Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi
Düzce University Faculty of Forestry Journal of Forestry

22 (1), 2026, 50-61.
https://doi.org/10.58816/duzceod.1808414

ISSN: 2148-7871 e-ISSN: 2148-7855
https://dergipark.org.tr/en/pub/duzceod

Araştırma Makalesi/Research Article

Artvin Yöresi İşletilen Karışık Doğu Kayını – Doğu Ladini Meşcerelerinde Ölü Odun Hacminin Belirlenmesi

Determination of Deadwood Volume in Managed Oriental beech-Oriental spruce in Artvin, Türkiye

Aydın Kahriman[1*], Hacı Ahmet Yolasığmaz[2]

[1] Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye.
ror.org/03z8fyr40

[2] Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye.
ror.org/02wcpmn42

*Sorumlu yazar / Corresponding author:
aydinkahriman@ktu.edu.tr

Öz: Orman ekosistemlerinde yaşayan canlıların yaklaşık %30'u, yaşamlarını sürdürebilmek için ölü ağaç gövdelerine ve yaşlı ağaçlara ihtiyaç duymaktadır. Ölü ve ölmekte olan ağaçlar biyolojik çeşitliliğin korunması, toprak besin döngüsü, karbon depolanması, hidrolojik süreçler ve ağaçların doğal yenilenmesi üzerinde önemli etkiler göstererek, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir işleyişi ve ekolojik verimliliğinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu çalışmanın amacı Artvin yöresindeki karışık doğu kayını – doğu ladini meşcerelerinde ölü odun hacminin belirlenmesi ve bu miktarın çeşitli meşcere özellikleri ile mekansal ve fizyografik değişkenlere göre değişiminin saptanmasıdır. Ölü ağaç miktarındaki değişimi etkileyen bazı meşcere, fizyografik ve mekânsal faktörler dikkate alınarak toplam 74 örnek alanda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Örnek alanların her birinde dikili kuru, devrik kuru ve kütük durumda bulunan ölü ağaçların boyutları (çap ve boy) ölçülmüştür. Dikili kuru, devrik kuru ve kütük hacimleri sırasıyla 2,5 (%20,2), 6,3 (%50,8) ve 3,5 (%28,2) m^3/ha olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, toplam ölü odun hacminin ortalaması 12,4 m^3/ha, ölü odun hacminin dikili hacme oranı ise %2,9 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürdeki önceki araştırmalarla karşılaştırıldığında; bazı çalışmalara göre daha düşük, bazılarına göre daha yüksek, bazılarıyla ise benzer değerler göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ölü odun hacmi, Meşcere parametreleri, Doğu kayını, Doğu ladini, Artvin*

Abstract: In the Sustainable Forest Management, deadwood is a fundamental substrate for numerous species, and a key factor in carbon and nutrient cycles. Approximately 30% of the living beings in the forests need old trees and deadwood tree in order to survive. Deadwood and dying trees play a key role in biodiversity, carbon storage, soil nutrient cycling, energy flows, hydrological processes and in the functioning and productivity of forest ecosystems through impacts on the natural regeneration of trees. In this study, the primary aim is to determine the deadwood volume in mixed Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky)–Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) stands within the Artvin Regional Directorate and to reveal how deadwood quantities vary according to selected stand, physiographic, and spatial factors. In this study, the deadwood amount in the stands that are Artvin will be compared. It was found that the volumes of standing dead, stump, and downed deadwood were 2,5 m^3/ha (20,2%), 3,5 m^3/ha (28,2%), and 6,3 m^3/ha (50,8%), respectively. Moreover, the average total deadwood volume and the ratio of deadwood volume to standing volume were calculated as 12,4 m^3/ha and 2,9%, respectively. When the results of this study were compared with previous studies, the findings were lower than some, higher than others, and similar to several.

Keywords: *Deadwood volume, Stand parameters, Oriental beech, Oriental spruce, Artvin*

Geliş / Received: 21.10.2025
Revizyon / Revision: 27.04.2026
Kabul / Accepted: 01.05.2026
Yayımlanma / Online: 18.06.2026

I.GİRİŞ

Ölü ve ölmekte olan ağaçlar; karbon depolama, biyolojik çeşitlilik, toprak besin döngüsü, enerji akışı, hidrolojik süreçler ve doğal yenilenme üzerindeki etkileriyle, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir işleyişinde önemli bir rol oynamaktadır (Girona vd., 2023; Löfroth vd., 2023). Orman tipi, bitki örtüsü, toprak ve iklim koşulları, doğal ya da insan kaynaklı yıkımlar ve orman yönetim biçimi ormanlarda ölü odun miktarını belirleyen başlıca etkenlerdir (Karahalil vd., 2017; Lombardi vd., 2008; Rock vd., 2008). Ayrıca, ölü odun varlığı; ormanın işletme şekline (koru veya baltalık) ve yapılan kesimlerin yoğunluğuna da bağlı olarak değişmektedir (Fridman ve Walheim, 2000).

This is an open access paper distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
Bu makale, Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY-NC 4.0) hükümleri ve koşulları kapsamında açık erişim olarak yayımlanmıştır.

Bazı araştırmacılar ölü ağaçları dikili kuru ve devrik kuru olarak iki grupta sınıflandırmıştır: (Atici vd., 2008; Christensen vd., 2005; Fridman ve Walheim, 2000). Ancak diğer araştırmacılar, ölü ağaçları daha ayrıntılı olacak şekilde: dikili ve tepesi kırık dikili kuru, devrik kuru, kaba ve ince dal parçaları, kütük olmak üzere dört ya da beş farklı grupta değerlendirmiştir: (Kirby vd., 1998; Schuck vd., 2005; Travaglini vd., 2007; Vítková vd., 2018).

Ölü odun hacminin belirlenmesine yönelik olarak, farklı envanter yöntemleri ve sınıflandırma yaklaşımları kullanılarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Özdemir (2022) tarafından Veliköy Orman İşletme Şefliği'nde işletmecilik faaliyetlerinin yapıldığı meşcerelerde ölü odun hacminin ortalaması 10,1 m^3/ha ve ölü odun hacminin canlı meşcere hacmine oranı da %2,5 olarak belirlenmiştir. Aynı araştırmada, Karagöl–Sahara Milli Parkı'ndaki korunan alanlarda bu değerlerin sırasıyla 22,5 m^3/ha ve %4,2 olduğu bildirilmiştir (Özdemir vd., 2023). Karahalil vd. (2017)'nın Antalya-Köprülü Kanyon Millî Parkı'ndaki Kızılçam (Pinus brutia Ten.) meşcerelerinde yürüttüğü çalışmada, ölü odun hacminin dikili canlı ağaç hacmine oranı %2,4 ve ortalama ölü odun hacmi ise 3,8 m^3/ha olarak bulunmuştur. Topacoğlu vd. (2017), Kastamonu–Küredeki değişik yaşlı Uludağ Göknarı (Abies nordmanniana subsp. bornmülleriana (Mattf.)) meşcerelerinde yaptıkları araştırmada, ortalama ölü odun hacmini 8,9 m^3/ha (3,38–18,29 m^3/ha aralığında) ve canlı ağaçlar içindeki oranını %3,2 (%1,2–5,4 aralığında) olarak belirlemişlerdir. Atici vd. (2008), doğu kayını meşcerelerinde yürütülen çalışmada toplam ölü odun hacmini ve canlı ağaç hacmine oranı 22,87 (± 4,34) m^3/ha ve %4,81 (± 4,72) olarak bulmuşlardır. Çolak vd. (2009) tarafından karışık meşcerelerde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise, işletilen ormanlarda ölü odun hacmi ve canlı ağaç hacmine oranı sırasıyla, 9,31 (± 2,84) m^3/ha ve %1,96 (± 0,84) olarak tespit edilmiştir.

Avrupa'daki 19 farklı ülkede yapılan çalışmada ölü odun hacim ortalaması 15,8 m3/ha (5,6 – 33,1 m3/ha) olarak tespit edilmiştir (Puletti vd., 2019). Siitonen vd. (2000), Finlandiya'daki Avrupa Ladini (Picea abies (L.) Karst.) meşcerelerinde yaptıkları çalışmada toplam ölü ağaç hacmi 110 m3/ha olarak tespit edilmiştir. Karadağ'daki Avrupa Kayını - Orta Avrupa Göknarı - Avrupa Ladini karışık meşcerelerinde Motta vd. (2015) tarafından yürütülen araştırma sonucunda, toplam ölü ağaç hacmi 420 m^3/ha olarak hesaplanmıştır. İran'daki değişik yaşlı kayın ormanlarında Amanzadeh vd. (2013) tarafından yapılan ölçümler sonucunda, ölü odun hacminin dikili canlı ağaç hacmine oranı %7,5–9,0 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Slovakya'nın Batı Karpatlar bölgesindeki Göknar–Kayın–Ladin karışık meşcerelerinde Parobeková vd. (2018) tarafından yapılan ölçümler sonucunda, devrik ölü odunların dikili canlı ağaç hacmine oranı %36 ve ortalama ölü odun hacmi 260 m^3/ha olarak belirlenmiştir.

Doğu kayını ve doğu ladini türleri, Türkiye'nin doğal ormanlarında önemli ağaç türleri arasında yer almaktadır (Çakir ve Kahriman 2018; Özdemir vd., 2023). Bu türlerin geniş yayılış alanlarına sahip olmaları, belirgin artım ve büyüme özellikleri ile ekonomik açıdan taşıdıkları değer, önemlerini artıran başlıca nedenlerdir (Anşin ve Özkan, 2006; Saygili ve Kahriman 2023; Şahin vd., 2019). Orman Genel Müdürlüğü'nün orman envanteri verilerine (OGM, 2021) göre, 2020 yılı itibarıyla Türkiye'deki toplam orman alanının 1.878.049 ha'lık kısmı doğu kayını (% 8,19) ve 365.845 ha'lık kısmı ise (%1,60) doğu ladini ile kaplıdır (OGM, 2021).

Ölü odun miktarı, orman ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin korunması, habitat sürekliliğinin sağlanması ve sürdürülebilir orman yönetimi açısından önemli bir ekolojik göstergedir. Bu nedenle ülkemizde asli ağaç türlerinin saf ve karışık meşcereleri yanında, özellikle kayın–ladin karışık meşcerelerinde ölü odun varlığının belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu meşcerelerde ölü odunun yalnızca hektardaki kuru ağaç sayısı ile değil, dikili canlı servet içindeki hacimsel oranı ile değerlendirilmesi, daha bilimsel ve ekosistem temelli bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Artvin'de işletmecilik faaliyetleri yürütülen doğu kayını–doğu ladini karışık meşcerelerinde ölü odun miktarını (toplam kuru, dikili kuru, devrik kuru, kütük) belirlemek ve bu miktarın çeşitli meşcere özellikleri, fizyografik faktörler ile uzamsal-mekansal değişkenlere göre nasıl farklılık gösterdiğini ortaya koymaktır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Materyal

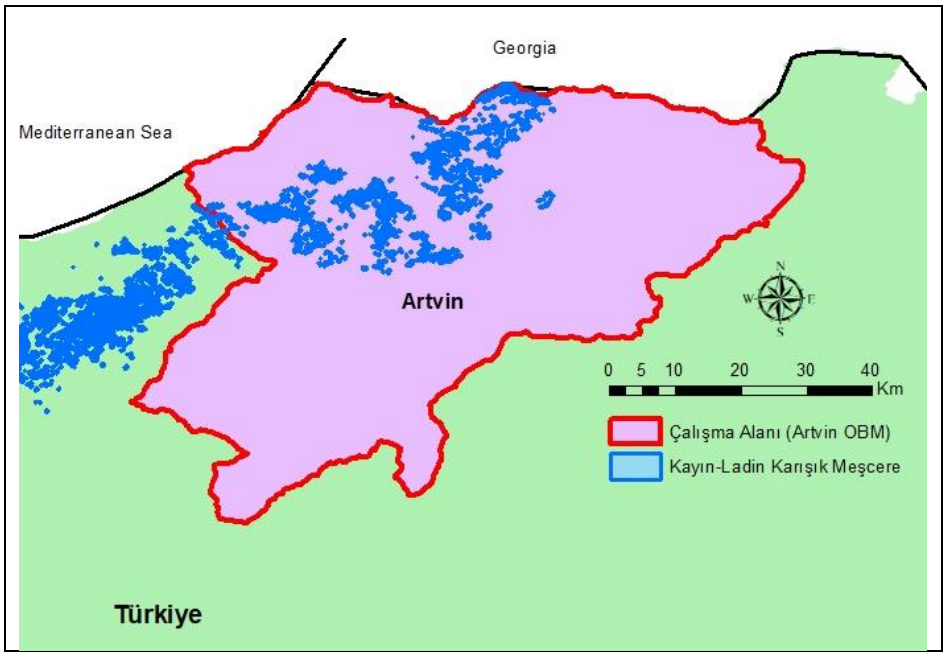
Bu çalışma kapsamında Artvin Orman Bölge Müdürlüğünde yayılış gösteren doğu kayını (Fagus orientalis Lipsky) - doğu ladini (Picea orientalis (L.) Link.) karışık ormanlarında yapılan ölçümler kullanılmıştır. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'nün toplam yüzölçümü 710.973 hektar olup, bu alanın yaklaşık %56,8'i (403.695 ha) ormanlık, %43,2'si (307.278 ha) ise ormansız alanlardan oluşmaktadır. Artvin ili, %56,8 oranındaki ormanlık alanı ile Türkiye'de orman varlığı en yüksek olan sekizinci il konumundadır. İldeki ormanlık alanların yaklaşık %54,9'unu (221.532 ha) verimli koru ormanları, %45,1'ini (182.163 ha) ise bozuk koru ormanları oluşturmaktadır (OGM, 2021).

Örnek alanlar ve ölü ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen ölçümler kapsamında; çap ölçer, boy ölçer, eğimölçer, artım burgusu, MS Excel yazılımı, 1/25.000 ölçekli jeolojik ve topoğrafik haritalar, GPS (Küresel yer belirleme cihazı), IBM SPSS 19.0 istatistik paket programı ile Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) analizlerinin yürütülmesinde ESRI tarafından geliştirilen ArcGIS 10.2.1 yazılımı (Esri, 2013) kullanılmıştır.

B. Çalışma Alanı

Orman Genel Müdürlüğü envanterine göre doğu kayını - doğu ladini karışık meşcerelerinin Arhavi, Borçka, Murgul ve

Artvin Orman İşletme Müdürlüklerinde kapladığı alan sırasıyla 318, 2504, 5550 ve 3106 ha olmak üzere toplam 11478 ha'lık alanı kaplamaktadır (Şekil 1) (OGM, 2021). Bu çalışma kapsamında maliyet, iş gücü ve zaman kısıtları dikkate alınarak kayın-ladin karışık meşcerelerin özelliklerini temsil edecek şekilde yeterli sayıda örnek alan alınmıştır. Örnek alanlar, kayın-ladin karışık meşcerelerinde gelişim çağı, kapalılık ve bonitet sınıfları dikkate alınarak, her bir sınıfı temsil edecek şekilde dağıtılmıştır (Tablo 1). Tüm bu ölü ağaç değişimini etkileyen en önemli faktörler dikkate alınarak toplamda 74 adet örnek alan alınmıştır.



Şekil 1. Kayın-Ladin karışık meşcerelerinin çalışma alanındaki dağılımı.

C. Yöntem

Ulusal Orman Envanteri'nde (NFIs), ölü odun hacmini tahmin etmek için birçok yöntem uygulanmıştır, (Bebber ve Thomas, 2003; Larjavaara ve Muller-Landau, 2011): sabit alan örneklemesi (FAS: fixed-area sampling), çizgi kesişim örneklemesi (LIS: line intersect sampling), çap-relaskop örneklemesi (DRS: diameter relascope sampling), düşey mesafe örneklemesi (PDS: perpendicular distance sampling) ve çizgi kesişimi-uzaklık örneklemesi (LIDS: line intersect distance sampling). Genel olarak, FAS ve LIS, Ulusal Orman Envanteri'nde en yaygın kullanılan iki yöntemdir (De Meo vd., 2017). Bu çalışma kapsamında hem saf Doğu Ladini hem de Doğu Ladininin hakim olduğu Doğu Ladini + Sarıçam ve Doğu Ladini + Kafkas Göknarı karışık meşcerelerini temsil edecek şekilde ve hem de maliyet, işçilik, zaman faktörlerini dikkate alarak yeterli sayıda geçici örnek alan alınmıştır. Bu çalışmada hem meşcere kapalılığı ve karışık meşcerenin temsil edilme durumu ve hem de maliyet, işçilik, zaman faktörlerini dikkate alınarak büyüklükleri 800-1500 m^2 arasında yeterli sayıda dairesel örnek alan olacak şekilde ölçümler yapılmıştır.

Örnek alanların her birinde;

- Örnek alanların eğim, bakı, yükselti, yol ve yerleşime olan uzaklık gibi genel özellikleri,
- Tüm canlı ağaçların ($d_{1.30}$>8,0 cm) göğüs çapları,
- Her çap basamağında dengeli bir şekilde seçilen 10–15 ağaçta boy ölçümü,
- Hektarda 100 ağaç yöntemine göre seçilen en boylu ağaçların boyu,
- Meşcere orta ağacını temsil edecek şekilde 2-3 ağacın yaşı,
- Dikili kuru ağaçların göğüs çapı ve boyu,
- Uzunluğu 30 cm'den kısa olan kütüklerin kütük çapı ve uzunluğu 30-130 cm arasında olan kütüklerin ise orta çapı ve boyu,
- Uzunluğu <6 m olan yatık-devrik kuruların dip, orta ve uç çapları, boyu; uzunluğu >6 m olan yatık-devrik kuruların ise kütük çapı, göğüs çapı ve 4 m aralıkla gövde çapı (4,3, 8,3, …) olacak şekilde, toplam boy ölçülmüştür.

Bu çalışmada dikili kuru, devrik kuru ve kütük olmak üzere üç tür ölü odun dikkate alınmıştır (Şekil 2). Harmon ve Sexton (1996)'a göre:

1. Dikili kuru ağaç: $d_{1.30}$ > 4 cm ve h >1,3 m olan ağaçlar.
2. Kütükler: uzunluğu 10-130 cm ve çapları 6 cm'den daha kalın olanlar.
3. Devrik kurular: Devrik ağaçlardan orta çapı ≥ 6 cm ve uzunluğu ≥ 15 cm olanlar.

Tablo 1. Meşcerelerin bonitet sınıfları, gelişim çağları ve kapalılığa göre dağılımı (ha) ve örnek alanların bonitet sınıfları, gelişim çağları ve kapalılığa göre dağılımı (adet) (OGM, 2021).

Kap.	Geliş. Çağı	Bonitet Sınıfı										Toplam	
		1		2		3		4		5			
		Alan (ha)	ÖAS (adet)	Alan (ha)	ÖAS (adet	Alan (ha)	ÖAS (adet)	Alan (ha)	ÖAS (adet)	Alan (ha)	ÖAS (adet)	Alan (ha)	ÖAS (adet)
1	b			54	2	98	2					152	**4**
	c			37	2	126	2	23	2	6	2	193	**8**
	d	232	2	766	2	1095	2	256	2	35	2	2384	**10**
	Toplam	232	2	858	6	1319	6	279	4	42	4	2729	**22**
2	b			73	2							73	**2**
	c	43	2	304	2	514	2	221	2	154	2	1236	**10**
	d	246	2	1487	2	2497	2	149	2	94	2	4473	**10**
	Toplam	289	4	1864	6	3011	4	370	4	247	4	5782	**22**
3	b	6	2	404	2	219	2	81	2	26	2	736	**10**
	c	30	2	650	2	767	2	215	2	68	2	1730	**10**
	d	71	2	203	2	178	2	23	2	26	2	502	**10**
	Toplam	108	6	1258	6	1163	6	319	6	120	6	2967	**30**
Genel Toplam		**628**	**12**	**3979**	**18**	**5494**	**16**	**968**	**14**	**409**	**14**	**11478**	**74**

Kapalılık: % 11-40: 1 kapalı, %41-70: 2 kapalı, >% 70: 3 kapalı; Gelişim çağları: b: çapı 8-19,9 cm, c: çapı 20-35,9 cm, d: çapı >36 cm; Bonitet sınıfları: I. bonitet sınıfı: çok iyi, II. bonitet sınıfı: iyi, III. bonitet sınıfı: orta, IV. bonitet sınıfı: fena, V. bonitet sınıfı: çok fena, ÖAS: Örnek alan sayısı

Dikili kuru hacmi: şekil katsayısı eşitliği ile: ($f_{1.3}$: 0,415, koni-paraboloit ortası); kütük hacmi: silindir hacmi ile; devrik kuruların hacimleri: < 6m ise: Newton-Riecke eşitliği ve > 6 m ise kütük kısmı silindir hacmi, seksiyon kısmı Smalian eşitliği ve uc parça kısmı koni hacmi eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Ölü odun kısımlarının hacimleri yukarıdaki eşitlikler kullanılarak tek tek hesaplanmış, örnek alan bazında toplam ölü odun miktarı belirlenmiş ve hektar başına değerlere dönüştürülmüştür.

Dikili ağaç hacimlerinin belirlenmesinde, doğu kayını ağaç türü için Carus (1998) ve doğu ladini ağaç türü için Akalp (1976) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda, her iki tür için de söz konusu araştırmacılar tarafından oluşturulan çift girişli hacim tahmin modelleri esas alınmıştır.

Doğu kayını $$V = d^2 * (-0{,}000116988 + 0{,}0000397641 * h) \quad (1)$$

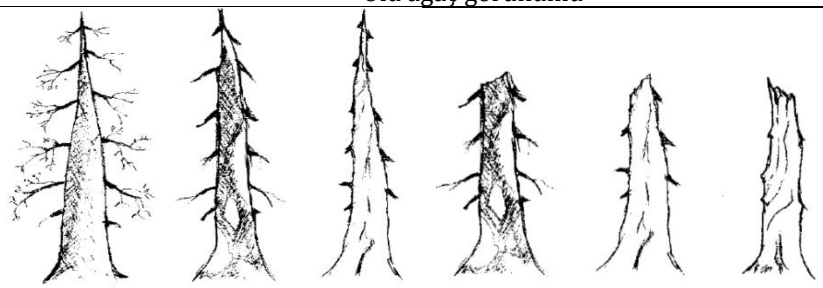
Doğu ladini $$V = d^2 * (0{,}00032505 + 0{,}00002453 * h) \quad (2)$$

Burada: v ağaç hacmini (m^3), d ağacın göğüs çapını (cm), h ağaç boyunu (m) ifade etmektedir.

Örnek alanların yer aldığı her bir meşcerede hektar bazındaki hacim değerleri, öncelikle örnek ağaçlara ait hacimlerin ilgili örnek alan içinde ayrı ayrı belirlenip toplanması ve ardından bu toplam hacimlerin hektara ölçeklendirilmesi suretiyle hesaplanmıştır.

Toplam ölü odun hacminin tahmininde; orta boy, orta çap, bonitet indeksi, meşcere yaşı, sıklık derecesi, göğüs yüzeyi, meşcere hacmi ve ağaç sayısı gibi meşcere özelliklerinin yanı sıra yükselti, eğim ve bakı gibi fizyografik faktörler ile yol ve yerleşim birimlerine olan uzaklık değişkenleri ve bunlardan türetilmiş çok sayıda bağımsız değişken kullanılmıştır. Bu amaçla, toplam ölü odun hacmini açıklayan çoğul regresyon modelleri, İleri Doğru Seçim, Geriye Doğru Seçim ve Aşamalı Regresyon yöntemleri uygulanarak SPSS paket programı (IBM Corp., 2010) aracılığıyla oluşturulmuştur. Modeller arasından, istatistiksel olarak $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olan, Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R^2) en yüksek, Standart Hata (Sy.x) değerleri en düşük ve aynı zamanda biyolojik ilkelerle uyumlu bulunan modeller tercih edilmiştir.

Dikili kuru, devrik kuru, kütük ve toplam ölü odun hacimlerinin; gelişim çağı, bonitet indeksi, sıklık derecesi, kapalılık, yaş gibi meşcere özellikleri ile eğim, bakı, yükselti ve yol ile yerleşim birimlerine olan uzaklık gibi mevki parametrelerine göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği tek-yönlü-varyans analizi (ANOVA) ile ortaya konulmuştur. ANOVA testi sonucunda gruplar arasında $p<0,05$ düzeyinde anlamlı bir farklılık belirlendiğinde, bu farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla çoklu karşılaştırma yöntemlerinden Tukey HSD testi uygulanmıştır. Çalışmada yürütülen tüm konumsal analizler, mekânsal veri işlemleri ve harita üretim aşamaları ArcGIS 10.2.1 (Esri, 2013) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ölü ağaç türü	Ölü ağaç görünümü
Dikili kuru ve tepesi kırık dikili kuru ağaçlar	
Yatık-devrilmiş kuru ağaçlar	
Kütükler	

Şekil 2. Toprak üstü ölü ağaç türleri.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında ölçümü yapılan 74 örnek alana ilişkin meşcere ve fizyografik özelliklerin bazı istatistiksel bilgileri Tablo 2'de ve örnek alanlardaki ölü odun ve canlı dikili hacim miktarlarına ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler Tablo 3'de verilmiştir.

Canlı dikili meşcere hacmi 30,4-947,1 m^3/ha arasında değişirken ortalaması 402,6 m^3/ha'dır. Toplam ölü odun hacmi 0.0-44.1 m^3/ha arasında değişirken ortalaması 12,4 m^3/ha'dır (Tablo 3). Toplam ölü odun hacminin canlı dikili meşcere hacmine oranı ortalama %2,9 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan en çok devrik ölü odun hacmi (6,3 m^3/ha) tespit edilmiştir.

Ölü odun hacimlerinin meşcere ve mevki parametrelerine göre dağılımlarına ilişkin tek yönlü varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Tablo 4 ve Tablo 5'te sunulmuştur. Ölü odun hacim verileri normal dağılım göstermektedir ($p>0.05$) ve gruplara göre varyansları homojendir ($p>0,05$). Meşcere yaşlandıkça ölü odun hacmi genel olarak artış göstermektedir. Ölü odun hacimleri 1-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100 ve >100 yaş sınıfları itibariyle sırasıyla 0,0, 2,1, 2,9, 16,1, 14,6 ve 19,8 m^3/ha'dır. Bonitet endeksi iyileştikçe ölü odun hacimleri en iyi bonitet sınıfı hariç diğer dört bonitet sınıfı için artış göstermektedir. Ölü odun hacimleri iyi bonitetten kötü bonitete doğru sırasıyla 10,7, 19,1, 14,9, 2,7 ve 1,7 m^3/ha'dır. Meşcerenin sıklık değeri arttıkça ölü odun hacim miktarı düzensiz bir dağılım (düşük sıklıkta yüksek, orta sıklıkta daha düşük, sık meşcerelerde ise en fazla ölü odun hacmi mevcut) göstermektedir. Ölü odun hacimleri düşük sıklıktan yüksek sıklığa doğru sırasıyla 11,1, 14,2, 9,0, 13,8 ve 16,1 m^3/ha'dır. Gelişim çağı itibariyle meşcere orta çapı kalınlaştıkça ölü hacim miktarı artış göstermektedir. Ölü odun hacimleri 1-8, 8-20, 20-36 ve >36 cm itibariyle sırasıyla 0,0, 2,5, 16,6 ve 17,7 m^3/ha'dır. Meşcere kapalılığı ölü odun hacim miktarı düzensiz bir dağılım (gevşek ve sık kapalılıkta az ölü odun varken orta kapalı meşcerelerde ise fazla ölü odun hacmi mevcut) göstermektedir. Ölü odun hacimleri %11-40, 41-70 ve >70 kapalılık sınıfları itibariyle sırasıyla 10,4, 20,8 ve 9,5 m^3/ha'dır (Tablo 4).

Tablo 2. Örnek alan verilerine ilişkin bazı istatistiki bilgiler.

Özellik	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
Orta Çap (cm)	5,4	25,7	48,5	10,8
Orta Boy (m)	4,6	15,8	23,6	5,7
Yaş (yıl)	11,2	95,1	186,7	42,4
Bonitet Endeksi (m)	17,4	23,9	32,4	4,1
Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	9,4	41,1	75,6	18,7
Meşcere Hacmi (m^3/ha)	30,4	402,6	947,1	259,5
Ağaç Sayısı (N/ha)	196	1139,1	4855	1122,3
Sıklık Derecesi	2,8	7,9	13,8	3,0
Karışım Oranı (%)	55,3	64,7	84,0	8,5
Egim (%)	19	61,2	110	26,1
Yukselti (m)	1045	1451,2	1785	196,6
Yola Uzaklık (m)	88	182,0	486	118,4
Yerleşim Yer.Uzak. (m)	884	2775,9	4418	800,2

Tablo 3. Örnek alanlardaki ölü odun hacimlerine ilişkin bazı istatistiki bilgiler.

Değişken	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
Dikili kuru (m^3/ha)	0,0	2,5	25,5	5,6
Kütük (m^3/ha)	0,0	3,5	25,0	3,9
Devrik kuru (m^3/ha)	0,0	6,3	25,7	7,7
Toplam kuru (m^3/ha)	0,0	12,4	44,1	12,0
Kuru oranı (%)	0,0	2,9	11,0	2,8
Meşcere hacmi (m^3/ha)	30,4	402,6	947,1	259,5

Ölü odun hacmi, çoğu mevki parametrelerine göre (eğim, bakı ve yükselti, yola ve yerleşim yerlerine uzaklıklar) düzensiz bir dağılım gösterirken, yerleşim yerlerine olan uzaklıklara göre genel olarak artış göstermektedir (Tablo 5). Ölü odun hacimleri 0-100, 101-250, 251-400 ve > 400 m yola uzaklık sınıflarına göre sırasıyla 9,5, 12,5, 18,1 ve 5,5 m^3/ha'dır. Ölü odun hacimleri 0-1000, 1000-1500, 1500-2000, >2000 m yerleşim yerlerine uzaklık sınıflarına göre sırasıyla 9,1, 7,6, 13,6 ve 14,5 m^3/ha olarak tespit edilmiştir. Ölü odun hacimleri 19-36, 36-58, 58-100 ve >100 eğim yüzdelerine bağlı olarak 10,3, 11,8, 13,5 ve 18,7 m^3/ha olarak elde edilmiştir. Ölü odun hacimleri kuzey, güney, doğu ve batı bakılarına bağlı olarak 7,7, 16,1, 12,8 ve 11,2 m^3/ha olarak elde edilmiştir. Ölü odun hacimleri < 1200, 1200-1400, 1400-1600, > 1600 m yükselti basamaklarına göre sırasıyla 14,3, 7,5, 11,5 ve 18,1 m^3/ha olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tek yönlü ANOVA sonuçları, meşcere parametreleri açısından değerlendirildiğinde; toplam kuru, dikili kuru, devrik kuru ve kütük hacminin yaş ve gelişim çağı sınıflarına göre; toplam kuru, kütük ve devrik kuru hacmin bonitet sınıflarına göre; toplam kuru, dikili kuru, ve devrik kuru hacmin ise kapalılık sınıflarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($p<0.05$). Tukey testi bulgularına göre; yaş sınıflarında dikili kuru ve toplam kuru hacimde >100 yıl, kütük hacminde 81–100 yıl, devrik kuru hacminde ise 61–80 ve >100 yıl sınıfları en yüksek değerlere sahiptir. Bonitet endeksi açısından kütük, devrik kuru ve toplam kuru hacimde 23,5–26,5 m sınıfı öne çıkmaktadır. Gelişim çağı sınıflarında dikili kuru ve kütük hacmi için >36 cm, devrik kuru ve toplam kuru hacmi için 20–36 cm ve >36 cm sınıfları en yüksek hacimleri göstermektedir. Kapalılık açısından ise %41–70 kapalılık sınıfı dikili kuru, devrik kuru ve toplam kuru hacim kategorilerinde en yüksek ölü odun hacimlerini vermiştir (Tablo 4).

Mevki parametrelerine göre yapılan değerlendirmede, tek yönlü ANOVA sonuçları dikili kuru hacminde bakı; kütük hacminde eğim, bakı ve yola uzaklık; toplam kuru hacminde ise yükselti sınıflarına göre anlamlı farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Tukey testi bulguları, dikili kuru için güney bakı, kütük için >100 eğim sınıfı, doğu bakı ve 250–400 m yola uzaklık sınıfı; toplam kuru için >1600 m yükselti sınıfının en yüksek ölü odun hacim değerlerine sahip olduğunu göstermektedir (Tablo 5).

Tablo 4. Ölü odun hacminin (m^3/ha) bazı meşcere değişkenlerine göre dağılımı, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları.

Değişken	Sınıflar	n	Dikili Kuru	Kütük	Devrik Kuru	Toplam Kuru
Yaş (yıl)	1-20	7	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$	$0,0^{a}$
	21-40	10	$1,4^{ab}$	$0,6^{a}$	$0,0^{a}$	$2,1^{ab}$
	41-60	11	$0,1^{a}$	$1,6^{a}$	$1,2^{a}$	$2,9^{ab}$
	61-80	13	$0,3^{a}$	$4,1^{ab}$	$11,7^{b}$	$16,1^{c}$
	81-100	14	$1,6^{ab}$	$6,4^{b}$	$6,6^{ab}$	$14,6^{bc}$
	>100	19	$6,0^{b}$	$4,1^{ab}$	$9,7^{b}$	$19,8^{c}$
ANOVA	F		3,34	5,40	6,53	9,00
	p		**<0,01**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
Bonitet endeksi (m)	26,5-29,5	16	$2,3^{a}$	$2,6^{ab}$	$5,9^{ab}$	$10,7^{ab}$
	23,5-26,5	18	$2,5^{a}$	$5,9^{b}$	$10,7^{b}$	$19,1^{b}$
	20,5-23,5	18	$4,5^{a}$	$3,7^{ab}$	$6,8^{ab}$	$14,9^{ab}$
	17,5-20,5	12	$0,3^{a}$	$1,8^{ab}$	$0,6^{a}$	$2,7^{a}$
	14,5-17,5	10	$0,3^{a}$	$0,4^{a}$	$1,1^{a}$	$1,7^{a}$
ANOVA	F		1,25	3,76	4,54	5,73
	p		0,299	**<0,01**	**<0,01**	**<0,01**
Sıklık derecesi	< 6	19	$4,4^{a}$	$2,9^{a}$	$3,8^{a}$	$11,1^{a}$
	6-8	17	$1,8^{a}$	$3,5^{a}$	$8,8^{a}$	$14,2^{a}$
	8-10	15	$1,6^{a}$	$3,0^{a}$	$4,5^{a}$	$9,0^{a}$
	10-12	15	$1,2^{a}$	$3,6^{a}$	$9,1^{a}$	$13,8^{a}$
	> 12	8	$1,0^{a}$	$7,2^{a}$	$7,9^{a}$	$16,1^{a}$
ANOVA	F		1,19	1,79	1,90	0,60
	p		0,322	0,140	0,121	0,668

Tablo 4. (devamı) Ölü odun hacminin (m^3/ha) bazı meşcere değişkenlerine göre dağılımı, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları.

Gelişim çağı (cm)	1-8	7	0,0[a]	0,0[a]	0,0[a]	0,0[a]
	8-20	20	0,7[ab]	1,2[ab]	0,7[a]	2,5[a]
	21-36	22	0,5[ab]	3,9[bc]	7,8[b]	16,6[b]
	>36	27	4,7[b]	5,3[c]	12,2[b]	17,7[b]
ANOVA	F		3,74	7,72	11,51	13,86
	p		**0,015**	**<0,001**	**<0,001**	**<0,001**
Kapalılık (%)	11-40	15	0,8[a]	4,0[a]	5,6[ab]	10,4[a]
	41-70	22	5,5[b]	5,1[a]	10,3[b]	20,8[b]
	>70	37	1,7[ab]	2,9[a]	4,3[a]	9,5[a]
ANOVA	F		3,67	2,19	3,45	6,84
	p		**0,031**	0,119	**0,037**	**<0,01**

n: Örnek alan sayısı

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, literatürde yer alan önceki araştırmalarla karşılaştırıldığında bazı çalışmalarla kıyaslandığında daha düşük, bazılarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek, bazılarıyla ise benzer düzeylerde gerçekleşmiştir. Ancak genel olarak değerlendirildiğinde, belirlenen ölü odun miktarının dünya genelinde ve özellikle Avrupa'da yapılan çalışmalarda bildirilen değerlerin ortalamasının altında kaldığı söylenebilir (Tablo 7).

Ölü odun sınıflarına göre elde edilen hacim dağılımları incelendiğinde Artvin Orman Bölge Müdürlüğünde % 50.8 ile devrik kuru ölü odun hacmi en fazla (kütük hacimleri % 28,2 ve dikili kuru % 20,2) olarak elde edilmiştir (Tablo 3 ve Tablo 8). Genel olarak kütük hacminin en az olarak elde edilmesi beklenmektedir. Ancak çalışılan alanlarda kütük hacminin dikili kurudan daha fazla elde edilmesinin sebebi planlı üretimin yanı sıra yasa dışı kesimlerin fazla olması ve dikili kuru ağaçların yasa dışı olarak ormandan alınmasından kaynaklandığı ifade edilebilir.

Daha önce yapılana çalışmalara göre dikili kuru ve devrik kuru odun hacimlerinin genellikle kütük hacimlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile benzer şekilde, devrik kuru hacimlerinin en yüksek elde edildiği çalışmalarda, devrik kuru hacimleri Paletto vd. (2021) 16,9 m^3/ha (%71), Błońska vd. (2020) 30,1 m^3/ha (%55,2), Keren ve Diaci (2018) 272 m^3/ha (%76), Topacoğlu vd. (2017) 5,3 m^3/ha (%61), Teissier du Cros ve Lopez (2009) 22,8 m^3/ha (%73) ve Burrascano vd. (2008) 19,0 m^3/ha (%42) olarak elde edilmiştir (Tablo 8).

Tablo 5. Ölü odun hacminin (m^3/ha) bazı mevki değişkenlerine göre dağılımı, varyans analizi ve Tukey testi sonuçları.

Değişken	Sınıflar	Dikili Kuru	Kütük	Devrik Kuru	Toplam Kuru
Eğim	18-36	2,8[a]	3,5[a]	4,0[a]	10,3[a]
	37-58	1,6[a]	3,2[a]	7,1[a]	11,8[a]
	59-100	2,9[a]	3,3[a]	7,3[a]	13,5[a]
	> 100	0,8[a]	13,4[b]	4,5[a]	18,7[a]
ANOVA	F	0,31	5,02	0,88	0,48
	p	0,816	**<0,01**	0,454	0,696
Bakı	Kuzey	0,1[a]	1,5[a]	6,1[a]	7,7[a]
	Doğu	1,6[ab]	5,8[b]	5,4[a]	12,8[a]
	Güney	5,0[b]	3,4[ab]	7,8[a]	16,1[a]
	Batı	2,8[ab]	2,4[a]	6,1[a]	11,2[a]
ANOVA	F	2,81	5,03	0,34	1,35
	p	**0,045**	**<0,01**	0,795	0,266
Yükselti (m)	< 1200	5,1[a]	4,5[a]	4,9[a]	14,3[ab]
	1200-1400	1,0[a]	2,3[a]	4,3[a]	7,5[a]
	1400-1600	1,1[a]	4,5[a]	5,8[a]	11,5[ab]
	> 1600	4,7[a]	3,5[a]	9,9[a]	18,1[b]
ANOVA	F	2,60	1,39	1,16	2,97
	p	0,051	0,253	0,100	**0,038**
Yola uzaklık (m)	0-100	2,2[a]	3,5[ab]	3,8[a]	9,5[a]
	101-250	2,4[a]	2,8[ab]	7,3[a]	12,5[a]
	251-500	3,4[a]	5,6[b]	9,1[a]	18,1[a]
	> 500	1,4[a]	0,7[a]	3,2[a]	5,5[a]
ANOVA	F	0,21	2,84	2,18	2,40
	p	0,888	**0,044**	0,098	0,075
Yerleşim uzaklık (m)	0-1000	1,5[a]	4,8[a]	2,9[a]	9,1[a]
	1001-1500	0,3[a]	2,3[a]	4,9[a]	7,6[a]
	1501-2000	3,9[a]	3,5[a]	6,2[a]	13,6[a]
	> 2000	1,8[a]	3,6[a]	9,2[a]	14,5[a]
ANOVA	F	1,38	0,65	1,80	1,11
	p	0,255	0,587	0,154	0,348

Ayrıca ülkemiz ve diğer ülkelerde korunan alanlarda yapılan çalışmalar ile bu çalışmada tespit edilen toplam ölü odun hacim ve oranları karşılaştırıldığında, korunan alanlardaki ölü odun hacminin genelde daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 8). Daha önce korunan alanlarda gerçekleştirilen çalışmalarda toplam ölü odun hacmi ve oranları şu şekildedir: Özdemir (2022) 22,5 m^3/ha ve %4,2; Bayraktar vd. (2020) 16,49 m^3/ha ve %5,65; Parobeková vd. (2018) 313 m^3/ha ve %43; De Meo vd. (2017) 75,1 m^3/ha ve 9,21 m^3/ha; Karahalil vd. (2017) 3,8 m^3/ha ve %2,4; Motta vd. (2015) 420,4 m^3/ha ve %40,8; Çolak vd. (2009) 30,05 ± 11,06 m^3/ha ve %6,33 ± 2,98 olarak belirlenmiştir. Kısaca, farklı meşcere türlerinde ölü odun hacimlerinin 3,8–420,4 m^3/ha ve ölü odun hacim oranının ise %2,4–%43 arasında değiştiği görülmektedir.

Geliştirilen toplam ölü odun hacmi modeline ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ve bunlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler Tablo 6'da verilmiştir. Toplam ölü odun hacmi için geliştirilen modelin düzeltilmiş belirtme katsayısı (R^2) 0,622 ve standart hatası ($S_{y.x}$) 0,72 m^3/ha, ve F_h değeri 19,34'dür. Bu çalışma kapsamında toplam ölü odun hacminin tahmin edilmesinde etkili değişkenlerin belirlenmesinde, bağımsız değişkenlere ilişkin hesaplanan standardize edilmiş katsayıların, standardize edilmiş katsayıların mutlak değerce toplamına bölünmesi ile elde edilen oran kullanılmıştır. Toplam ölü odun hacminin tahmininde en etkili değişken bonitet endeksi (0,343) iken, daha sonra ise sırasıyla sıklık derecesi (0,125), meşcere yaşı (0,104) ve yola (0,031) gelmektedir (Tablo 6).

$$\ln DW = -53{,}2389 + 1{,}4218 \cdot Ln(t) - 0{,}7734 \cdot Be + 19{,}4588 \cdot Ln(Be) - 0{,}3091 \cdot Sd + 2{,}81932 \cdot Ln(Sd) + 0{,}52673 \cdot Ln(YU) \quad (3)$$

Tablo 6. Toplam ölü odun hacim modeline ilişkin parametrelerin tahmin değerleri ve bunlara ilişkin istatistiksel bilgiler.

Denklem Parametreleri	Tahmin Değeri	Standart hata	Standardize edilmiş tahmin değeri	t değeri	Önem düzeyi
β_0	-53,2389	15,42		-3.45	0.001
β_1	1,42180	0,33	0,48	4.32	0.000
β_2	-0,77339	0,29	-2,50	-2.69	0.009
β_3	19,45883	7,27	2,58	2.68	0.010
β_4	-0,30906	0,15	-0,78	-2.05	0.045
β_5	2,81932	1,14	0,94	2.47	0.017
β_6	0,52673	0,21	0,23	2.56	0.013
F_h : 19,34	R^2 : 0,622		$S_{y.x}$: 0,72	p<0,001	

Tablo 7. Toplam ölü odun hacminin ortalaması ve ölü odun hacminin dikili hacme oranı dikkate alınarak bu araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar ile daha önce yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçların karşılaştırılması.

Yayın	Tür	Yapıldığı Yer	İşletme Türü	Toplam Kuru (m^3/ha)	Kuru Oranı (%)
Bu çalışma	Kn-L	Artvin	İşletilen	12,4	2,9
Özdemir: (2022)	L-G-Çs	Artvin	İşletilen	10,1	2,6
Pala: (2020)	Çs	Giresun	İşletilen	2,5	1,3
Puletti vd.: (2019)	-	19 Avrupa Ülkesi	İşletilen	15,8	-
Keren ve Diaci: (2018)	Kn-G-L	Avrupa	Yaşlı Orman	357,0	27,0
Keren ve Diaci: (2018)	Kn-G-L	Avrupa	İşletilen	69,0	19,4
Topacoğlu vd.: (2017)	G	Kastamonu	İşletilen	8,9	3,2
Rimle vd.: (2017)	L	İsviçre	İşletilen	112,0	19,0
Çolak vd.: (2009)	İ-G.Y.	Karabükz	İşletilen	9,3	1,9
Atici vd.: (2008)	Kn	Kuzey Türkiye	İşletilen	22,9	4,8
Zielonka: (2006)	L	Polanya	Yaşlı Orman	191,0	21-49
Siitonen vd.: (2000)	L	Güney Finlandiya	Yaşlı Orman	111,4	3,0
Sippola vd.: (1998)	L	Finlandiya-Laponya	İşletilen	19,4	18,6

L: Ladin, G: Göknar, Çs: Sarıçam, Kn: Kayın, Çz: Kızılçam, İ: İbreli ağaç, G. Y; Geniş Yapraklı

Tablo 8. Ölü Odun Sınıfları dikkate alınarak bu araştırma kapsamında elde edilen sonuçların daha önce yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması.

Yayın	Tür	Yapıldığı Yer	Dikili Kuru m^3/ha	%	Devrik Kuru m^3/ha	%	Kütük m^3/ha	%	Gövde ve Dal Parçaları m^3/ha	%	Tepesi Kırık Dikili Kuru m^3/ha	%
Bu çalışma	Kn-L		2,5	20,2	6,3	**50,8**	3,5	28,2	-	-	-	-
Özdemir: (2022)	L-G-Çs	Artvin	3,0	29,7	3,3	32,7	3,8	37,6	-	-	-	-
Pala: (2020)	Çs	Giresun	1,3	54,0	0,9	38,0	0,2	8,0	-	-	-	-
Paletto vd.:(2021)	H	Rusya	2,3	9,0	16,9	**71,0**	4,7	20,0	-	-	-	-
Puletti vd.: (2019)	-	19 Avrupa Ülkesi	4,1	26,0	0,7	5,0	2,5	16,0	6,4	41,0	1,8	12,0
Błońska vd. :(2020)	İ.-G.Y.	Polonya	21,3	39,0	30,1	**55,2**	1,7	3,0	-	-	1,5	2,8
Keren ve Diaci: (2018)	Kn-G-L	Avrupa	76,0	21,0	272,0	**76,0**	10,0	3,0	-	-	-	-
Staniaszek-Kik vd.: (2019)	L	Polonya	-	4	-	31	-	65	-	-	-	-
Topacoğlu vd.: (2017)	G	Kastamonu	2,2	25,0	5,3	**61,0**	-	-	-	-	1,2	14,0
Motta vd.: (2015)	Kn-G-L	Karadağ	114,2	27,0	-	-	6,2	2,0	300,0	71,0	-	-
Paletto vd.: (2014)	M	İtalya	3,4	44,0	2,7	35,0	1,6	21,0	-	-	-	-
Di Cosmo vd.: (2013)	İ.-G.Y.	İtalya	5,4	61,0	1,9	22,0	1,5	17,0	-	-	-	-
Teissier du Cros ve Lopez: (2009)	İ.-G.Y.	Fransa	6,9	22,0	22,8	**73,0**	1,6	5,0	-	-	-	-
Burrascano vd.: (2008)	Kn	İtalya	10,3	23,0	19,0	**42,0**	4,2	9,0	11,5	26,0	-	-
Atici vd.:(2008)	Kn	Kuzey Türkiye	3,4	15,0	4,1	18,0	-	-	5,50	24,0	9,87	43,0

L: Ladin, G: Göknar, Çs: Sarıçam, M: Meşe, Kn: Kayın, Çz: Kızılçam, İ: İbreli ağaç, G.Y; Geniş Yapraklı

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde işletmecilik faaliyetlerinin yürütüldüğü doğu kayını–doğu ladini karışık meşcerelerinde ölü odun miktarı belirlenmiş ve bu miktarın çeşitli meşcere özellikleri, fizyografik faktörler ile uzamsal-mekânsal değişkenlere göre gösterdiği farklılıklar ortaya konulmuştur. Ölü odun dağılımı dikkate alındığında en çoktan aza doğru sırasıyla devrik kuru, kütük ve dikili kuru ölü odun olduğu tespit edilmiştir. Kütük hacminin dikili kurudan daha fazla elde edilmesinin sebebi, planlı üretimin yanı sıra yasa dışı kesimlerin fazla olması ve dikili kuru ağaçların yasa dışı olarak ormandan alınması olarak açıklanabilir.

Yapılan bu çalışma ve bulgular, ölü odunun sürdürülebilir orman yönetimi, biyolojik çeşitlilik, habitat sürekliliği ve karbon döngüsü açısından önemli bir ekolojik bileşen olduğunu göstermektedir. Devrik kuru, dikili kuru ve kütük ölü odun bileşenlerinin ayrı ayrı belirlenmesi, amenajman planlarında ölü oduna ilişkin daha gerçekçi eşik değerlerin oluşturulmasına ve üretim sonrası ormanda bırakılacak ölü odun miktarının planlanmasına katkı sağlayabilir. Çalışmanın sonuçları Artvin Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki doğu kayını–doğu ladini karışık meşcereleri için değerlendirilebilir; ancak geçmiş üretim faaliyetleri, yasa dışı kesimler ve meşcereye özgü koşullar bulguların yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. Ayrıca, mevcut mevzuata göre hektarda belirli sayıda ağaç bırakılmasına dayalı yaklaşım yerine, kuru ağaçların canlı dikili servetin belirli bir oranı olarak planlanmasının daha gerçekçi ve işlevsel olabileceği değerlendirilmektedir.

BEYANLAR

Teşekkürler: Bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: AÇÜ-BAP: 2024.F10.02.07). Ayrıca Artvin Orman Bölge Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma: AK, HAY; Metodoloji: AK, HAY; Veri düzenleme: AK; Araştırma: AK, HAY;

Yöntembilim: AK,; Proje yürütümü: AK, HAY; Kaynaklar: AK; Görselleştirme: AK; Yazım-özgün taslak: AK; Finansman Alımı: AK; Yazım-gözden geçirme ve düzenleme: AK, HAY.

Çıkar Çatışması: Çıkar çatışması yoktur.

Destekleyen Kuruluşlar: Bu çalışma Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: AÇÜ-BAP: 2024.F10.02.07).

Etik Onay: Etik kurul onayı gerekmemektedir.

İntihal Beyanı: Bu makale intihal açısından değerlendirilmiş ve herhangi bir intihal vakası tespit edilmemiştir.

YZ Araçlarının Kullanımı: Çalışmada metin dil kontrolü amacıyla üretken yapay zekâ aracı kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

Akalp, T. (1976). Türkiye'deki doğu ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 26*(1), 8-53.

Amanzadeh, B., Sagheb-Talebi, K., Sotoudeh Foumani, B., Fadaie, F., Camarero, J. J., & Linares, J. C. (2013). Spatial distribution and volume of dead wood in unmanaged Caspian beech (Fagus orientalis) forests from northern Iran. *Forests, 4*(4), 751-765. https://doi.org/10.3390/f4040751

Anşin, R., & Özkan, Z. C. (2006). *Tohumlu bitkiler (Spermatophyta): Odunsu taksonlar* (3. Baskı). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi.

Atici, E., Colak, A. H., & Rotherham, I. D. (2008). Coarse dead wood volume of managed oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands in Turkey. *Forest Systems, 17*(3), 216-227. https://doi.org/10.5424/srf/2008173-01036

Bayraktar, S., Paletto, A., & Floris, A. (2020). Deadwood volume and quality in recreational forests: the case study of the Belgrade forest (Turkey). *Forest Systems, 29*(2), Article e0008. https://doi.org/10.5424/fs/2020292-16560

Bebber, D. P., & Thomas, S. C. (2003). Prism sweeps for coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research, 33*(9), 1737–1743. https://doi.org/10.1139/x03-097

Błońska, E., Lasota, J., & Piaszczyk, W. (2020). Carbon and nitrogen stock in deadwood biomass in natural temperate forest along a soil moisture gradient. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 154*(2), 213-221. https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1587538

Burrascano, S., Lombardi, F., & Marchetti, M. (2008). Old-growth forest structure and deadwood: Are they indicators of plant species composition? A case study from central Italy. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 142*(2), 313-323. https://doi.org/10.1080/11263500802150613

Carus, S. (1998). *Aynı yaşlı doğu kayını (Fagus orientalis Lipsky.) ormanlarında artım ve büyüme* [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi].

Christensen, M., Hahn, K., Mountford, E. P., Odor, P., Standovár, T., Rozenbergar, D., Diaci, J., Wijdeven, S., Meyer, P., Winter, S., & Vrska, T. (2005). Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management, 210*(1-3), 267-282. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.02.032

Çakir, C. Y., & Kahriman, A. (2018). Modeling stem profile of Caucasian fir and Oriental spruce mixed stands in Turkey using nonlinear mixed-effects models. *Applied Ecology & Environmental Research, 16*(5), 6815–6833.

Çolak, A. H., Tokcan, M., Rotherham, I. D., & Atici, E. (2009). The amount of coarse dead wood and associated decay rates in forest reserves and managed forests, northwest Turkey. *Forest Systems, 18*(3), 350-359. https://doi.org/10.5424/fs/2009183-01074

De Meo, I., Agnelli, A. E., Graziani, A., Kitikidou, K., Lagomarsino, A., Milios, E., Radoglou, K., & Paletto, A. (2017). Deadwood volume assessment in Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) peri-urban forests: Comparison between two sampling methods. *Journal of Sustainable Forestry, 36*(7), 666-686. https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1345685

Esri. (2013). *ArcGIS for Desktop (Version 10.2.1)* [Computer software]. Esri. https://www.esri.com

Di Cosmo, L., Gasparini, P., Paletto, A., & Nocetti, M. (2013). Deadwood basic density values for national-level carbon stock estimates in Italy. *Forest Ecology and Management, 295*, 51–58. https://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.010

Fridman, J., & Walheim, M. (2000). Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management, 131*(1-3), 23-36. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00208-X

Girona, M. M., Aakala, T., Aquilué, N., Bélisle, A.-C., Chaste, E., Danneyrolles, V., Díaz-Yáñez, O., D'Orangeville, L., Grosbois, G., Hester, A., Kim, S., Kulha, N., Martin, M., Moussaoui, L., Pappas, C., Portier, J., Teitelbaum, S., Tremblay, J.-P., Svensson, J., ... Gauthier, S. (2023). Challenges for the sustainable management of the boreal forest under climate change. In M. M. Girona, H. Morin, S. Gauthier, & Y. Bergeron (Eds.), *Boreal forests in the face of climate change: Sustainable management* (Advances in Global Change Research, Vol. 74, pp. 773–837). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15988-6_31

Harmon, M. E., & Sexton, J. (1996). *Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems* (Publication No. 20). U.S. LTER Network Office, University of Washington. https://lternet.edu/documents/20-guidelines-for-

measurements-of-woody-detritus-in-forest-ecosys/
IBM Corp. (2010). *IBM SPSS Statistics 19 core system user's guide.* IBM Corp.
Karahalil, U., Başkent, E. Z., Sivrikaya, F., & Kılıç, B. (2017). Analyzing deadwood volume of Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) in relation to stand and site parameters: A case study in Köprülü Canyon National Park. *Environmental Monitoring and Assessment, 189*(3), Article 112. https://doi.org/10.1007/s10661-017-5828-3
Keren, S., & Diaci, J. (2018). Comparing the quantity and structure of deadwood in selection managed and old-growth forests in South-East Europe. *Forests, 9*(2), Article 76. https://doi.org/10.3390/f9020076
Kirby, K. J., Reid, C. M., Thomas, R. C., & Goldsmith, F. B. (1998). Preliminary estimates of fallen dead wood and standing dead trees in managed and unmanaged forests in Britain. *Journal of Applied Ecology, 35*(1), 148-155. https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00276.x
Larjavaara, M., & Muller-Landau, H. C. (2011). Cross-section mass: An improved basis for woody debris necromass inventory. *Silva Fennica, 45*(2), Article 119. https://doi.org/10.14214/sf.119
Lombardi, F., Cherubini, P., Lasserre, B., Tognetti, R., & Marchetti, M. (2008). Tree rings used to assess time since death of deadwood of different decay classes in beech and silver fir forests in the central Apennines (Molise, Italy). *Canadian Journal of Forest Research, 38*(4), 821-833. https://doi.org/10.1139/X07-195
Löfroth, T., Birkemoe, T., Shorohova, E., Dynesius, M., Fenton, N. J., Drapeau, P., & Tremblay, J. A. (2023). Deadwood biodiversity. In M. M. Girona, H. Morin, S. Gauthier, & Y. Bergeron (Eds.), *Boreal forests in the face of climate change: Sustainable management* (Advances in Global Change Research, Vol. 74, pp. 167-189). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15988-6_6
Motta, R., Garbarino, M., Berretti, R., Bjelanovic, I., Borgogno Mondino, E., Čurović, M., Keren, S., Meloni, F., & Nosenzo, A. (2015). Structure, spatio-temporal dynamics and disturbance regime of the mixed beech–silver fir–Norway spruce old-growth forest of Biogradska Gora (Montenegro). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 149*(6), 966-975. https://doi.org/10.1080/11263504.2014.945978
Orman Genel Müdürlüğü (OGM). (2021). 2020 Türkiye orman varlığı. https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf
Özdemir, S. (2022). *Saf ve karışık doğu ladini meşcerelerinde ölü odun miktarının belirlenmesi: Veliköy Orman İşletme Şefliği ve Karagöl-Sahara Milli Parkı örneği* [Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi].
Özdemir, S., Yavuz, M., & Kahriman, A. (2023). Variation of deadwood density by decay class in pure and mixed oriental spruce stands in northeastern Black Sea. *European Journal of Forest Research, 142*, 1453-1466. https://doi.org/10.1007/s10342-023-01601-9
Pala, M., (2020). *Saf sarıçam meşcerelerinde ölü odun miktarının bazı parametrelere göre belirlenmesi: Kelkit Orman İşletme Şefliği örneği* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
Paletto, A., De Meo, I., Cantiani, P., & Ferretti, F. (2014). Effects of forest management on the amount of deadwood in Mediterranean oak ecosystems. *Annals of Forest Science, 71*, 791–800. https://doi.org/10.1007/s13595-014-0377-1
Paletto, A., Agnelli, A. E., & De Meo, I. (2021). Carbon stock in deadwood: The mountain birch (*Betula pubescens subsp. czerepanovii*) forests in the Khibiny Mountains (Russia). *Journal of Sustainable Forestry, 40*(4), 385-400. https://doi.org/10.1080/10549811.2020.1767144
Parobeková, Z., Pittner, J., Kucbel, S., Saniga, M., Filípek, M., Sedmáková, D., Vencurik, J., & Jaloviar, P. (2018). Structural diversity in a mixed spruce-fir-beech old-growth forest remnant of the Western Carpathians. *Forests, 9*(7), Article 379. https://doi.org/10.3390/f9070379
Puletti, N., Canullo, R., Mattioli, W., Gawryś, R., Corona, P., & Czerepko, J. (2019). A dataset of forest volume deadwood estimates for Europe. *Annals of Forest Science, 76*(3), Article 68. https://doi.org/10.1007/s13595-019-0832-0
Rock, J., Badeck, F. W., & Harmon, M. E. (2008). Estimating decomposition rate constants for European tree species from literature sources. *European Journal of Forest Research, 127*(4), 301-313. https://doi.org/10.1007/s10342-008-0206-x
Rimle, A., Heiri, C., & Bugmann, H., (2017). Deadwood in Norway spruce dominated mountain forest reserves is characterized by large dimensions and advanced decomposition stages, *Forest Ecology and Management, 404,* 174–183. http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.08.036
Saygili, B, & Kahriman, A. (2023). Modeling compatible taper and stem volume of pure Scots pine stands in Northeastern Turkey. *iForest - Biogeosciences and Forestry, 16*(1), 38-46. https://doi.org/10.3832/ifor4099-015
Schuck, A., Meyer, P., Menke, N., Lier, M., & Lindner, M. (2005). Forest biodiversity indicator: Dead wood—a proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator. In M. Marchetti (Ed.), *Monitoring and indicators of forest biodiversity in Europe: From ideas to operationality* (EFI Proceedings No. 51, pp. 49–77). European Forest Institute.
Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P., & Rauh, J. (2000). Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management, 128*(3), 211-225. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00148-6
Sippola, A.L., Siitonen, J., & Kallio, R. (1998). Amount and quality of coarse woody debris in natural and managed coniferous forests near the timberline in Finnish Lapland. *Scandinavian Journal of Forest Research, 13*(1–4), 204–214. https://doi.org/10.1080/02827589809382978

Staniaszek-Kik, M., Žarowiec, J., & Chmura, D. (2019). The effect of forest management practices on deadwood resources and structure in protected and managed montane forests during tree-stand reconstruction after dieback of Norway spruce. *Baltic Forestry, 25*(2), 249-256. https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp249

Şahin, A., Kahriman, A., & Göktürk, A. (2019). Estimating diameter at breast height (DBH) from diameter at stump height (DST) in triple mixed stands in the region of Artvin in Turkey. *Forestist 69*(1), 61-67. https://doi.org/10.26650/forestist.2019.18003

Teissier du Cros, R., & Lopez, S. (2009). Preliminary study on the assessment of deadwood volume by the French national forest inventory. *Annals of Forest Science, 66*(3), Article 302. https://doi.org/10.1051/forest/2009007

Topacoğlu, O., Kara, F., Yer, E. N., & Savci, M. (2017). Determination of deadwood volume and the affecting factors in Trojan fir forests. *Austrian Journal of Forest Science, 3*, 245-260.

Travaglini, D., Barbati, A., Chirici, G., Lombardi, F., Marchetti, M., & Corona, P. (2007). ForestBIOTA data on deadwood monitoring in Europe. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology, 141*(2), 222-230. https://doi.org/10.1080/11263500701401778

Vítková, L., Bače, R., Kjučukov, P., & Svoboda, M. (2018). Deadwood management in Central European forests: Key considerations for practical implementation. *Forest Ecology and Management, 429*, 394-405. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.034

Zielonka, T. (2006). Quantity and decay stages of coarse woody debris in old-growth subalpine spruce forests of the western Carpathians, Poland. *Canadian Journal of Forest Research, 36*(10), 2614–2622. https://doi.org/10.1139/x06-149