakı farklılığının hacim ağırlığı üzerinde etkisinin önemli düzeyde olmadığı görülmektedir. Benzer şekilde organik madde bakımından hem bonitetler arasında hem meşcere tipleri hemde bakı bakımından farklılık çıkmamaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda hacim ağırlığı değerlerinin dolayısı ile iskelet içeriği değerlerinin toprak organik maddesindeki değişimlerle ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Küçük, 2013; Savacı, 2017; Korkanç ve ark, 2018; Kocamanoğlu, 2022). Çalışma alanlarımızdaki düşük organik madde içeriklerinin bulunması iskelet içeriği ve hacim ağırlığı değişkenliğini kısıtlamaktadır. Çalışma alanımızdaki anakaya ve toprak

bileşimi oldukça taşlı ve iskeletçe zengin olduğu için hacim ağırlığı değerleri ve iskelet içeriği değerleri yüksek çıkmıştır.

Toprak nem sabitleri bakımından bonitet, meşcere tipi ve bakı farklılığını etkisi önemli düzeyde çıkmamıştır. Özellikle toprak nem sabitlerini, toprağın tekstür içeriği ve organik madde miktarı önemli düzeyde etkilemektedir. Hem organik madde, hem hacim ağırlığı hem de tekstür özelliği üzerinde bonitet, meşcere tipi, bakı faktörlerinin belirgin etkisi ortaya çıkmamıştır. Dolayısı ile toprak nem sabitleri bakımından farklılığın önemli düzeyde çıkması beklenmemektedir. Toprak nem sabitleri bakımından kum içeriği yüksek olan topraklarda tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri küçük çıkmaktadır. Yine organik maddesi yüksek olan topraklarda tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri yüksek çıkmaktadır. (De Macedo ve ark., 2002; Tüfekçioğlu ve ark., 2002; Özdemir, 2019). Hacim ağırlığı değerlerinin küçük olduğu topraklarda toprak nem sabiti değerlerinin arttığı çalışmalar mevcuttur (Karagül, 1994; De Macedo ve ark., 2002; Wall ve Heiskanen, 2003; Tüfekçioğlu ve ark., 2002; Özdemir, 2019). Yapılan korelasyon analizi sonuçları da bu durumu destekler nitelikte çıkmıştır.

Toprak pH değerleri 5,5 ile 7,5 arasında değişim göstermektedir. Toprak pH değeri bakımından ortalama olarak hafif asit ile nötr arasında değerlendirilebilir. Bonitet farklılığının toprak pH değerleri bakımından etkisi anlamlı düzeyde çıkmamıştır. Benzer şekilde meşcere tipi farklılığı ve bakı etkisinde belirgin düzeyde çıkmamıştır. Toprak pH üzerinde organik madde değerlerinin etkisi belirgin şekilde etkili olmaktadır. Özellikle organik madde miktarı yüksek olan topraklarda toprak asitliliğinin yüksek çıkması beklenmektedir (Kantarıcı, 2000; Sarıyıldız, 2011). Çalışma alanının organik karbon ve organik madde bakımından düşük düzeyde değerler çıkmıştır. Dolayısı ile belirgin farklılığın ortaya çıkmaması toprak pH üzerinde etkisinin düşük çıkmasına sebep olmuştur. Yine toprak pH değeri üzerinde etkili olan bir diğer faktör olan kireç özelliğinin bonitet, meşcere tipi farklılığı ve bakı faktörleri bakımından önemli düzeyde farklı çıkmaması bu durumu destekler nitelikte olmaktadır. Bölgenin genel olarak kurak olması organik madde miktarı bakımından ve topraktaki su miktarı bakımından yetersiz olduğundan faktörler arasındaki farklılık belirgin düzeyde çıkmamıştır.

Topraktaki EC değerleri ortalama olarak 0,04 ile 0,14 mS/cm olarak değişim göstermiştir. Çalışma alanları bakımından tuzluluk sınıflaması bakımından tuzsuz sınıfında

değerlendirilmiştir. Toprak pH değerleri ile benzer özellikte bonitet, meşcere tipi ve bakı farklılığının etkisi önemli düzeyde çıkmamıştır. Benzer şekilde topraktaki EC değerini organik madde, pH ve kireçteki değişimler etkilemektedir. Yukarıda bahsedildiği üzere organik madde, pH ve kireçte belirgin değişimler olmadığı için EC değerlerindeki değişiminde önemli düzeyde olmadığı çıkmıştır. EC değerleri bakımından bonitet bakımından değerler arasında sayısal olarak farklılık çıkmamıştır. c2 meşceresinden d3 meşceresine geçişte EC değerlerinden kısmı bir artış söz konusu olmuştur. Bakı olarak güneşli bakılardaki EC miktarı gölgeli bakılara nazaran daha yüksek çıkmıştır. Toprak pH'sı, organik maddesi ve kireci yüksek olan topraklarda EC değeride yüksek çıkmaktadır. Nitekim korelasyon analizi sonuçlarına göre EC değeri ile pH, organik madde, azot ve kireç değerleri ile pozitif yönde korelasyon bulunmuştur. Toprakta bulunan katyonlar ne kadar fazla olursa topraktaki EC değerleride o kadar fazla çıkmaktadır. Çalışma alanındaki EC değerleri bu durumdan dolayı düşük çıkmıştır.

Toprak organik karbon değerleri bakımından ortalama % 0,40 ile 1,87 arasında değişim göstermektedir. Bu değerler çalışma alanının organik madde bakımından düşük düzeyde olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında organik madde içeriğinin özellikle ölü örtü miktarı, toprak pH değeri, topraktaki kök miktarı ve ayrışma miktarları ile ilişkisi yüksek çıkmaktadır. Özellikle kök ve ölü örtü ayrışmasının iyi olduğu bölgelerde toprakta mevcut olan organik madde miktarı artacaktır. Organik karbon değeri 1. bonitetten 3. bonitete geçtiğinde genel olarak bir artış göstermektedir. Meşcere tipinde ise c2 meşceresinden d3 meşceresine geçişte organik karbon bakımından bir artış gözlenmektedir. Bu meşceredeki toprak üstü ve ölü örtü biyokütlesi ile ilişkili bir durumdur güneşli bakılardaki organik karbon, gölgeli bakıya göre daha düşük seviyede çıkmıştır. Buda güneşli bakılarda ayrışmanın gölgeli bakıya göre hızlı olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat bölgenin kurak olması bu durumu azaltıcı etkisi olmaktadır. Organik karbon bakımından meşcere tipi, bonitet ve bakı farklılığının belirgin etkisi ortaya çıkmamıştır. Yapılan korelasyon sonucunda organik karbon ile pH, EC, Azot, C/N oranı ve tarla kapasitesi değerleri ile pozitif ilişkisi bulunmuştur. pH nötr olan topraklarda mikroorganizma faaliyetlerinin iyi olduğu topraklardır. Yine katyonların fazla olduğu topraklar organik madde değerinin iyi olduğunu gösterir. Fakat çalışma alanındanki topraklar bu değerler bakımından beklentinin altında düşük seviyededir diyebiliriz. Yapılan birçok çalışmada toprak organik maddesinin çalışmamızdan daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Örneğin

Kocamanoğlu (2022) çalışmasında organik maddeyi % 5,77 ile 7,45 arasında bulurken, Evrendilek (2006), 2,96 ile 7,87 olarak ölçmüşlerdir. Burda yüksek çıkmasının sebebi bölgenin iklim koşulları ve ağaç türü farklılığı olabilir.

Toprakta bulunan toplam azot değerleri bakımından incelendiğinde ortalama olarak 0,03 ile 0,14 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Bu değerler toprak verimliliği açısından azot değerleri olarak düşük seviyede olduğu söylenebilir. Zira verimli bir topraktan bahsetmek için % 0,15 üstü değerlerin olması beklenmektedir. Organik madde miktarının iyi olduğu topraklarda azot değerlerinin de iyi olduğu beklenmektedir. Toprakta mevcut azotun bitki gelişiminde kullanıldığı düşünülürse ayrışan organik maddeden ortaya çıkan azot hızlı bir şekilde bitki gelişim organlarına ulaştırılmaktadır. Buda topraktaki azot içeriğinin fazla olmadığını gösterir. Çalışma alanında elde edilen organik madde değerlerinin azot değerleri ile aynı düzeyde değişim gösterdiği görülmüştür. Azot içeriği bakımından 1. bonitetten 3. boniteye geçişte genel olarak bir artış söz konusu olmuştur. Meşcere tipi bakımından değerlendirildiğinden ise çok önemli bir artış veya azalışın olmadığı görülmüştür. Bakı olarakta güneşli bakıdan gölgeli bakıya göre geçişte belirgin bir azalma veya artma olmadığı gözlenmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında bonitet farklılığının, meşcere tipi farklılığının ve bakı farklılığının etkisi önemsiz düzeyde çıkmıştır. Kurak iklimin mevcut olduğu bölgelerde özellikle azot ve organik madde değişimin etkisi çok belirgin çıkmamaktadır. Korelasyon analizi sonuçları değerlendirildiğinde ise kum içeriği ile negatif, pH, EC, organik karbon, tarla kapasitesi ve solma noktası ile pozitif ilişki tespit edilmiştir. Bu durum literatürlerle de desteklenmektedir. Çünkü kum içeriği yüksek olan topraklarda azot yıkanmasının fazla olduğu ifade edilmektedir. Yine pH değerinin organik madde değerinin yüksek olduğu topraklar azot bakımından iyi olan topraklar olarak değerlendirilebilir. Topraktaki tarla kapasitesinin iyi olduğu topraklarda nem içeriğinin yüksek olduğu söylenmektedir. Özellikle toprak neminin iyi olduğu koşullarda organik madde ayrışmasının iyi seviyelerde olabileceği düşünülmektedir.

C/N değerleri bakımından incelendiğinde ise 9,55 ile 20,47 değerleri arasında değerler bulunmuştur. Bu değerler bakımından değerlendirildiğinden ideal değerler olduğu söylenebilir. Fakat organik madde miktarının düşük olması bu değeri ideal seviyeye çekmektedir. C/N oranı bakımından bonitet, meşcere tipi ve bakı etkisi önemli düzeyde çıkmamıştır. Organik karbon ve azot değerlerindeki değişimin anlamlı düzeyde olmaması

C/N oranlarındaki değişiminde anlamlı düzeyde olmamasına sebep olabilir. C/N değerleri boniteti kötüleştikçe kısmen düşmektedir. Meşcere tipi bakımından c çağından d çağına geçtikçe çok belirgin olmamakla birlikte düzensiz artış ve azalışlar görülmektedir. Güneşli bakıdaki C/N oranı gölgeli bakıya göre daha düşük seviyede çıkmıştır. Korelasyon analizi sonuçlarına göre C/N oranı ile kum ve organik karbon bakımından pozitif, kil, toplam azot ve solma noktası değerleri ile negatif ilişki içinde olduğu belirlenmiştir. Kilin organik maddeyi tutması, kumlu topraklarda yıkanmanın fazla olması bu durumu destekler niteliktedir. Benzer şekilde topraktaki azot içeriği arttıkça C/N oranında bir azalma söz konusu olmaktadır.

Topraktaki kireç içerikleri bakımından değerlendirildiğinde alanın toprakları kireçsiz düzeydedir denilebilir. Bölge kayaç tipi olarak dolomit ve mermer taşı ağırlıklı anayaya sahiptir. Çalışma alanı kireç içerikleri ortalama % 0,90 ile % 3,43 olarak değişmektedir. Bonitet kötüleştikçe kireç içeriğinde bir düşüş söz konusu olmuştur. Fakat bu düşüş önemli düzeyde çıkmamıştır. Meşcere gelişim çağından c çağından d çağına bir azalma olmakta aynı şekilde kapalılık arttıkça kireç içeriğinde bir azalmada görülmektedir. Meşcere tipi bakımından veriler arasındaki farklılık önemli düzeyde çıkmamıştır. Güneşli bakılardaki kireç içeriği gölgeli bakılara göre daha fazla çıkmıştır. Bu farklılık önemli düzeyde çıkmamıştır. Korelasyon analizi sonucuna göre kireç içeriği pH ve EC değerleri ile pozitif korelasyon oluşturmuştur. Zira pH değerinin yüksek olduğu topraklarda kireç içeriğinde yüksek olması beklenen bir durumdur.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Kavaklıdere Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarda doğal yayılış gösteren kızılçam meşcerelerinin Bonitet, kapalılık ve gelişim çağı durumuna göre alınan 112 örnekleme alanındaki ağaç serveti, ölü örtü, kök ve bazı toprak özellikleri araştırılmış ve hesaplamalar yapılmıştır. Bu araştırma kapsamında örnekleme alanları için 3 bonitet sınıfı (I, II ve III), iki gelişim çağı (c ve d) ve iki kapalılık grubu (2 ve 3) ve iki bakı grubu (güneşli ve gölgeli) olacak şekilde dağılım yapılmıştır. Çalışma için, toprak üstü servet, toprak altı kılcal, ince ve kalın kök ve depoladığı karbon ve azot içerikleri, ölü örtü miktarı ve depolanan karbon ve azot içerikleri ile toprağın tekstür, pH, EC, toprak nem sabitleri, hacim ağırlığı, organik karbon ve azot, gibi özellikler ölçülmüştür

Çalışmamızda,

1. Çalışma alanında elde edilen ağaç serveti içeriklerine bakıldığında bonitetin iyi olduğu durumlarda ağaç servet miktarının arttığı (I. B=236,1 m³, III. B=217,1 m³) tespit edilmiştir. Yine meşcere gelişim çağına göre değerlendirildiğinde hem d meşceresi hem de 3 kapalı meşcerelerde (Çzd₃=360,09 m³, Çzc₂=111,2 m³) ağaç servet miktarı en fazla çıkmıştır. Güneşli bakılardaki ağaç servet miktarının gölgeli bakılara nazaran daha fazla olduğu (Güneşli=234,14 m³, Gölge=207,81 m³) tespit edilmiştir.
2. Kök değerleri kılcal, ince ve kalın kök olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre kılcal kök miktarı en fazla I. bonitet sınıfında bulunmuş, ince kök miktarı en yüksek II. bonitet sınıfında ve kalın kök miktarı ise yine I. bonitet sınıfında en fazla bulunmuştur. Genel olarak bonitetin iyi olduğu durumlarda kök miktarlarında artış söz konusu olmuştur. Meşcere gelişim çağı ve kapalılık değerlendirildiğinde tüm kök çap sınıflarına göre (kılcal, ince ve kalın) en fazla kök miktarının Çzd₃ meşcerelerinde olduğu görülmüştür, toprak üstü servet ile kök miktarı arasında doğrusal bir ilişki söz konusu olmuştur.
3. Kökte depolanan karbon ve azot değerleri kılcal, ince ve kalın olarak sınıflandırılmıştır.
 - Bu sınıflandırmada bonitete göre karbon içeriği en fazla, kılcal kökte %31,52 ile I. bonitet sınıfında, ince kökte %34,30 ile yine I. bonitet sınıfında, kalın kökte ise %36,22 olarak yine I. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. Azot içerikleri ise sırası ile %0,74 ile II. bonitet sınıfında, %0,32 ile III. bonitet sınıfında ve %0,47 ile yine III. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. Depolanan karbon ve azot içerikleri hektar olarak değerlendirildiğinde en fazla karbon depolama kılcal, ince ve kalın köklerde, I. bonitet

sınıfında çıkmıştır. Azot depolama miktarları ise kılcal kökte I. bonitet sınıfında, ince kökte II. bonitet sınıfında, kalın kökte ise yine I. bonitet sınıfında tespit edilmiştir.

- Meşcere gelişim çağı ve kapalılığa göre değerlendirildiğinde en yüksek karbon içeriği kılcal kökte % ve ağırlık olarak Çzd₃ meşceresinde ince kökte ise % olarak d₃ meşceresinde ağırlık olarak ise c₂ meşceresinde tespit edilmiştir. Kalın kökte en fazla değer d₃ meşceresinde hesaplanmıştır. Azot içerikleri ise kılcal kökte % olarak d₂ meşceresinde ağırlık olarak c₃ ve d₃ meşcerelerinde, ince kökte % ve ağırlık olarak c₂ meşcerelerinde ölçülmüştür.
 - Bakıya göre değerlendirildiğinde kılcal ve ince ve kalın kökteki güneşli bakıdaki karbon ve azot içerikleri ve miktarı daha fazla tespit edilmiştir.
4. Ölü örtü miktarları yine bonitet, meşcere gelişim çağı ve kapalılık ile bakıya göre değerlendirilmiştir. Buna göre ölü örtü miktarı en fazla I. bonitet sınıfında tespit edilirken en yüksek karbon içeriği % olarak III. bonitet sınıfında, ağırlık olarak I. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. En yüksek azot içeriği ise yine % olarak III. bonitet sınıfında, ağırlık olarak I. bonitet sınıfında tespit edilmiştir. Meşcere tipine göre değerlendirildiğinde en yüksek ölü örtü miktarı d₃ meşceresinde tespit edilirken en yüksek karbon içeriği ise % olarak d₂ meşceresinde fakat ağırlık olarak yine d₃ meşceresinde hesaplanmıştır. Azot içerikleri bakımından ise % olarak c₃ meşceresinde ağırlık olarak ise d₃ meşceresinde ölçülmüştür. Bakıya göre incelendiğinde ise güneşli bakılardaki ölü örtü miktarı gölgeli bakılara göre daha az çıkmıştır. Karbon içerikleri değerlendirildiğinde % olarak güneşli bakıda fazla çıkarken ağırlık olarak ise gölgeli bakıda çıkmıştır. Azot içerikleri ise % ve ağırlık olarak ise gölgeli bakıda fazla olduğu tespit edilmiştir. Karbon ve azot depolamasının belirlenmesinde % içerikten ziyade ölü örtü miktarının daha belirleyici faktör olduğu ölçülen sonuçlarda görülmüştür. Aynı zamanda toprak üstü servet miktarının bu değerlerin belirlenmesinde önemli düzeyde etkisinin olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.
5. Ölçülen ağaç serveti, kök ve ölü ağırlıkları ve depoladıkları karbon ve azot içerikleri bakımından değerlendirildiğinde genel olarak bonitet sınıfı, meşcere gelişim çağı ve bakı etkisinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.
6. Toprak özelliklerinin değerlendirildiğinde, ölçülen toprak özellikleri üzerinde genellikle bonitet etkisinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Meşcere gelişim çağı ve bakımın etkisinin daha az düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki yağış ve sıcaklık etkisinin toprak özellikleri üzerindeki beklenen

etkinin ortaya çıkmasında engelleyici rol oynadığı söylenebilir. Diğer taraftan bölgenin aşırı taşlık ve kayalık yapıda olması da toprak özelliklerinde beklenen değişimi sınırlandırıcı etki yaptığı düşünülmektedir. Hacim ağırlığının genel olarak 1,3 g/cm³ üzerinde çıkması ve iskelet içeriğinin % 45 civarlarında seyretmesi bu düşüncüyü doğrular niteliktedir. Çalışma alanının toprak pH değerleri nötr pH sınıfındadır. Yine organik madde içerikleri ve azot içerikleri bakımından %2,5 ve %0,10-0,12 civarında seyretmesi bölgenin verimlilik açısından düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Kök ve ölü örtü miktarı ile bazı toprak özellikleri arasında pozitif ve negatif ilişkiler ortaya çıkmıştır. Meşcere gelişimi üzerinde toprak özelliklerinin sınırlandırıcı etkisinde olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, ölü örtü miktarının toprak pH ve EC değeri ile pozitif korelasyon oluşturması, yine ölü örtü azotunun kil içeriği ve FSK ile korelasyon oluşturması ya da kök miktarlarının topraktaki pH, EC ve azot gibi özelliklerle pozitif ya da negatif korelasyonlar oluşturması, toprak özelliklerinin etkisinin önemini ortaya koymuştur. Çalışma alanı topraklarının verimlilik bakımından düşük düzeyde çıkması özellikle değerlendirme faktörü olarak ele aldığımız bonitet, meşcere gelişim çağı ve bakı faktörlerinin etkisini sınırlandırmıştır.

7. Çalışma sonucunda toprak üstü servet ve toprak altı özellikle karbon ve azot verilerinin ölçülmesiyle kızılçam ormanları gibi ülkemizde önemli yer tutan orman alanlarına ait önemli verilerin elde edilmesi çalışma özgünlüğünü artırıcı olduğu düşünülmektedir. Özellikle çalışılması zor olan toprak altı kök örnekleme ile birlikte kökler tarafından tutulan karbon ve azot içeriklerinin belirlenmesi ülkemizde sera gazı envanter çalışmalarında karbon ve azot verileri için önemli katkılar sunacaktır. Diğer taraftan ölü örtü miktarını ve ölü örtü içeriklerinde bulunan karbon ve azot değerlerinin belirlemesinde kızılçam ormanlarımızın değerlendirilmesi konusunda önemli katkısı olacaktır. Örneğin kızılçam ekosistemlerinde kök miktarının kılcal ince ve kalın kök olarak değerlendirildiğinde 0-5 mm çapında yaklaşık 8 ila 10 ton aralığında kök miktarının olduğunun bilinmesi önemli bir sonuçtur. Yine yaklaşık olarak bu köklerde 3-4 ton/ha karbon tutulduğunun bilinmesi de önemli bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Azot depolama bakımındanda yine 60-70 kg/ha aralığında kökte azot depolaması olduğu, ayrıştığında bunun toprağa besin maddesi olarak katıldığının bilinmesi de önemli bir değer olarak karşımıza çıkacaktır.

Bu çalışmada c ve d çağlarından örneklemeler yapılmıştır. Çalışmada tüm meşcere gelişim çağlarından örneklemeler yapılarak farklılıklar daha belirgin şekilde ortaya

konulabilir. Bu ölçümlerde yapılarak tüm alanlar için karbon ve azot haritaları oluşturulabilir. Alanın kayalık olması nedeni ile kök çalışması oldukça zor ve meşakkatli olmuştur. Kök örneklemesinin vejetasyon başı ve sonu olacak şekilde yapılması ile net üretim miktarı da belirlenebilir. Ölü örtü dökümleri ölçümü yapılarak yerde mevcut olan ölü örtü dökümünün ne kadarı yıllık olarak döküldüğü hesaplanabilir. Yine ölü örtü ayrışması çalışması yapılarak dökülen ölü örtünün ne kadarının yıl içinde ayrıştığı da ölçülebilir. Fakat bu çalışmaların zor ve ekip işi istediğinden dolayı ancak proje kapsamında yapılması gerekmektedir. Bu eksik yönlerin tamamlanması için tez başladıktan sonra proje hazırlığına gidilmiş ve eksik yanlarının da proje kapsamında giderilmesi çalışmaları başlanmış ve devam etmektedir.

KAYNAKLAR

- Aber, J. D., Goodale, C. L., Ollinger, S. V., Smith, M. L., Magill, A. H., Martin, M. E., Hallett, R. A., Stoddard, J. L. 2003. "Is nitrogen deposition altering the nitrogen status of northeastern forests", *Bioscience*, 53, 375–389.
- Aka Sağlıkker, H., Darıcı, C., 2007, Nutrient contents of pinus brutia ten. (pinaceae) and pistacia terebinthus l. (anacardiaceae) growing on marl and conglomerate substrata in the eastern mediterranean, *Turkish Journal of Botany*, 31, 11-17.
- Akburak, S., Oral, H. V., Ozdemir, E., & Makineci, E. (2013). Temporal variations of biomass, carbon and nitrogen of roots under different tree species. *Scandinavian journal of forest research*, 28(1), 8-16.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılatı ve amenajman esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No 11, Ankara.
- Altun, L., 1995. Maçka (Trabzon) Orman İşletmesi Ormanüstü serisinde Orman Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Ayrılması ve Haritalanması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bil. Enst., Trabzon.

- Anonim, 2010. Muğla İli 1/25000 ölçekli arazi kullanımına esas jeolojik etüt raporu, Muğla, 189s.
- Anşin, R., 1994. (Gymnospermae) Tohumlu bitkiler, KTÜ Orman Fakültesi, Yayın No: 122/15, Trabzon, 262s.
- Arol, N. (1959). Bolu ve civarında bazı göknar, kayın, çam ve saf kanşık meşcerelerinde ölü örtü miktan ile besin maddesi muhtevası üzerinde araştırmalar. TC Ziraat Vekaleti Orman Umum Müdürlüğü Yayınlanndan, Sıra, (301).
- Asan, Ü. (1995). Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 45(1-2), 23-38.
- Asandei, A. (2014). Global warming: Carbon-nutrient interactions and warming effects on soil carbon dynamics (Order No. 10093844). Available from ProQuest Central; ProQuest Dissertations & Theses Global; Publicly Available Content Database. (1785481346).
- Asmaz, H., 1993. Akdeniz peyzajında kızılçamın önemi. Uluslararası Kızılçam Sempozyumu 18-23 Ekim, Bildiriler Kitabı, Marmaris, s.48-55
- Augustine, J.A., Capotondi, A., 2022. Forcing for multidecadal surface solar radiation trends over Northern Hemisphere continents. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2021JD036342.
- Aygün, D., 2022. Arazi kullanım değişikliğinin Bursa, Karacabey Longoz ormanlarının toprak organik karbon ve toplam azot stok oranlarına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Ayhan, D., 2010, Enerji, Çevre ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında küresel iklim değişikliği sorunsalı ve kyoto protokolü: Türkiye analizi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Baltacı, G. (2019). Küresel iklim değişikliği ve iklim değişikliği politikalarını etkileyen argümanlar. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Konya.
- Bangroo, S. A., Najar, G. R., & Rasool, A. (2017). Effect of altitude and aspect on soil organic carbon and nitrogen stocks in the Himalayan Mawer Forest Range. *Catena*, 158, 63-68.
- Baysal, A., 2012. Farklı Eğitim Gruplarında ve farklı bakılardaki meşe meşcerelerinde ve bitişindeki çayırılık alanlarda ince kök kütlelerinin mevsimsel olarak değişiminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Berg, B. and Meentemeyer, V. 2001. Litter fall in some European coniferous forests as dependent on climate: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 31 (2): 292-301.

- Berg, B., Albrektson, A., Berg, M.P., Cortina, J., Johansson, M.B., Gallardo, A., Madeira, M., Pausas, J., Kratz, W., Vallejo, R., Mc Claugherty, C., 1999, Amounts of litter fall in some pine forests in a European transect, in particular Scots pine, *Annals of Forest Science*, 56, 625-639.
- Birdsey RA, Lewis GM (2003) Carbon in U.S. forest and wood products, 1987-1997: state –by-state estimates, united states department of agriculture, Northeastern Research Station, General Technical Report NE-310, 42p
- Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysesof soils, *Agronomy Journal*, 54, 464-465.
- Bucagu, C., Vanlauwe, B., Wijk, M. T. v., & Giller, K. (2012). Assessing farmers’ interest in agroforestry in two contrasting agro-ecological zones of rwanda. *Agroforestry Systems*, 87(1), 141-158. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9531-7>
- Bülbül, E., 2012. K.T.Ü. Orman fakültesi eğitim ve araştırma ormanı saf ladin meşcerelerinin karbon depolama miktarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Cairns, M.S., Brown, E.H., Boumgardner G., 1997, Root biomass allocation in theworld’s up land forests, *Oecologia*, 111, 1-11.
- Camarero, J. J., Gazol, A., Sangüesa-Barreda, G., Oliva, J., & Vicente-Serrano, S. M. (2015). To die or not to die: early warnings of tree dieback in response to a severe drought. *Journal of Ecology*, 103(1), 44-57. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12295>
- Canadell, J., Le Quere, C., Raupacha, M., Fielde, C., Buitenhuis, E., Ciais, F. vd. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(47), 18866-18870
- Casper, B. B., & Jackson, R. B. (1997). Plant competition underground. *Annual review of ecology and systematics*, 28(1), 545-570.
- Ceylan Olcay, Görk Mehmet Güven, 2017. Flora of Kavaklıdere, (Muğla/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 167-182.
- Cheng, S. L., Fang, H. J., Yu, G. R., Zhu, T. H., Zheng, J. J. 2010. “Foliar and soil ¹⁵N natural abundances provide field evidence on nitrogen dynamics in temperate and boreal forest ecosystems”, *Plant Soil*, 337 (1-2), 285–297.
- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D. W., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R., ve Ni, J., 2001. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods, *ecol. Appl.*, 11, 356–70.
- Çepel, N., & Tekerek, Ö., 1980, Antalya Orman Başmüdürlüğü bazı saf kızılçam meşcerelerinin ölü örtü miktarı üzerine araştırmalar. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 30(1).

- Çepel, N., 1995. Orman ekolojisi, İ. Ü. Orman Fak. Yayınları, ISBN: 975-404-061-3, İstanbul.
- Çepel, N., DüNDAR, M., ÖZDEMİR, T., NEYİŞÇİ, T. (1988). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa geri verilen besin maddeleri miktarları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 194, s. 20, Ankara
- Çepel, N., DüNDAR, M., ÖZDEMİR, T., NEYİŞÇİ, T., 1988, Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa verilen besin maddeleri miktarları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi Nu: 194, Ankara.
- Çömez, A. 2010. Sündiken dağlarında sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dantas, D., Terra, M. D. C. N. S., Pinto, L. O. R., Calegario, N., & Maciel, S. M. (2020). Above and belowground carbon stock in a tropical forest in Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 43, e48276.
- De Macedo, J. R., Meneguelli, N.D.A., Ottoni, F.T.B., De Sousa ve Lima, J. A., 2002. Estimation of field capacity and moisture retention based on regression analysis involving chemical and physical properties in alfisols and ultisols of the state of rio de Janeiro, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 13-14, 2037-2055.
- Demir, K., & Göl, C. (2022). Anadolu karaçam ormanlarında bakının ölü örtü ve üst toprak özelliklerine etkileri. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 89-97.
- DengL, H. (2017). Above-groundand below-ground ecosystem biomass accumulation and carbonsequestration with Caraganakorshinskii Kom plantation development. *Land Degradationand Development*, 28(3), 906-917.
- DİB, 2023. Dış İşleri Bakanlığı. Paris Anlaşması, web sayfası: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, erişim tarihi: 21/09/2023.
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263(5144), 185-190. doi:10.5053/ekoloji.2011.812
- Doğan, Y. (2022). Toprak organik karbon ve toplam azot stokları üzerinde meşcere gelişme çağlarının ve ağaç türünün etkisi: Taşköprü, Kastamonu örneği (Doctoral dissertation, Kastamonu Üniversitesi).
- Durkaya, A., Durkaya, B., ve Kaptan, S., Ekoloji ve ekonomi ekseninde Türkiye'de orman ve ormancılık. Cilt: 1, 2021/7, s.199-224, Sonçağ Akademi, 2021.
- Duman, A., 2008. Artvin Hatila yöresindeki saf doğu ladini meşcerelerinde yükselti ve bakı etmenlerine göre ölü örtü ayrışması ve bazı toprak özelliklerinin değişiminin

araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin Orman Fak., Artvin.

Eissenstat, D. M. ve Yanai, R. D., 1997. The Ecology of root scan, advance in ecological research, 27, 1-62.

Eler, Ü. (2002). Bonitetin önemi. *Turkish Journal of Forestry*, 3(2), 1-10.

Elser, J. J., Bracken, M. E. S., Cleland, E. E., Gruner, D. S., Harpole, W. S., Hillebrand, H., Ngai, J. T., Seabloom, E. W., Shurin, J. B., Smith, J. E. 2007. “Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems”, *Ecology Letter*, 10, 1135–1142.

Eruz, E. 1979. Toprak tuzluluğu ve bitkiler üzerindeki genel etkileri. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 29 (2), 112-120.

Evrendilek, F., Berberoglu, S., Taskinsu-Meydan, S., & Yilmaz, E. (2006). Quantifying carbon budgets of conifer Mediterranean forest ecosystems, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 527-543.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), (2020)., web sayfası: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals-data-portal/data/indicators/indicator-1511---forest-area-as-a-percentage-of-total-land-area/en>, erişim tarihi: 27/09/2023.

Farfal, D. 2010. “Root vitality in the upper soil of pine stands ten years after thinning”, *For. Res. Pap.*, 71, 225–230.

Fogel, R., 1983. Root turnover and productivity of coniferous forests, in tree root systems and their mycorrhizas, 75-85, Springer, Dordrecht.

Fornara, D., & Tilman, D. (2008). Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 96, 314–322. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01345.x>.

Freedman, B. Ve Keith, T., 1996. Planting trees for carbon credits: a discussion of context, issues, feasibility, and environmental benefits, *Environmental Reviews*, 4, 2, 100-111.

Galloway, J. N., Aber, J. D., Erisman, J. W., Seitzinger, S. P., Howarth, R. W., Cowling, E. B., ve Cosby, B. J., 2003. The Nitrogen Cascade, *Bioscience*, 53, 4, 341-356.

Gao, W., Yang, H., Kou, L., Li, S. G. 2015. “Effects of nitrogen deposition and fertilization on N transformations in forest soils: a review”, *Journal of Soils Sediments*, 15, 863–879.

Gibbs, H. K., Brown, S., Niles, J. O. Ve Foley, J. A., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making redd a reality, *environmental research letters*, 2, 4, 045023.

- Guo, L. B., Cowie, A. L., Montagu, K. D., & Gifford, R. M. (2008). Carbon and nitrogen stocks in a native pasture and an adjacent 16-year-old *Pinus radiata* D. Don. plantation in Australia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124(3-4), 205-218.
- Guo, L. B., Wang, M., Gifford, R. M. 2007. "The change of soil carbon stocks and fine root dynamics after land use change from a native pasture to a pine plantation", *Plant Soil*, 299, 251–262.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 201, İstanbul.
- Güner, D. ve Özkan, K., 2019. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırma alanlarında besin stoklarının belirlenmesi, *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 6, 2, 192-207.
- Güner, E. D., & Turan, E. S. (2017). Yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel iklim değişikliği üzerine etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 48-55
- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., & Küçük, M. (2010). Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişindeki otlak alanların toprak üstü biyokütle, kök kütlesi, kök üretimi ve karbon depolama yönlerinden karşılaştırılması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Cilt: III, Sayfa: 1045-1055.
- Güner, Ş. T. ve Çömez, A., 2014. Karaçam (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana*) ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu: ESK-10(6303), 46s, Eskişehir.
- Güner, Ş. T., & Çömez, A. (2022). Carbon concentration in tree components of mature pinus brutia ten. forests in the marmara transition zone. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(3), 193-201.
- Güner, Ş. T., Kiracioğlu, Ö., & Sarimehmetoğlu, A. (2024). Changes in carbon stocks according to stand development stages in oriental beech forests in the Marmara Region of Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(6), 571.
- Haktanır, K., Arcak, S. 1997. "Toprak Ekosistemine Giriş". Toprak biyolojisi ders kitabı. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Haripriya, G. S. 2002. "Biomass carbon of truncated diameter classes in indian forests", *Forest Ecology and Management*, 168, 1–13.
- Harvey, L. D. D., 2000. Global warming the hard science, 336 s., Singapore: Pearson Education.
- Hashimoto, T., Kojima, K., Tange, T., Sasaki, S. 2000. "Changes in carbon storage in fallow forests in the tropical lowlands of borneo", *Forest Ecology and Management*, 126, 331– 337.

- Heal, O. W., Anderson, J. M., Swift, M. J. 1997. "Plant litter quality and decomposition: an historical overview (3-30)". Cadisch, G., Giller, K. E. Wallingford: CAB International.
- Helmisaari, H. S., Derome, J., Nöjd, P., & Kukkola, M. (2007). Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands. *Tree physiology*, 27(10), 1493-1504.
- Hendrick, R. L., & Pregitzer, K. S. (1993). The dynamics of fine root length, biomass, and nitrogen content in two northern hardwood ecosystems. *Canadian Journal of forest research*, 23(12), 2507-2520.
- Hobbie, S. E. (2008). Nitrogen effects on decomposition: A five-year experiment in eight temperate sites. *Ecology*, 89(9), 2633-2644.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical science basis. in contribution of working group 1 to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change ed. stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley, Cambridge University Press, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC (2023). İntergovernmental panel on climate change, AR6 Synthesis Report, Climate Change 2023 Synthesis Rreport web sayfası: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf, erişim tarihi: 22/09/2023.
- IPCC, 2007, Climate change 2007: Working group III, mitigation of climate change, technical summary, intergovernmental panel on climate change, Geneva, Switzerland.
- İrmak, A., 1954. Arazide ve laboratuvarında toprağın araştırılması metodları, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 27, İstanbul.
- İşık, E. & Göl, C. (2021). Yarı kurak bölgelerde doğal ve plantasyon karaçam ormanlarının bazı toprak özellikleri ile organik karbon ve toplam azot depolama kapasitelerinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 22 (3), 202-210. DOI: 10.18182/tjf.905243.
- İDB 2023. İklim Değişikliği Başkanlığı, Sözleşme ve Protokoller, web sayfası: <https://iklim.gov.tr>, erişim tarihi: 21/09/2023.
- Jagodzinski, A. M., Kalucka, I. 2011. "Fine root biomass and morphology in an agesequence of post-agricultural pinus sylvestris l. stands", *Dendrobiology*, 66, 71-84.
- James N. Galloway, John D. Aber, Jan Willem Erisman, Sybil P. Seitzinger, Robert W. Howarth, Ellis B. Cowling, B. Jack Cosby, The Nitrogen Cascade, BioScience,

- Janssens, I. A., Sampson, D. A., Cermak, J., Meiresonne, L., Riguzzi, F., Overloop, S., & Ceulemans, R. (1999). Above-and belowground phytomass and carbon storage in a Belgian Scots pine stand. *Annals of forest science*, 56(2), 81-90.
- Janzen, H. H., 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104, 399-417.
- Jasińska, J., Sewerniak, P., Markiewicz, M., 2019. Links between slope aspect and rate of litter decomposition on inland dunes. *Catena*, 172, 501-508.
- Jiang, C. M., Yu, G. R., Fang, H. J., Cao, G. M., & Li, Y. N. (2010). Short-term effect of increasing nitrogen deposition on CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in an alpine meadow on the Qinghai- tibetan Plateau, China. *Atmospheric Environment*, 44, 2920-2926.
- Kahveci, E., 2024. Samsun yöresi saf ve karışık doğal karaçam (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.)) meşcerelerinin toprak üstü ve toprak altı biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kalıpsız, A., 1998, Orman hasılat bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:4060/448,İstanbul.
- Kantarıcı, M. D. (2005). Orman ekosistemleri bilgisi. İÜ Yayın, (4594).
- Kantarıcı, M. D., 2000. Toprak ilmi. İ.Ü. Yayınları Yayın No: 4261, Orman Fak. Yayın No: 462, İstanbul.
- Kantarıcı, M.D., 1980a. Belgrad ormanı toprak tipleri ve orman yetişme ortamı birimlerinin haritalanması üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. İ.Ü. Yayın No: 2636, Fak. No: 275, İstanbul.
- Kantarıcı, M.D., Belgrad ormanında toprak ve orman yetişme muhiti birimlerinin haritalanması esasları üzerine araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A,Cilt: XXII, Sayı: 1, (1972) 123-214
- Kara, Ö., Bolat, I., Cakıroğlu, K., Şentürk, M. 2014. “Litter decomposition and microbial biomass in temperate forests in northwestern Turkey”, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 14 (1), 31-41.
- Karaöz, M. Ö. (1991). Atatürk Arboretumu'ndaki bazı iğne yapraklı plantasyonlarda ölü örtünün kimyasal özellikleri üzerine araştırmalar (Chemical Properties Of Some Forest Floors Of Coniferaus Species At The Atatürk Arboretum in Istanbul) . *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 41 (2)
- Karaöz, M.Ö., 1989. Toprakların Su ekonomisine ilişkin bazı fiziksel özelliklerinin laboratuvarında belirlenmesi yöntemleri, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri: B, 39,2, İstanbul.

- Karaöz, Ö., (1993). Bazı yerli ve yabancı iğne yapraklı ağaç türlerine ait plantasyonlarda ölü örtü miktarı ile bunlardaki besin maddesi rezervleri üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 43(1), 93- 115.
- Karataş, R., Çömez, A. ve Güner, Ş. T., 2017. Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) Ağaçlandırma alanlarında karbon stoklarının belirlenmesi, Ormancılık Araştırma Dergisi, 4,2, 107-120.
- Karatepe, Y., 2004, Gölcük (Isparta)'te karaçam (*Pinus nigra* Arn. supsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinin topraklarındaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, A (2), 1-16.
- Kartal, E., 2013. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Torul Orman İşletme Müdürlüğü Alacadağ Orman İşletme Şefliği saf kayın (*Fagus Orientalis* L.) meşcerelerindeki kök ve toprak kütlesi Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. Değişimlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi,
- Kayacık, H., 1965. Orman ve park ağaçlarının özel sistematiği gymnospermae (Açık Tohumlular) I. Cilt, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No:1105/98, İstanbul, 390s.
- Kırış, R., Parlak, M. ve Yıldız, M. (2007), Havza yönetiminde orman ekosisteminin önemi, Uluslar arası Nehir Havzaları Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara.
- Knaz, E. R. (2017). Aynı yetiştirme ortamı altında, farklı ağaç türlerinin bazı toprak özellikleri ile toprak organik karbon ve toplam azot miktarları ve depolama kapasiteleri üzerindeki etkilerinin araştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kobus-Cisowska, J., Dziedziński, M., Szczepaniak, O., Kusek, W. A., Kmiecik, D., Ligaj, M., ... & Szwajgier, D. (2020). Phytocomponents and evaluation of acetylcholinesterase inhibition by ginkgo biloba l. leaves extract depending on vegetation period. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 606-615. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1804462>
- Kocamanoğlu, Y.O., 2022. Karadağ kütlesi doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ağaçlandırmalarında kök, toprak ve ölü örtüdeki karbon ve azot birikimi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Kooch, Y., Parsapour, M. K., Egli, M., & Moghimian, N. (2021). Forest floor and soil properties in different development stages of Oriental beech forests. *Applied Soil Ecology*, 161, 103823.
- Korhonen, R., Pingoud, K., Savolainen, I., & Matthews, R. (2002). The role of carbon sequestration and the tonne-year approach in fulfilling the objective of climate convention. *Environmental Science & Policy*, 5(6), 429-441.
- Korkanç, S. Y., Şahin, H., Özden, A. O. ve Özkurt, B., 2018. Arazi kullanımı dönüşümlerinin toprakların organik karbon depolama ve bazı özellikleri

üzerindeki etkileri: Niğde Yöresi örneği, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19, 4, 362-367.

- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T., & Potvin, C. (2003). Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. *Forest Ecology and Management*, 173(1-3), 213-225.
- Kurz, W. A., Beukema, S. J. ve Apps, M. J., 1996. Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the canadian forest sector, *Canadian Journal Of Forest Research*, 26, 11, 1973-1979.
- Kuzyakov, Y., Schneckenberger, K. 2004. “review of estimation of plant rhizodeposition and their contribution to soil organic matter formation”, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 50, 115–132.
- Küçük, M. (2006). Genç karaçam meşcerelerinde yangının toprak solunumu, kök kütlesi ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Küçük, M., 2013. Farklı Eğim ve Baki Gruplarında Bulunan Meşe Meşcerelerinde ve Mera Alanlarında Azot Mineralizasyonu ve Toprak Solunumunun Belirlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Lévesque, M., Saurer, M., Siegwolf, R., Eilmann, B., Brang, P., Bugmann, H., ... & Rigling, A. (2013). Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of norway spruce and european larch. *Global Change Biology*, 19(10), 3184-3199. <https://doi.org/10.1111/gcb.12268>
- Li, X., Son, Y. M., Lee, K. H., Kim, R. H., Jin, G., Son, Y., ... & Yi, M. J. (2013). Biomass and carbon storage in an age-sequence of Japanese red pine (*Pinus densiflora*) forests in central Korea. *Forest Science and Technology*, 9(1), 39-44.
- Li, Y., Niu, S., Yu, G. 2016. “Aggravated phosphorus limitation on biomass production under increasing nitrogen loading: a meta-analysis”, *Global Change Biology*, 22 (2), 934–943.
- Lin, K. C., Duh, C.T., Huang, C. M. And Wang, C. P., 2006. Estimate of coarse rootbiomass and nutrient contents of trees in a subtropical broadleaf forest in taiwan, *J.Forest Sci.*, 21(2), 155-66
- Liu, M., Li, C., Xu, X., Wanek, W., Jiang, N., Wang, H., Yang, X. 2017. “Organic and inorganic nitrogen uptake by 21 dominant tree species in temperate and tropical forests”, *Tree Physiology*, 1–12.
- Lovett, G.M., Goodale, C.L. A New conceptual model of nitrogen saturation based on experimental nitrogen addition to an oak forest. *Ecosystems* 14, 615–631 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10021-011-9432-z>
- Lukić, S., Pantić, D., Simić, S. B., Borota, D., Tubić, B., Djukić, M., & Djunisijević-Bojović, D. (2015). Effects of black locust and black pine on extremely degraded

- sites 60 years after afforestation-a case study of the Grdelica Gorge (southeastern Serbia). *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(2), 235.
- Magthab, E. A. (2014). Transformation of peptides and amino acids in soil and plants Bangor University (United Kingdom) ProQuest Dissertations Publishing. 28214414. . Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. (2491240126).
- Maithani, K., Arunachalam, A., Tripathi, R. S., & Pandey, H. N. (1998). Influence of leaf litter quality on N mineralization in soils of subtropical humid forest regrowths. *Biology and Fertility of Soils*, 27, 44-50.
- Makineci, E. (1999). Araştırma ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Maquere, V., Laclau, J. P., Bernoux, M., Saint-Andre, L., Gonçalves, J. L. M., Cerri, C. C., ve Ranger, J., 2008. "Influence of land use on soil carbon and nitrogen stocks in Brazil, *European Journal Of Soil Science*, 59, 5, 863-877
- Matamala, R., Gonzalez-Meler, M. A., Jastrow, J. D., Norby, R. J., Schlesinger, W. H. 2003. "Impacts of fine root turnover on forest npp and soil c sequestration potential", *Science*, 302, 1385–1387.
- Mbohhou, M.B.G, 2023. Türkiye'deki karaçam (*Pinus nigra* arnold subsp. *pallasiana* (lamb.) holmboe) -kızılçam (*Pinus brutia* ten.) karışık meşcerelerinin biyokütle ve karbon depolamanın yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- McNally, S. R., Laughlin, D. C., Rutledge, S., Dodd, M. B., Six, J., & Schipper, L. A. (2015). Root carbon inputs under moderately diverse sward and conventional ryegrass-clover pasture: Implications for soil carbon sequestration. *Plant and Soil*, 392, 289–299. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2463-z>.
- Mei, L., Wang, Z., Han, Y., Gu, J., Wang, X., Cheng, Y., & Zhang, X. J. (2006). Distribution patterns of *Fraxinus mandshurica* root biomass, specific root length and root length density. *Ying Yong Sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology*, 17(1), 1-4.
- Mısır M ve Mısır N. 2013. Root biomass and carbon storage for *fagus orientalis* Lipsky. (Northeastern Turkey). *International Journal of Education and Research*, 1: 1-8.
- Mısır, M., Mısır, N., Ülker C., N. ve Erkut S., 2013. K.T.Ü. Orman fakültesi eğitim ve araştırma ormanının saf kayın meşcerelerinin karbon depolama miktarının belirlenmesi, Bilimsel Arastırma Projesi, Trabzon.
- Negash, M. and Starr, M. 2013. Litterfall production and associated carbon and nitrogen fluxes of seven woody species grown in indigenous agroforestry systems in the south-eastern Rift Valley escarpment of Ethiopia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 97: 29–41.

- Novák, J., Dušek, D., Kacálek, D., Slodičák, M., 2017. Analysis of biomass in young Scots pine stands as a basis for sustainable forest management in Czech lowlands. *Journal of Forest Science*, 63(12), 555-561.
- OGM, 2013. Muğla Orman Bölge Müdürlüğü, Kavaklıdere Orman İşletme Müdürlüğü, Kavaklıdere Orman İşletme Şefliği, Orman amenajman planı, 45-47.
- OGM, 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, 2020 Türkiye Orman Varlığı Raporu
- OGM, 2023. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ulusal Sera Gazı Envanteri Akademi Raporu 1990-2019
- Ortaş, İ., Darıcı, C. ve Tüfekçi, S. 2013. Farklı yaşlardaki okaliptüs ormanlarında hasat edilmiş ve edilmemiş alanlarda karbon depolama potansiyelinin belirlenmesi ve toprak organik madde içeriğine bitki kökleri ve mikoriza mantarlarının katkısının araştırılması, TÜBİTAK, Proje No:109O027.
- Özbayram, A. K., & Güvendi, E. (2016). Sinop yöresi doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde kalın kök biyokütlesi ile yetişme ortamı ve meşcere özellikleri arasındaki ilişkiler. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 12(2), 27-33.
- Özdemir, N., 2019. Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7, 2, 86-91.
- Öztürk, G., 2022. Saf karaçam ve karaçam kızılçam karışık meşcerelerinde ekosistem bazında karbon depolama miktarının belirlenmesi: Gediz Orman İşletme Müdürlüğü örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özyuvacı, N., 1971. Topraklarda erozyon eğiliminin tespitinde kullanılan bazı önemli indeksler, *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 21, 1, 190-207.
- Pan, Y. D., Birdsey, R. A., Fang, J. Y., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S. L., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D. 2011. "A large and persistent carbon sink in the world's forests", *Science*, 333 (6045), 988–993.
- Pant, H., ve Tewari, A., 2015. Fine root biomass, productivity and turnover in two contrasting aspects in natural chir pine (*Pinus roxburghii* sarg.) Forests of Central Himalaya, *Russian Journal Of Ecology*, 46, 6, 511-517.
- Pausas, J.G., 1997, Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees, *Journal of Vegetation Science*, 8, 643-650.

- Poulter, B., Frank, D., Ciais, P., Myneni, R. B., Andela, N., Bi, J., vd. (2014). Contribution of semi-arid ecosystems to interannual variability of the global carbon cycle. *Nature*, 509(7502), 600-603.
- Ray, R. L. (2016). Moisture stress indicators in giant sequoia groves in the southern sierra nevada of california, usa. *Vadose Zone Journal*, 15(10), 1-19. <https://doi.org/10.2136/vzj2016.03.0018>
- Rende K., ‘Türkiye çimento sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları’, Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Kocaeli, 2013.
- Rodger, A. S. 1993. “The carbon cycle and global forest ecosystem”, *Water, Air and Soil Pollution*, 70, 295-307.
- Rozas, V. (2005). Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollarded woodland in northern spain: tree-ring growth responses to climate. *Annals of Forest Science*, 62(3),209-218. <https://doi.org/10.1051/forest:2005012>
- Saatçioğlu, F. ve Pamay, B., 1962 Adana Bölgesinin kalkınmasında kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) önemi ve silvikültürü, İÜ, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 7, Sayı 2, s88-101.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültürün biyolojik esasları ve prensipleri İÜ Orman Fakültesi Yayın No:2187/222, İstanbul, s 423
- Said Dağdaş (1998). Hızlı gelişen tür kapsamında iç anadolu bölgesinde ele alınması gereken türler. hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının değerlendirilmesi ve yapılacak çalışmalar, 8.9 Aralık 1998, Ankara, Orman Bakanlığı Yayın Nu.: 083, 375 s.
- Saraçoğlu, N. (1997). Bir enerji kaynağı olarak orman biyokütlesi. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 6(22), 9-13.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 93-100.
- Sarıyıldız, T., 2011. Acidification of soils by trees and forests, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 3, 1, 42-49.
- Sarıyıldız, T., Savacı, G., Parlak, S., & Gencal, B. (2022). Uludağ Gökarnı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) meşcerelerini n toprak organik karbon, toplam azot ve besin element konsantrasyonları ve stokları üzerinde bakı ve yükseltinin etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 159-174.
- Sarıyıldız, T., Savaci, G., & Kravkaz, I. S. (2016). Effects of tree species, stand age and land-use change on soil carbon and nitrogen stock rates in northwestern Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 9(1), 165.doi:10.3832/ifer1567-008 [online 2015.06.18]

- Sarıyıldız, T., Tüfekçioğlu, A. & Küçük, M., 2005. Comparison of decomposition rates of beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) litter in pure and mixed stands of both species in Artvin, Turkey, TÜBİTAK, 1300-011X,1303-6173.
- Sarıyıldız, Temel, and Mert Tanı. "Bursa, Karacabey subasar ormanı kızılâğaç (*Alnus glutinosa* L.) meşcerelerinin ölü örtü ve topraklarının organik karbon ve besin stokları." *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi* 10.1 (2024): 54-64.
- Sarijeva, G., Knapp, M., & Lichtenthaler, H. K. (2007). Differences in photosynthetic activity, chlorophyll and carotenoid levels, and in chlorophyll fluorescence parameters in green sun and shade leaves of ginkgo and fagus. *Journal of Plant Physiology*, 164(7), 950-955. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2006.09.002>
- Sariyildiz, T. (2015). Effects of tree species and topography on fine and small root decomposition rates of three common tree species (*Alnus glutinosa*, *Picea orientalis* and *Pinus sylvestris*) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 335, 71-86.
- Sariyildiz, T., Akkuzu, E., Küçük, M., Duman, A., & Aksu, Y. (2008). Effects of Ips typographus (L.) damage on litter quality and decomposition rates of oriental spruce [*Picea orientalis* (L.) Link.] in Hatila Valley National Park, Turkey. *European Journal of Forest Research*, 127(5), 429-440.
- Sariyildiz, T., Savacı G., Ali H., 2018. Impacts of aspect on soil organic carbon and nitrogen storage capacities of scots pine and black pine at higher altitude in Kastamonu region. *International Symposium Ecology*, 19-23 June 2018.
- Savacı, G., 2017. Farklı arazi kullanım türleri ve ağaç yaşının bazı toprak özellikleri, karbon ve azot depolamasına etkileri, Doktora Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Schauvlieghe, M. & Lust, N., (1999) "C-accumulation and allocation after afforestation of a pasture with Pin oak (*Quercus palustris*) and ash (*Fraxinus excelsior*)", *Silva Gandavensis* 64.
- Sevgi, O., Makineci, E., & Karaoz, O. (2011). The forest floor and mineral soil carbon pools of six different forest tree species. *Ekoloji*, 20(81), 8-14.
- Sevim. M., 1954. Alaçam (Dursunbey) Ormanlarında ekolojik ve pedolojik araştırmalar. Orman Umum Müd. Yayınlarından Sıra Nu: 131, Seri Nu:2, 63 sayfa, İstanbul.
- Sheikh, M. A., Kumar, M., Todaria, N. P., & Pandey, R. (2020). Biomass and soil carbon along altitudinal gradients in temperate *Cedrus deodara* forests in Central Himalaya, India: Implications for climate change mitigation. *Ecological Indicators*, 111, 106025.
- Silver, W. L., Neff, J., McGroddy, M., Veldkamp, E., Keller, M., & Cosme, R. (2000). Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a lowland Amazonian forest ecosystem. *Ecosystems*, 3, 193-209.

- Sivrikaya, F., Bozali, N. (2012). Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1. Special Issue), 69-76.
- Socha, J., 2008. Effect of Topography and Geology on The Site Index of *Picea bies* in The West Capathian, Polan, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23, 203, a 213.
- Tanı, M. (2021). Bursa Karacabey subasar ormanlarının dişbudak ve kızılâğaç türlerinin kök kütlesi ve kök karbon ve azot stoklarının araştırılması (Master's thesis, BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Thorntwaite, C.W. and Hare, F.K., Climatic classification in forestry, *Mnasyuva* 9, New York (1955) 50-59
- Tolunay, D. Çömez, A. 2008. Türkiye Ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu 2008. 22-25 Ekim 2008, Hatay. 750-765.
- Tolunay, D. ve Çömez, A., 2007. Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye’deki durum, Küresel İklim Değişimi ve Su Sorunlarının Çözümünde Ormanlar, 13-14 Aralık 2007, İstanbul, 97, 108.
- Tolunay, D. ve Karabıyık, B., 2013. Türkiye sera gazları ulusal envanterinde ormancılık sektörü için yapılan karbon hesaplamalarının değerlendirilmesi, Uluslararası Katılımlı V. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 18-20 Eylül 2013, Eskişehir, Türkiye.
- Tolunay, D., 2011. Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35, 265, 279.
- Tolunay, D., Makineci, E., Şahin, A., 2017. İstanbul-Durusu kumul alanlarındaki Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) ve Fıstık Çamı (*Pinus pinea* L.) ağaçlandırmalarında karbon birikimi. TÜBİTAK Projesi, Proje no: 114O797.
- Tufekcioglu A, Guner S and Kucuk M. 2004. Root biomass and carbon storage in oriental spruce and beech stands in Artvin, Turkey. *Journal of environmental biology/Academy of Environmental Biology*, India, 25(3): 317-320.
- Turfan, N., Savacı, G. ve Sarıyıldız, T., 2016. Uludağ Göknaarı ve Sarıçam İbrelerinin Bazı Kimyasal Bileşiklerinin Meşcere Yaşına ve Bazı Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16, 2, 583, 98.
- Tüfekçioğlu, A. ve Küçük, M., 2010. Saf Sarıçam meşcerelerinde kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarının yaş sınıflarına göre değişimi, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, 1030, 1037
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., & Küçük, M. (2008). Root biomass and carbon storage in oriental spruce and beech stands in Artvin, Turkey.

- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Altun, L., Kalay, H. Z. ve Yener, İ., 2002. Kayın ve ladin meşcerelerinde ince ve kılcal kök biyokütlelerinin karşılaştırılması, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 15-18 Mayıs 2002, Artvin, 2, 746, 751.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., Kırış, K., & Zengin, O. (2010). Saf ve karışık sarıçam meşcerelerinde kalın kök kütlesi miktarı ve bunu etkileyen etmenler.
- Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S. ve Küçük, M., 2005. Artvin Genya Dağı yöresi doğu ladin meşcerelerinde kök kütlesi, yıllık ibre dökümü ve toprak solunumu miktarlarının değişimleri, Ladin Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-22 Ekim 2005, 123, 129, Trabzon.
- Tüfekçioğlu, A., Yüksek, T., & Kalay, H. Z. (2002). Gümüşhane ili Torul ilçesi yalancı akasya ağaçlandırmalarının biyokütle ve bazı toprak özellikleri yönünden incelenmesi. Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu, 23, 25.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Seragazi emisyon istatistikleri 1990-2021, S.49672, 29 Mart 2021
- Türüdü, Ö. A., 2004. Toprak Bilgisi K.T.Ü. Rektörlüğü M.Y.O. Serisi. Genel Yayın No: 104, M.Y. O. Yayın No: 1, 4. Baskı, Trabzon.
- Vogt, K. A., Vogt, D. J., Palmiotto, P. A., Boon, P., O'Hara, J. ve Asbjornsen, H., 1995. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, Climatic Forest Type and Species, Plant and Soil, 187, 2, 159, 219
- Wall, A. ve Heiskanen, J., 2003. Water retention characteristics and related physical of soil on afforested agricultural land in Finland, *Forest Ecology and Management*, 186, 21, 37.
- Wang, S., Zhou, C., Liu, J., Tian, H., Li, K., & Yang, X. (2002). Carbon storage in northeast China as estimated from vegetation and soil inventories. *Environmental Pollution*, 116, S157-S165.
- West, K., 2008. Essential Chemistry: Carbon chemistry, chelsea house an imprint of infobase publishing, 132 West 31st Street New York NY 10001, 117 s.
- Xia, J., & Wan, S. (2008). Global response patterns of terrestrial plant species to nitrogen addition. *New Phytologist*, 179(2), 428-439.
- Yaltırık, F. and M. Boydak, 2000. A New variety of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) from anatolia (anadolu'da saptanan yeni bir kızılçam varyetesi)). *The Karaca Arboretum Magazine*, Cilt 5 (4), sayfa 173-180.
- Yaman, K., & Gül, M. (2018) "Kuruluşundan günümüze avrupa birliği'nin çevre politikası", *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 2(2). 198-217.
- Yang, L., Wu, S., Zhang, L. 2010. "Fine root biomass dynamics and carbon storage along a successional gradient in Changbai Mountains, China, *Forestry*", 83 (4), 379-387.

- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U. ve Küçük, M., 2010. Karadeniz bölgesi saf ve karışık sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) meşcereleri için mekanistik büyüme modellerinin geliştirilmesi, biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi, Proje Sonuç Raporu, TÜBİTAK TOVAG, 106O274.
- Yıldız, A., 2021. Adana-Feke yöresi karaçam meşcerelerinin kök kütlesi ve depoladığı karbon miktarının belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Yuan, Z. Y. ve Chen, H. Y., 2012. A Global analysis of fine root production as affected by soil nitrogen and phosphorus, *Proc Biol Sci*, 279, 3796, 802.
- Zengin, H., Asan, Ü., Destan, S., Özkan, Y., 2005. Küresel ısınmanın önlenmesinde ormanların rolü ve önemi İ.Ü.Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı 34473 Bahçeköy,
- Zengin, Onur (2010). Giresun ili Alucra yöresi saf ve karışık sarıçam meşcerelerinin de kalın kök kütlesinin belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi.
- Zhang, Y., Niu, J., Zhu, W., Du, X., Li, J. 2015. "Effects of plant roots on soil preferential pathways and soil matrix in forest ecosystems", *Journal of Forestry Research*, 26, 397-404.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZTÜRK İrfan
Uyruğu :
Doğum tarihi ve yeri :
Medeni hali :
Yabancı Dili :
Telefon :
Faks :
e-posta :

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Karadeniz Teknik Üni. Orman Fakültesi	28/09/2007
Yüksek Lisans	Karadeniz Teknik Üni. Fen Bilimleri Enst.	09/08/2011

Yayınlar