


Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağılarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi

Özgür Kiracıoğlu^a , Şükrü Teoman Güner^{b,*} , Rıza Karataş^c 

Özet: Bu çalışma Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağılarına göre dökülme miktarlarını ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stoklarını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Denemeler, b (d_{1,3}=8,0-19,9 cm), c (d_{1,3}=20,0-35,9 cm) ve d (d_{1,3}=36,0-51,9 cm) gelişim çağında bulunan, bakı, yükselti, eğim, yamaç konumu ve meşcere gelişimi bakımından farklılık gösteren toplam 18 alanda tesis edilmiştir. Her deneme alanına beş adet 50×50 cm ebadında kapan kurulmuş ve üç yıl boyunca aylık olarak dökülme materyalleri toplanmıştır. Araziden alınan dökülme materyalleri laboratuvarında bileşenlerine (yaprak, dal, kabuk, diğer) ayrılarak 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra öğütülen örneklerde karbon analizi yapılmıştır. Kapanlardan elde edilen dökülme bileşenlerine ait kütleler hektara çevirme katsayısı kullanılarak bir hektar alandaki dökülme miktarları elde edilmiş daha sonra bu değerler analizler sonucu elde edilen karbon yoğunlukları ile çarpılarak bir hektar alanda dökülme sonucu ölü örtüye katılan karbon stokları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler varyans, korelasyon ve aşamalı çoklu regresyon analizleri ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, gelişim çağıının ilerlemesine bağlı olarak dökülme miktarı artmış ve toplam dökülme 3959 ile 5698 kg/ha/yıl arasında değişmiştir. Dökülmeye ait ağırlıklı karbon oranı %50,3 olarak belirlenmiştir. Toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stoku gelişim çağılarına göre 1988-2857 kg/ha/yıl arasında değişmektedir. Kayın ormanlarındaki toplam dökülme meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile tahmin edilmiştir. Elde edilen modeller kullanılarak yöredeki ve benzer yetiştirme ortamlarındaki kayın meşcerelerinde yıllık dökülme miktarı tahmin edilebilir. Bu araştırma ile ortaya konulan bulgular arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık sektörünün uzun dönemli hedefleri arasında yer alan modelleme çalışmalarında kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Fagus orientalis*, İklim değişikliği, Ölü örtü, Karbon

Determination of the amount of litterfall according to the development stages and of the carbon stock input into the litter in the oriental beech forests in the Marmara Region

Abstract: This study was carried out in order to reveal the amount of litterfall according to the development stages in the oriental beech forests in the Marmara Region and the carbon stocks input into forest floor in this way. The research was conducted in a total of 18 sample plots, which differ in terms of aspect, elevation, slope, slope position and stand development stages namely the b (dbh=8.0-19.9 cm), c (dbh=20.0-35.9 cm) and d stages (dbh=36.0-51.9 cm). Five litter traps (50×50 cm) were set up each sample plot and litterfall material was collected monthly for three years. The litterfall materials taken from the field were separated into their components (leaf, branch, bark, miscellaneous) in the laboratory, dried at 65 °C until they reached a constant weight and weighed. Afterwards, carbon analysis was performed on the milled samples. The amount of litterfall in one-hectare area was determined by using the conversion coefficient to hectares of the masses of the litterfall components collected from the traps. Then, these values were multiplied by the carbon concentration obtained as a result of the analysis, and the carbon stocks into forest floor through litterfall in a hectare area were calculated. The data were evaluated with variance, correlation and stepwise multiple regression analyzes. According to the results of the research, the amount of litterfall increased depending on the growth of the development stage and the total litterfall ranged between 3959 and 5698 kg/ha/year. The weighted carbon concentration of the litterfall was determined to be 50.3%. C stock, which enters the forest floor with total litterfall, varies between 1988-2857 kg/ha/year according to the development stages. Total litterfall in beech forests was estimated by stand characteristics, climatic characteristics and physiographic factors. Using the models obtained, the amount of annual litterfall can be estimated in the beech stands in the region and in similar sites. The findings of this research can be used in modeling studies, which are among the long-term goals of the Land Use, Land Use Change and Forestry sector.

Keywords: *Fagus orientalis*, Climate change, Litter, Carbon

✉ ^a Orman Genel Müdürlüğü, İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, 35530, Karşıyaka, İzmir

^b Bartın Üniversitesi, Ulus Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 74600, Ulus, Bartın

^c Emekli, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, 26160, Eskişehir

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): stguner@bartin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 22.06.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 27.07.2023



Citation (Atıf): Kiracıoğlu, Ö., Güner, Ş.T., Karataş, R., 2023. Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağılarına göre dökülme miktarının ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunun belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 24(3): 213-222.
DOI: [10.18182/tjf.1318425](https://doi.org/10.18182/tjf.1318425)

1. Giriş

Orman ekosistemlerinde büyük miktarlarda organik materyal oluşmakta ve dökülme ile mineral toprağa geri dönmektedir (Qin vd., 2019). Dökülme, orman biyokütlesinin ve besin döngüsünün önemli bir bileşeni olup, ayrışması yoluyla toprak verimliliği üzerinde önemli etkiler yapmaktadır (Pérez vd., 2023). Orman ekosistemlerinde aslı üretimin ve besin döngüsünün sürdürülmesine yardımcı olan (Zhu vd., 2021), aynı zamanda ölü örtüye önemli miktarda karbon girişi de sağlayan (Berg ve Lazkowski, 2005) dökülme; orman ekosistemlerinin biyotik ve çevresel etkilere karşı verdiği tepkilerin değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir. Dökülmenin izlenmesiyle ormanın sağlık durumu hakkında değerlendirme yapmak da mümkündür (Ukonmaanaho vd., 2016).

Küresel iklim değişimi etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yapılan uluslararası anlaşmalar, ülkelere karbon emisyonlarını ve karbon yutaklarını bildirme yükümlülüğü getirmiştir. Türkiye de taraf olduğu anlaşmalar gereği ulusal düzeyde sera gazı envanteri yapmakta ve sektörler itibarıyla emisyonlarını ve yutak alanlarını Birleşmiş Milletlere bildirmektedir. Bu bildirimlerin yapıldığı Ulusal Sera Gazı Envanter raporlarında hesaplamalar IPCC (LULUCF ve AFOLU) kılavuzlarında belirtilen katsayılarla yapılmaktadır. Ancak daha hassas seviyede raporlamaların yapılması için çalışmalar devam etmektedir. Orman ekosistemlerinde karbon bitkisel kütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak havuzlarında tutulmaktadır. Türkiye şartlarında orman topraklarında diğer havuzlardan daha fazla karbon depolanabilmektedir. Ancak topraklarda yıllık olarak depolanan karbon miktarı çok değişkendir. Hatta topraklar toprak canlılarının solunumu ile CO₂ salımına da yol açabilmektedir. Yine toprak karbonunda sızma yoluyla da kayıplar meydana gelebilmektedir. Bitki örtüsünün yıllık olarak biriktirdiği karbon miktarı orman envanteri verilerinden özellikle yıllık artımdan faydalanarak hesaplanabilmektedir. Topraklara karbon girişi büyük oranda ölü örtü ve ölü köklerin ayrışması ile olmaktadır. Bu konuda ölü örtü ayrışması ile toprağa karbon girişi ölü köklere oranla çok daha fazladır. Bu nedenle orman ekosistemlerinin karbon bütçelerinin belirlenmesinde çoğunlukla yaprak, dal, kabuk, kozalak vb. organik maddelerin yıllık olarak dökülen miktarı ve bunların ayrışma hızlarının takibine dayanan yöntemlere odaklanılmıştır. Bu sebeple, dökülme ile toprağa karbon girişinin belirlenmesi yıllık karbon birikiminin hesaplanmasında önemli bir yere sahiptir (Çömez vd., 2016).

Türkiye’de yayılış yapan en önemli yapraklı ağaç türlerinden birisi doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) dır. Yapraklı türler içerisinde (1 878 049 hektar) yayılış alanı bakımından meşeden (*Quercus* ssp.) sonra ikinci sırada yer almaktadır (OGM, 2021). Dolayısıyla doğu kayını, üzerinde araştırma yapılması gereken öncelikli türlerden biridir. Türkiye’de türle ilgili olarak dökülme konusunda Marmara Bölgesi’nde (Irmak ve Çepel, 1968; Çakır ve Akburak, 2017) ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde (Çakıroğlu, 2011; Sargıncı vd., 2021) yapılmış araştırmalar bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar çoğunlukla olgunluk çağındaki meşcerelerin yaprak döküm miktarına ait veriler sunmaktadır. Ancak farklı gelişim çağıları, yaprak dışındaki dökülme bileşenleri ve karbon içerikleri ile dökülme miktarının tahmini konusunda bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu çalışma, i) gelişim çağılarına göre dökülme miktarlarını ve bu yolla ölü örtüye giren karbon stokunu ortaya koymasını, ii) dökülmenin

meşcere ve yetişme ortamı özellikleri ile modellenmesi bakımından diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Bu araştırma, farklı gelişim çağındaki doğu kayını meşcerelerinde dökülme miktarlarını (dal, kabuk, yaprak ve diğer) ve bu yolla ölü örtüye katılan karbon stokunu ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Elde edilen veriler arazi kullanımı, arazi kullanımı değişikliği ve ormancılık (AKAKDO) sektörünün uzun dönemli hedefleri arasında yer alan modelleme çalışmalarında kullanılabilir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma alanının tanıtımı

Araştırma, Türkiye’nin Marmara Bölgesi’nde, Bursa ili, İnegöl ilçesi sınırları içerisindeki doğal doğu kayını ormanlarında yürütülmüştür. Araştırma alanı 39°54’90’’-29°39’80’’ kuzey enlemleri ile 39°52’60’’-29°37’19’’ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Araştırma alanları granit, granodiorit ve kuvarşlı diorit anakayalar üzerinde yer almaktadır (MTA, 2021). Araştırma alanlarında yaygın olarak bulunan toprak tipi Luvisols dür (IUSS Working Group WRB, 2015). Ayrıca araştırma alanındaki kayın ormanları kum, balçıklı kum, kumlu balçık, kumlu killi balçık, kumlu kil, killi balçık, balçık türünde, kireçsiz ve tuzsuz topraklar üzerinde yayılış göstermektedir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

İklim değerlendirmelerinde İnegöl meteoroloji istasyonunun (284 m) 15 yıllık (2005-2019) verileri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonu verileri deneme alanlarına enterpole edilirken sıcaklık değerleri her 100 m'de 0,5 °C azaltılmış, yağış değerleri ise her 100 m'de yıllık yağışa 54 mm ilave edilmiştir (Özyuvacı, 1999). Örnekleme alanlarındaki yıllık ortalama sıcaklık 6,8–10,2 °C, ortalama yüksek sıcaklık 26,5–29,9 °C, ortalama düşük sıcaklık (-9,2)–(-5,8) °C arasında değişmektedir. Yıllık yağış miktarları 903–1276 mm, en kurak ayın (ağustos) yağış miktarı 24–34 mm, bahar aylarındaki (mart+nisan+mayıs) yağış miktarı 241–340 mm, yaz aylarındaki (haziran+temmuz+ağustos) yağış miktarı 161–227 mm arasında değişmektedir (MGM, 2020). Erinç yöntemine göre araştırma alanlarının iklimi yarı nemli ile nemli arasında değişmektedir (Özyuvacı, 1999).

Araştırma alanındaki hâkim ağaç türünü *Fagus orientalis* oluşturmaktadır. Araştırma alanında 600-1100 metrelerde, *Trachystemo orientalis* – *Fagetum orientalis* bitki birliği yayılış göstermektedir. Ayırdedici türleri *Trachystemon orientalis*, *Cardamine bulbifera* ve *Campanula olympica*'dır. Floristik kompozisyonuna giren bitki taksonlarının %54,5'i Euro-Siberian, %1,8'i Mediterranean flora bölgelerine aittir. Çok bölgeci veya flora bölgesi bilinmeyen taksonlar %43,7'sini oluşturur (Akman vd., 1979; Türe vd., 2005).

2.2. Arazi çalışmaları

Deneme, b ($d_{1,3}=8,0-19,9$ cm), c ($d_{1,3}=20,0-35,9$ cm) ve d ($d_{1,3}=36,0-51,9$ cm) gelişim çağında bulunan, bakı, yükselti, eğim, yamaç konumu ve meşçere gelişimi bakımından farklılık gösteren toplam 18 alanda tesis edilmiştir. Deneme alanlarının 5 adedi b, 7 adedi c, 6 adedi ise d gelişim çağında bulunmaktadır. Araştırma alanı içerisinde a gelişim çağında ($d_{1,3}<8,0$ cm) meşçere bulunmadığı için bu gelişim çağından deneme alanı alınmamıştır. Yine, deneme alanları genel olarak 3 kapalı (kapalılık derecesi=0,7-1,0) meşçereler arasından seçilmiş olup, c gelişim çağından bir adet, d gelişim çağından iki adet deneme alanı 2 kapalı (kapalılık derecesi=0,4-0,7) meşçerelerden seçilmiştir.

Deneme alanları meşçereyi temsil edecek yerlerden ve içerisine en az 20 ağaç girecek büyüklükte, arazinin yapısına göre değişimle birlikte b meşçerelerinde 10×10 m, c meşçerelerinde 20×20 m ve d meşçerelerinde ise 30×30 m ebadında tespit edilmiştir. Deneme alanlarının koordinat, bakı, eğim, yükselti ve yamaç konumu özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra deneme alanlarının içerisindeki tüm ağaçların göğüs çapları ve boyları ölçülmüş, meşçere üst boyunda bulunan üç ağaçta da yaş tespiti yapılmıştır (Çizelge 1).

Ölü örtü dökümü miktarını belirlemek için deneme alanlarında 0,5×0,5 m = 0,25 m² ebatlarındaki çerçevelere 1 mm gözlü polyester ağ geçirilmiş kapanlar kurulmuştur. Kapanlar yere paralel olacak şekilde ve zeminden yaklaşık 100 cm yükseğe tesis edilmiştir (Şekil 2). Her deneme alanına 5 adet ölü örtü dökümü kapalı kurulmuş ve alanların çevresi dikenli tel ile çevrili korunmuştur. 2017 yılı eylül ayı başlangıcından, 2020 yılı ağustos ayı sonuna kadar ölü örtü dökümü materyali toplanmıştır. Materyaller, deneme alanlarının bulunduğu sahaya ulaşım sağlanabildiği sürece (mart-kasım) aylık olarak her ayın son haftası toplanmıştır. Kar yağışı sebebiyle sahaya ulaşılabilen kış mevsiminde (aralık-şubat) ise tek örnekleme yapılmış ve alınan materyalin ölçüm miktarları oransal olarak ölçümün yapılamadığı üç aya enterpole edilmiştir. Toplamda 30 dönemde örnekleme yapılmıştır.

2.3. Laboratuvar analizleri

Laboratuvarlara getirilen ölü örtü dökümü materyali yaprak, dal, kabuk ve diğer (polen, çiçek, tohum, kupula) olmak üzere tasnif edilmiştir. Örnekler 65°C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulmuş ve tartılarak kütlesi belirlenmiştir. Daha sonra öğütülen örneklerin karbon yoğunlukları LECO CNH TruSpec elementer analiz cihazında (Leco Corporation, St. Joseph, Michigan) tayin edilmiştir. Analizler her örnekleme döneminin sonunda ve ölü örtü dökümü materyalinin her bir bileşeni için ayrı olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanlarına ait bazı özellikler

Deneme alanı	Meşçere tipi	Koordinatlar		Yükselti (m)	Eğim (%)	YK (%)	Bakı	MY (yıl)	MOB (m)	MOÇ (cm)
		Doğu	Kuzey							
1	Knbc3	35S 0726366	4421805	980	18	72,7	kd	62	22,9	25,1
2	Kncd3	35S 0727479	4421721	1000	20	93,4	kb	93	22,8	28,4
3	Kncd3	35S 0727328	4421002	1130	25	16,3	kb	63	22,2	27,4
4	Kncd2	35S 0727544	4420279	1090	18	48,5	gd	85	22,3	25,5
5	Knd2	35S 0727079	4420294	1160	24	37,3	gd	72	26,9	45
6	Knbc3	35S 0727275	4419626	1150	15	47,3	gd	43	21,4	23,1
7	Knd3	35S 0726116	4417682	1330	30	52,8	d	106	32,8	45,1
8	Knbc3	35S 0727784	4418237	1210	8	31	kb	34	16,5	12,3
9	Knd3	35S 0727628	4418242	1190	18	46,3	k	94	31,3	42,8
10	Knbc3	35S 0727584	4418122	1190	20	63,7	kb	39	18,2	17,9
11	Kncd3	35S 0726261	4421740	1020	28	64,9	kd	60	23,4	25,2
12	Knd2	35S 0726316	4417693	1350	24	54,8	kb	66	19,5	19,2
13	Knd3	35S 0724578	4420945	1140	38	93,9	kb	102	33,2	49,7
14	Knd3	35S 0724108	4421069	1180	27	83	k-kb	102	29,8	47,5
15	Kncd3	35S 0727531	4420316	1100	23	42,3	gd	70	24,6	31,6
16	Kncd3	35S 0723834	4419895	1260	11	89,6	k	75	29,2	46,4
17	Knbc3	35S 0727962	4418160	1230	21	87,6	kd	44	21,2	21,4
18	Kncd3	35S 0725110	4421377	1090	29	37,7	k-kb	24	15,7	12

YK: yamaç konumu, MOB: meşçere orta boyu, MOÇ: meşçere orta çapı, MY: meşçere yaşı, k: kuzey, kd: kuzey doğu, kb: kuzey batı, gd: güney doğu, d: doğu



Şekil 2. Ölü örtü dökümü materyallerinin toplanması

2.4. Değerlendirme yöntemi

Örnek alanlardaki kapanlarda toplanan ölü örtü dökümü miktarı hektara çevirme katsayısı kullanılarak bir hektar alandaki dökülme miktarları bulunmuş daha sonra bu değerler analizler sonucu elde edilen karbon yoğunlukları (%) ile çarpılarak bir hektar alanda dökülme sonucu ölü örtüye katılan karbon stokları hesaplanmıştır.

Toplam dökülmeye ait ağırlıklı karbon oranlarının belirlenmesinde denklem 1 kullanılmıştır (Erkan ve Güner, 2018)

$$wcc = \sum_{i=1}^4 (ccc_i * cb_i) / 100 \quad (1)$$

Denklemden; wcc: toplam dökülmeye ait ağırlıklı karbon yoğunluğunu (%), ccc_i : i. döküntü bileşenine ait karbon yoğunluğunu (%), cb_i : i. döküntü bileşen kütlesinin toplam dökülme kütlesine oranını (%) ifade etmektedir.

Deneme alanlarının yükseltisi m, eğim ve yamaç konumu %, bakışı ise denklem 2 kullanılarak radyasyon indeksine dönüştürülmüş (Moisen ve Frescino, 2002; Aertsens vd., 2010) ve istatistik analizlerde kullanılmıştır.

$$RI = \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{180}\right)(Q-30)}{2} \quad (2)$$

Denklemden; RI radyasyon indeksini, Q deneme alanının kuzeye göre semt açısını ifade etmektedir.

Araştırmada meşçere gelişim çağı işlem olarak alınmıştır. Deneme parsellerinden toplanan ölü örtü dökümü bileşenlerinin miktarı, karbon yoğunlukları, bu yolla ölü örtüye giren karbon stoku bakımından meşçere gelişim çağı arasındaki farklılıklar ile ölü örtü dökümü miktarı bakımından örnekleme dönemleri ve örnekleme yılları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizleri öncesinde veri setlerinin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi, varyansların homojenliği ise Leneve testi ile kontrol edilmiştir. Normal dağılım göstermeyen veri setlerine açısız dönüşüm ($\text{ArcSin}\sqrt{x}$), karekök (\sqrt{x}) dönüşümü veya logaritma ($\log x$) dönüşümü uygulanarak normal dağılıma dönüştürülmüştür. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıklar bulunması durumunda Duncan testi uygulanarak benzer gruplar oluşturulmuştur. Meşçere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile ölü örtü dökümü miktarı arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile incelenmiştir. Yine meşçere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile toplam dökülme miktarını modellemek amacıyla aşamalı çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Elde edilen modellerin tahmini performanslarını değerlendirmek için 10 katlı çapraz

geçerlilik testi uygulanmıştır (Aertsens vd., 2010; Özkan ve Berger, 2014). Sonuçlar $\alpha \leq 0,05$ düzeyinde istatistik olarak farklı kabul edilmiştir. İstatistik analizlerde SPSS paket programı (SPSS, 2015), model performanslarının değerlendirilmesinde DTREG paket programı (DTREG, 2023) kullanılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Meşçere özellikleri

Deneme alanlarına ait bazı meşçere özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Buna göre b, c ve d gelişim çağındaki deneme alanlarının ortalama yaşı sırasıyla 44, 67 ve 90, göğüs yüzeyi 35,1; 41,5 ve 35,5 m²/ha, hektardaki ağaç adetleri ise 1163, 848 ve 270 olarak belirlenmiştir.

3.2. Dökülme miktarı

Bileşenler itibarıyla yıllık dökülmenin gelişim çağına göre değişimi Çizelge 3’de verilmiştir. Yaprak, dal, diğer ve toplam dökülme bakımından meşçere gelişim çağı arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ($P < 0,05$). Yaprak, dal ve toplam dökülme b gelişim çağındaki meşçerelerde en az, c ve d gelişim çağındaki meşçerelerde ise daha yüksek düzeyde bulunmuş ve bu gelişim çağı (c ve d) arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ($P > 0,05$). Diğer bileşenlere ait dökülme b (894 kg/ha/yıl) ve c (697 kg/ha/yıl) gelişim çağındaki meşçereler arasında anlamlı bir farklılık göstermemiş, ancak d gelişim çağındaki meşçerelerde önemli düzeyde daha yüksek (1266 kg/ha/yıl) bulunmuştur (Çizelge 3). Keza, sarıçamda (Çömez vd., 2016), kızılçamda (Erkan vd., 2018) ve karaçamda (Koray ve Tolunay, 2020) yapılan çalışmalarda, gelişim çağının artmasına bağlı olarak toplam dökülmenin arttığı belirlenmiştir. Bu durum, meşçere gelişim çağının ilerlemesi ile toprak üstü bitkisel kütlenin ve beraberinde dökülmenin artması ile açıklanmıştır. Düzce yöresindeki doğu kayını meşçerelerinde toplam dökülme 5190 kg/ha/yıl (Sargıncı vd., 2021), Bartın yöresindeki doğu kayını meşçerelerinde yaprak dökülmesi 4245 kg/ha/yıl (Çakıroğlu, 2011) bulunmuştur. Yaprak dökülmesine ait bulgularımız Çakıroğlu (2011) tarafından yapılan çalışmadan düşük, toplam dökülmeye ait bulgularımız ise Sargıncı vd. (2021) tarafından yapılan çalışmaya benzer bulunmuştur. İrmak ve Çepel (1968) tarafından İstanbul’da 51 yaşındaki kayın meşçeresinde yapılan çalışmada, yıllık yaprak döküm miktarı 3350-4000 kg arasında bulunmuş olup, çalışmamızda b gelişim çağındaki meşçerelerde belirlenen miktardan yüksek, c ve d gelişim çağındaki meşçerelere yakındır. Avrupa kayınında (*Fagus sylvatica* L.) yapılan çalışmalarda, yıllık dökülme miktarı, Bulgaristan’da 1683-5373 kg/ha/yıl (Dimitrova vd., 2023), Yunanistan’da 4000 kg/ha/yıl (Kavvadias vd., 2001), İspanya’da 4682 kg/ha/yıl (Regina ve Tarazona, 2000) olarak bulunmuştur. Kayın cinsi üzerine yapılan bu çalışmalardaki farklılıkların araştırmalara konu türler yanında meşçere ve yetişme ortamı özellikleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kayın ormanlarında gelişim çağı ayırımına gidilmeden yapılan değerlendirmede, yıllık dökülmenin %72,9’unu yaprak, %7,7’sini dal, %0,6’sını kabuk ve %18,8’ini diğer bileşenlere ait dökülme oluşturmaktadır. Buna göre kayın ormanlarındaki yıllık dökülmenin yaklaşık 3/4’ünü yaprak dökülmesinin oluşturduğu söylenebilir (Şekil 3). İspanya’daki Avrupa kayını ormanlarında yapılan çalışmada,

yaprak, dal, meyve, çiçek ve diğer bileşenlere ait dökülmenin toplam dökülmeye oranları sırasıyla %61,9; 17,6; 12,3; 0,7 ve 7,5 olarak bulunmuştur (Regina ve Tarazona, 2000). Bu iki çalışmada elde edilen bulgular arasındaki farklılığın yukarıda ifade edildiği gibi türler ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer yandan, dökülme bileşenlerindeki yıllık değişkenlikler yaprak dökümünün toplam dökülme içerisindeki payını etkileyebilmektedir. Örneğin Jonczak (2013) Polonya'daki Avrupa kayını ormanlarında toplam dökümün %80'inden fazlasının yapraklardan oluştuğunu ancak bol tohum yılında bu oranın %47'ye kadar düştüğünü belirlemiştir.

Araştırma dönemi boyunca bileşenler itibarıyla dökülmenin mevsimlere göre değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre özellikle yaprak ve toplam dökülmenin önemli bir kısmının beklendiği gibi sonbahar (eylül-kasım) mevsiminde meydana geldiği görülmektedir.

Yaprak, dal, diğer ve toplam dökülme bakımından mevsimler arasındaki farklılıklar önemli ($P < 0,05$), kabuk dökülmesi bakımından ise önemsiz ($P > 0,05$) bulunmuştur. Yaprak dökülmesi sonbahar (3381 kg/ha), dal dökülmesi kış

(148 kg/ha), diğer bileşenlere ait dökülme ilkbahar (342 kg/ha) ve sonbahar (341 kg/ha), toplam dökülme ise sonbahar (eylül-kasım) mevsiminde (3842 kg/ha) en yüksek düzeye ulaşmıştır (Çizelge 4). Keza, kayında Batı Karadeniz Bölgesi'nde (Bartın) yapılan bir çalışmada, yaprak dökülmesi sonbaharda (Çakıroğlu, 2011) en yüksek miktarda gerçekleşmiştir. Ilıman kuşakta yaprak döken türlerin, yaprak dökümü sonbaharda olduğundan ve dökümün de %70-80'i yapraklardan oluştuğu için dökümün en fazla sonbaharda olması beklenen bir olgudur. Ancak farklı sonuçların elde edildiği çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan, dökülme sarıçamda temmuz-eylül'de (Bueis vd., 2017), halep çamında ağustos-eylül'de (Bueis vd., 2017; Navarro vd., 2013; Jiménez ve Navarro, 2016) ve Meksika çamında (*Pinus pseudostrubus* Lindl.) ise nisan-mayıs aylarında en fazla bulunmuştur (González-Rodríguez, 2019). Bu durumun araştırmalara konu türler arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira yukarıda sıralanan türler iğne yapraklı türler olup, bu türlerde özellikle yaprak dökümü yılın her mevsiminde gerçekleşmektedir.

Çizelge 2. Deneme alanlarına ait bazı meşcere özellikleri (Ort.±SS)

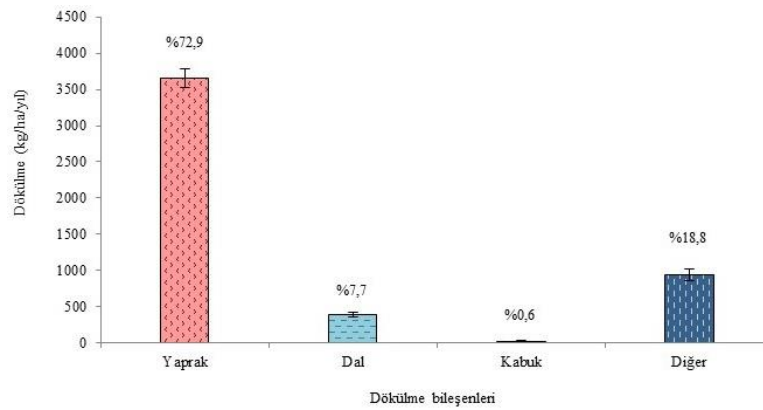
Meşcere özellikleri	Meşcere gelişim çağıları		
	b (d1,3=8-19,9 cm)	c (d1,3=20-35,9 cm)	d (d1,3=36-51,9 cm)
Ortalama yaş (yıl)	44±11	67±22	90±17
Ortalama çap (cm)	19,6±5,0	28,1±10,2	41,5±11,2
Ortalama boy (m)	20,0±2,6	22,9±3,9	28,9±5,1
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	35,1±6,6	41,5±12,6	35,5±14,4
Ağaç sayısı (ad/ha)	1163±538	848±737	270±167

SS: standart sapma

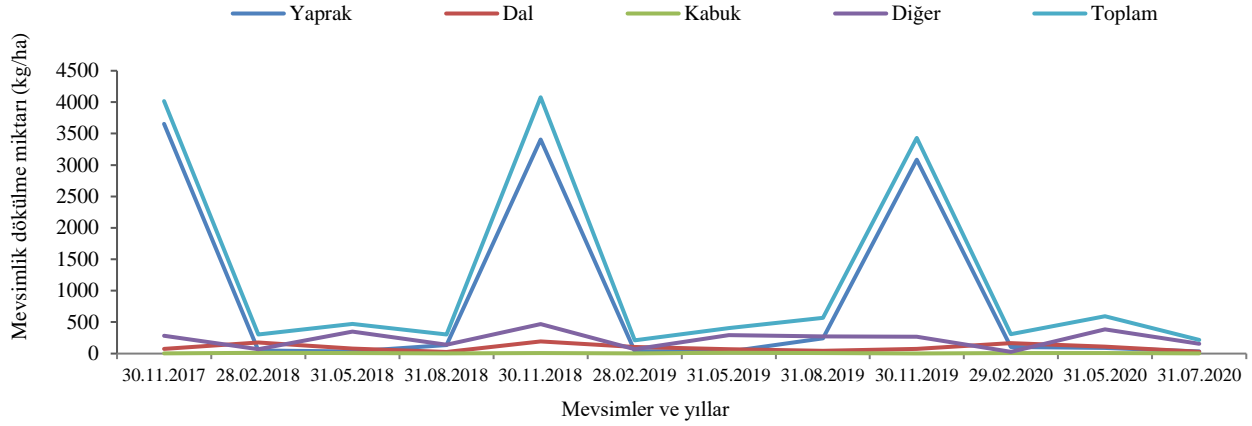
Çizelge 3. Bileşenler itibarıyla yıllık dökülmenin gelişim çağılarına göre değişimi [Ort.±SH (%)]

Meşcere gelişim çağıları	Dökülme bileşenleri (kg/ha/yıl)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
b (d1,3=8-19,9 cm)	2789 ^A ±1157 (70,4)	249 ^A ±139 (6,3)	27 ^A ±36 (0,7)	894 ^A ±555 (22,6)	3959 ^A ±850
c (d1,3=20-35,9 cm)	3994 ^B ±570 (77,0)	464 ^B ±259 (9,0)	28 ^A ±25 (0,5)	697 ^A ±268 (13,5)	5183 ^B ±783
d (d1,3=36-51,9 cm)	3989 ^B ±560 (70,0)	412 ^B ±264 (7,2)	29 ^A ±33 (0,5)	1266 ^B ±753 (22,3)	5696 ^B ±1195
F	13,062	142,183	0,029	5,266	14,036
P	0,000	0,028	0,971	0,008	0,000

Sütünlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan ($P > 0,05$) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi



Şekil 3. Dökülme bileşenlerinin toplam dökülme içerisindeki payları (hata çubukları standart hatayı göstermektedir)



Şekil 4. Bileşenler itibariyle mevsimlik dökülme miktarları (birim)

Çizelge 4. Bileşenler itibariyle dökülmenin mevsimlere göre değişimi [Ort.±SH (%)]

Mevsimler	Dökülme bileşenleri (kg/ha)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
Kış (aralık-şubat)	63,6 ^A ±8,8 (23,1)	148,4 ^C ±19,3 (54,0)	8,5 ^A ±2,0 (3,1)	54,2 ^A ±10,0 (19,8)	274,8 ^A ±26,1
İlkbahar (mart-mayıs)	53,5 ^A ±6,2 (10,9)	86,5 ^B ±12,6 (17,6)	8,5 ^A ±2,0 (1,7)	341,8 ^C ±14,4 (69,7)	490,4 ^B ±22,9
Yaz (haziran-ağustos)	159,8 ^A ±22,5 (39,1)	36,9 ^A ±4,4 (9,0)	6,9 ^A ±1,9 (1,7)	204,8 ^B ±30,3 (50,2)	408,4 ^A ±51,5
Sonbahar (eylül-kasım)	3380,9 ^B ±130,0 (88,0)	115,7 ^B ±18,4 (3,0)	4,6 ^A ±1,5 (0,1)	340,9 ^C ±53,6 (8,9)	3842,1 ^C ±132,8
F	617,416	10,071	0,977	18,258	554,892
P	0,000	0,000	0,405	0,000	0,000

Sütunlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir. Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Bileşenler itibariyle dökülme miktarı yıllar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir (Çizelge 5). Atatürk Arboretumundaki (İstanbul) kayın meşcerelerinde yapılan bir çalışmada, üç yıl boyunca (2009-2011) dökülme izlenmiş ve en düşük dökülme 2011 yılında 3902 kg/ha, en yüksek dökülme ise 2010 yılında 6160 kg/ha bulunmuştur (Çakır ve Akburak, 2017). Genel olarak yapılan çalışmalarda dökülme yıllar arasında önemli farklılıklar göstermiştir (Starr vd., 2005; Portillo-Estrada vd., 2013; Çömez vd., 2016; Lado-Monserrat vd., 2016). Ancak çalışmamızda dökülmenin yıllar arasında farklılık göstermemesi araştırma alanımızdaki yağış miktarının yüksek olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

3.3. Dökülme ile ölü örtüye giren karbon miktarı

Karbon yoğunluğu bakımından dökülme bileşenleri arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir farklılık belirlenmiştir (P<0,001). Karbon yoğunluğu en yüksek dal bileşeninde (%52,2), en düşük ise kabuk (%49,6) ve diğer bileşenlere ait dökülmeye (%49,6) belirlenmiştir. Dökülme bileşenlerinin tümünü içeren ağırlıklı C oranı ise kayın ormanları için %50,3 olarak hesaplanmış olup, karbon hesaplamalarında kullanılabilir (Çizelge 6). Doğu kayında yapılan bir çalışmada, yaprak, dal ve diğer bileşenlere ait dökülmenin karbon oranları sırasıyla %48,06; 48,84 ve 47,78 bulunmuştur (Çakır ve Akburak, 2017). Yine doğu kayında yapılan başka bir çalışmada, yaprak dökülmesine ait C oranı % 45,7 olarak belirlenmiştir (Çakıroğlu, 2011). Bulgaristan'da Avrupa kayında yapılan bir çalışmada, yaprak dökülmesine ait karbon yoğunluğu %45,8-49,3 arasında bulunmuştur (Dimitrova ve Damyanova, 2023). Karbon oranlarına ait bu çalışmalardaki farkın yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira, *Abies nordmanniana* subsp. *equitrojani* (Güner, 2019) ve *Pinus pinaster* (Güner vd., 2019) türlerinde yapılan çalışmalarda, tüm ağaç kütlesine ait

ağırlıklı karbon yoğunluğunun coğrafik bölgeler arasında önemli farklılıklar (P<0,05) gösterdiği bildirilmektedir.

Yaprak, dal, diğer ve toplam dökülme ile ölü örtüye giren yıllık karbon miktarı bakımından gelişim çağları arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (P<0,05). Kabuk dökülmesi ile ölü örtüye giren karbon miktarı bakımından ise gelişim çağları arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir (P>0,05). Ölü örtüye giren karbon miktarı, yaprak, dal ve toplam dökülmeye c ve d gelişim çağındaki meşcerelerde, diğer bileşenlere ait dökülmeye ise d gelişim çağındaki meşcerelerde en yüksek düzeyde olmuştur (Çizelge 7). Doğu kayında yapılan bir çalışmada, toplam dökülme ile ölü örtüye katılan karbon miktarı ortalama 2189 kg/ha/yıl bulunmuştur (Çakır ve Akburak, 2017). Polonya'daki Avrupa kayını meşcerelerinde toprağa karbon girişinin yıllara göre 1322-2611 kg/ha arasında değiştiği belirlenmiştir (Jonczak, 2013). Bulgaristan'daki Avrupa kayını meşcerelerinde ise yaprak dökülmesi ile ölü örtüye 764,6-1274,4 t/ha/yıl karbon girdiği belirlenmiştir (Dimitrova ve Damyanova, 2023).

3.4. Dökülme ile meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler

Bileşenler itibariyle dökülme miktarı ile meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler Çizelge 8'de verilmiştir. Genel olarak meşcere özellikleri ile yaprak, diğer ve toplam dökülme arasında pozitif (P<0,01), dal ve kabuk dökülmesi arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir (P>0,05). Genel olarak değerlendirildiğinde, meşcere yaşının ilerlemesine bağlı olarak meşcerenin çap, boy ve göğüs yüzeyinin artması, dolayısıyla, birim alandaki toprak üstü kütlenin artmasıyla dökülme miktarı artmıştır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır (Clark vd., 2001; Erkan vd., 2018; Çömez vd., 2019).

Çizelge 5. Bileşenler itibarıyla dökülmenin yıllara göre değişimi [Ort.±SH (%)]

Yıllar	Dökülme bileşenleri (kg/ha/yıl)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
1.yıl	3890 ^A ±145 (76,0)	371 ^A ±61 (7,2)	25,7 ^A ±7,3 (0,5)	833 ^A ±110 (16,3)	5121 ^A ±228
2.yıl	3567 ^A ±208 (72,0)	398 ^A ±47 (8,0)	32,4 ^A ±7,5 (0,7)	955 ^A ±140 (19,3)	4953 ^A ±215
3.yıl	3515 ^A ±285 (70,7)	393 ^A ±66 (7,9)	27,2 ^A ±7,4 (0,5)	1037 ^A ±165 (20,9)	4972 ^A ±370
F	0,848	0,057	0,228	0,530	0,107
P	0,434	0,944	0,797	0,0,592	0,898

Sütünlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Çizelge 6. Karbon yoğunluğunun dökülme bileşenlerine göre değişimi (Ort.±SH)

C (%)	Dökülme bileşenleri				Ağırlıklı C oranı	F	P
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer			
	50,2 ^B ±0,11	52,2 ^C ±0,15	49,6 ^A ±0,42	49,6 ^A ±0,15	50,3	53,893	0,000

Satırlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Çizelge 7. Farklı gelişim çağındaki meşcerelerde dökülme ile ölü örtüye giren karbon miktarları (Ort.±SH)

Dökülme bileşenleri	Meşcere gelişim çağıları			F	P
	b (d1,3=8-19,9 cm)	c (d1,3=20-35,9 cm)	d (d1,3=36-51,9 cm)		
Yaprak C (kg/ha/yıl)	1396 ^A ±148	2001 ^B ±63	1987 ^B ±65	12,962	0,000
Dal C (kg/ha/yıl)	132 ^A ±19	243 ^B ±29	217 ^B ±33	3,717	0,031
Kabuk C (kg/ha/yıl)	14 ^A ±5	14 ^A ±3	14 ^A ±4	0,016	0,985
Diğer C (kg/ha/yıl)	446 ^A ±72	347 ^A ±30	637 ^B ±90	5,325	0,008
Toplam C (kg/ha/yıl)	1988 ^A ±110	2606 ^B ±85	2857 ^B ±140	14,052	0,000

Satırlardaki aynı harfler aralarında fark bulunmayan (P>0,05) benzer grupları göstermektedir, Ort.: aritmetik ortalama, SH: standart hata, P: önem düzeyi

Yaprak dökülmesi ile yıllık ortalama sıcaklık arasında pozitif (P<0,01), yıllık toplam yağış arasında negatif (P<0,01) ilişkiler belirlenmiştir. Dal, kabuk, diğer ve toplam dökülme ile iklim özellikleri arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir (P>0,05). İklim ile yaprak dökülmesi arasındaki bu ilişkinin temelini su kısıtı oluşturmaktadır. Her ne kadar araştırma alanının iklimi yarı nemli ile nemli arasında değişmekte olsa da sıcaklığın artması, yağışın azalması beraberinde su kısıtı olan yetişme ortamlarını getireceğinden dökülmenin artması beklenen bir durumdur. Zira konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır (Pausas, 1993; Erkan vd., 2018).

Fizyografik faktörlerden yükselti ile yaprak dökülmesi arasında negatif (P<0,05), eğim ile yaprak ve toplam dökülme arasında pozitif (P<0,01), RI ile diğer bileşenlere ait dökülme arasında negatif (P<0,05) ilişkiler belirlenmiştir. Yükselti ile yaprak dökülmesi arasındaki ilişki, yükseltideki artış ile yağışın artmasına, sıcaklığın azalmasına, daha nemli yetişme ortamlarının oluşmasına ve dolayısıyla dökülmenin de azalmasına sebep olması ile açıklanabilir. Eğim ile yaprak ve toplam dökülme arasındaki ilişkiler, eğimli alanlardaki toprakların daha sığ, daha taşlı, birim hacimdeki toprak miktarının daha az ve bu alanlardaki toprakların daha az su tutma kapasitesine sahip olması ile açıklanabilir. Diğer yandan İrmak ve Çepel (1968), iklim koşullarının dökülme miktarını etkilediğini bildirmektedir. Keza, dökülme miktarı bir önceki yılın sıcak geçmesi veya yaprakların gelişim döneminde sıcak ve nemli hava koşulları nedeniyle fazla yaprak kütlesi oluşumu gibi faktörlere bağlı olarak da artabilmektedir (Bille-Hansen ve Hansen, 2001). Genel olarak bakı ile dökülme arasındaki ilişkilerin önemsiz bulunması, araştırma alanının hâkim bakışının kuzey ve iklim tipinin nemli olması sebebiyle bakı farkının baskın olarak ortaya çıkmaması ile açıklanabilir.

3.5. Toplam dökülmenin fizyografik faktörler, meşcere ve iklim özellikleri ile tahmin edilmesi

Toplam dökülme (kg/ha/yıl) ile fizyografik faktörler, meşcere ve iklim özellikleri arasındaki aşamalı çoklu regresyon analizi sonuçları Çizelge 9'de verilmiştir. Çizelge 9 incelendiğinde 4 model ortaya çıkmıştır. Bunlardan meşcere yaşı, meşcere göğüs yüzeyi, bakı ve yamaç konumunun bağımsız değişken olarak girdiği 4. modelin (denklem 3) toplam dökülmeyi açıklama oranı eğitim veri seti için %64,5, test veri seti için %58,9 olup, modelin tahmini hatası 724 kg/ha'dır. Elde edilen modeller kullanılarak yöredeki ve benzer yetişme ortamlarındaki kayın meşcerelerinde yıllık dökülme miktarı tahmin edilebilir. Kızılçamda yapılan çalışmada, toplam dökülme meşcere kapalılığı (%), göğüs yüzeyi (m²/ha), hacim (m³/ha) ve bonitet endeksi (m) ile modellenmiş ve modelin toplam dökülmeyi açıklama oranı %81,5 bulunmuştur (Erkan vd., 2018). Sarıçamda yapılan çalışmada, toplam dökülme göğüs yüzeyi (m²/ha) ve bonitet endeksi (m) ile modellenmiş ve modelin toplam dökülmeyi açıklama oranı %66,6 olarak bulunmuştur (Çömez vd., 2019). Kayın, sarıçam ve kızılçamda yapılan bu çalışmalarda modeller giren ortak değişken meşcere göğüs yüzeyi olmuştur. Dolayısıyla toplam dökülmenin modellenmesinde meşcere göğüs yüzeyinin önemli bir değişken olduğu söylenebilir.

$$TD = 2764,652 + 34,919(MY) + 48,195(GY) - 2504,169(RI) - 20,108(YK) \quad (3)$$

Denklemden; TD: toplam dökülme miktarını (kg/ha/yıl), MY: meşcere yaşını (yıl), GY: göğüs yüzeyini (m²/ha), RI: radyasyon indeksini (birimsiz), YK: yamaç konumunu (%) ifade etmektedir.

Çizelge 8. Dökülme ile meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları (r) ve ilişkilerin önem düzeyleri (P)

Meşcere ve yetiştirme ortamı özellikleri	Dökülme bileşenleri (kg/ha)				
	Yaprak	Dal	Kabuk	Diğer	Toplam
Meşcere yaşı (yıl)	0,481**	0,206 ^{ns}	0,020 ^{ns}	0,353**	0,608**
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	0,405**	0,045 ^{ns}	0,052 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,352**
Meşcere orta çapı (cm)	0,425**	0,199 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,386**	0,579**
Meşcere orta boyu (m)	0,464**	0,222 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,490**	0,667**
Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	0,326**	-0,095 ^{ns}	-0,126 ^{ns}	-0,260 ^{ns}	0,105 ^{ns}
Yıllık toplam yağış (mm)	-0,326**	0,095 ^{ns}	0,126 ^{ns}	0,260 ^{ns}	-0,105 ^{ns}
Yükselti (m)	-0,326*	0,095 ^{ns}	0,126 ^{ns}	0,260 ^{ns}	-0,105 ^{ns}
Eğim (%)	0,413**	-0,137 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,350**
Yamaç konumu (%)	-0,057 ^{ns}	-0,243 ^{ns}	-0,153 ^{ns}	0,123 ^{ns}	-0,039 ^{ns}
Bakı (RI)	0,131 ^{ns}	-0,019 ^{ns}	0,076 ^{ns}	-0,272*	-0,035 ^{ns}

^{ns}: önemsiz, *: P<0,05, **: P<0,01, RI: radyasyon indisi (birimsiz)

Çizelge 9. Toplam dökülme (kg/ha/yıl) ile fizyografik faktörler, meşcere ve iklim özellikleri arasındaki aşamalı çoklu regresyon analizi sonuçları

Model	R ² (Eğitim veri seti)	R ² (Test veri seti)	P (Model)	SH	Modele giren değişkenler	P (Değişkenler)	VIF	
1	0,370	0,342	0,000	937	Sabit sayısı	3033,338	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	28,916	0,000	1,000
2	0,475	0,442	0,000	863	Sabit sayısı	1836,347	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	28,191	0,000	1,002
					Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	33,026	0,000	1,002
3	0,540	0,489	0,000	816	Sabit sayısı	1726,966	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	27,926	0,000	1,003
					Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	49,791	0,000	1,418
					Radyasyon indeksi	-1633,926	0,000	1,415
4	0,645	0,589	0,000	724	Sabit sayısı	2764,652	0,000	-
					Meşcere yaşı (yıl)	34,919	0,000	1,209
					Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	48,195	0,000	1,420
					Radyasyon indeksi	-2504,169	0,000	1,665
					Yamaç konumu (%)	-20,108	0,000	1,480

R²: belirleme katsayısı, P: önem düzeyi, SH: tahmini standart hata, VIF: varyans şişirme faktörü

4. Sonuç ve öneriler

Marmara Bölgesindeki doğu kayını ormanlarında meşcere gelişim çağlarına göre dökülme miktarını ve bu yolla ölü örtüye katılan karbon stokunu belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, toplam ölü örtü dökümü miktarı gelişim çağlarına göre 3959 kg/ha/yıl ile 5698 kg/ha/yıl arasında değişmekte olup, gelişim çağının ilerlemesine bağlı olarak dökülme miktarı artmıştır. Kayın ormanlarındaki yıllık dökülmenin yaklaşık 3/4'ünü yaprak dökülmesi oluşturmaktadır (3658 kg/ha/yıl). Gerek yaprak dökülmesi (3380 kg/ha) ve gerekse toplam dökülme (3842 kg/ha) en fazla sonbahar mevsiminde oluşmaktadır. Dökülmeye ait ağırlıklı karbon oranı %50,3 olarak belirlenmiştir. Bu değer kayın ormanlarında dökülme ile ölü örtüye katılan karbon miktarının hesaplanmasında kullanılabilir. Toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stoku gelişim çağlarına göre 1988-2857 kg/ha/yıl arasında değişmektedir. Çalışmamızda normal kapalılıktaki meşcerelerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Kapalılığın azaltılarak meşcere yapısının değiştirilmesi durumunda ölü örtüye karbon girişinin nasıl etkileneceği ileride yapılacak olan araştırmalarla ortaya konulmalıdır. Kayın ormanlarındaki toplam dökülme meşcere özellikleri, iklim özellikleri ve fizyografik faktörler ile tahmin edilmiştir. Elde edilen modeller kullanılarak yöredeki ve benzer yetiştirme ortamlarındaki kayın meşcerelerinde yıllık dökülme miktarı tahmin edilebilir. Bu araştırma ile ortaya konulan bulgular AKAKDO sektörünün uzun dönemli hedefleri arasında yer

alan modelleme çalışmalarında kullanılabilir. Benzer çalışmaların farklı coğrafik bölgelerde ve farklı ağaç türlerinde yapılmasına özen gösterilmelidir.

Açıklama

Bu çalışma, Orman Genel Müdürlüğü tarafından "Kayın meşcerelerinde ölü örtü dökümü miktarı ve karbon içeriğinin belirlenmesi (ESK-32(6322)/2017-2022)" isimli proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Aertsen, W., Kint, V., Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221(8): 1119-1130. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.01.007>
- Akman, Y., Barbero, M., Quezel, P., 1979. Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne. *Phytocoenologia*, 5(3): 277-346.
- Berg, B., Lazkowski, R., 2005. Litter Fall. *Advances in Ecological Research*, 38: 19-71. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(05\)38002-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(05)38002-0)
- Bille-Hansen, J., Hansen, K., 2001. Relation between defoliation and litterfall in some danish *Picea abies* and *Fagus sylvatica* stands. *Scandian Journal of Forest Research*, 16: 127-137. <https://doi.org/10.1080/028275801300088189>

- Bueis, T., Bravo, F., Pando, V., Turrión, M.B. 2017. Influencia de la densidad del arbolado sobre el desfronde y su reciclado en pinares de repoblación del norte de España. *Bosque*, 38(2): 401-407. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000200017>
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers, J.Q., Thomlinson, J.R., Ni, J., Holland, E.A. 2001. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications*, 11: 371-384. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[0371: NPPITF\] 2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0371: NPPITF] 2.0.CO;2)
- Çakır, M., Akburak, S., 2017. Litterfall and nutrients return to soil in pure and mixed stands of oak and beech. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 67(2): 178-193. <http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.301602>
- Çakıroğlu, K., 2011. Bartın ili Arıt yöresindeki kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerindeki ölü örtü ayrışması ve yıllık yaprak dökülmesinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Çömez, A., Güner, Ş.T., Tolunay, D., 2016. Sündiken Dağları Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde İbre Dökümü ve Ölü Örtü Ayrışması ile Üst Topraktaki Karbon Birikimi Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: ESK-09 (6303), Eskişehir.
- Çömez, A., Tolunay, D., Güner, Ş.T. 2019. Litterfall and the effects of thinning and seed cutting on carbon input into the soil in Scots pine stands in Turkey. *European Journal of Forest Research*, 138(1): 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10342-018-1148-6>
- Dimitrova, V., Damyanova, S., 2023. Chemical composition of litterfall in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 19: 412-417. <https://doi.org/10.37394/232015.2023.19.38>
- Dimitrova, V., Dimitrov, D., Malchev, D., 2023. Litterfall in beech forest (*Fagus sylvatica* L.). V. International Halich Congress on Multidisciplinary Scientific Research, 15-16 January, Istanbul, Türkiye, pp. 702-706.
- DTREG., 2023. DTREG predictive modeling software. <https://www.dtreg.com/>, Erişim: 06.06.2023.
- Erkan, N., Güner, Ş.T., 2018. Determination of carbon concentration of tree components for Scotch pine forests in Türkmen Mountain (Eskişehir, Kütahya) Region. *Forestist*, 68(2): 87-92. <https://doi.org/10.26650/forestist.2018.330657>
- Erkan, N., Comez, A., Aydın, A.C., Denli, O., Erkan, S., 2018. Litterfall in relation to stand parameters and climatic factors in *Pinus brutia* forests in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(4): 338-346. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1406135>
- González-Rodríguez, H., López-Hernández, J. M., Ramírez-Lozano, R. G., Gómez-Meza, M. V., Cantú-Silva, I., Sarquís-Ramírez, J. I., Mora Olivo, A. 2019. Litterfall deposition and nutrient return in pine-oak forests and scrublands in northeastern Mexico. *Madera y Bosques*, 25(3): e2531514. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531514>
- Güner, Ş.T., 2019. Changes in carbon concentration of tree components for Kazdağ fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equitrojani*) forests. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(1): 116-123.
- Güner, Ş.T., Özel, C., Türkkın, M., Akgül, S., 2019. Türkiye'deki sahilçamı ağaçlandırmalarında ağaç bileşenlerine ait karbon yoğunluklarının değişimi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 6(2): 167-176. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.546116>
- Irmak, A., Çepel, N., 1968. Belgrad Ormanı'nda seçilen birer kayın, meşe, karaçam meşceresinde yıllık yaprak dökümünün miktarı ve bu yolla toprağa verilen besin maddelerinin tespiti üzerine araştırmalar. *Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A18(2): 53-76.
- IUSS Working Group WRB, 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106, FAO, Rome.
- Jiménez, M.N., Navarro, F.B., 2016. Thinning effects on litterfall remaining after 8 years and improved stand resilience in Aleppo pine afforestation (SE Spain). *Journal of Environmental Management*, 169: 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.12.028>
- Jonczak, J., 2013. Dynamics, structure and properties of plant litterfall in a 120-year old beech stand in Middle Pomerania between 2007-2010. *Soil Science Annual*, 64(1): 8-13.
- Kavvadiasa, V.A., Alifragisa, D., Tsiontsisb, A., Brofasc, G., Stamatelosd, G., 2001. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management*, 144: 113-127. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00365-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00365-0)
- Koray, E.Ş., Tolunay, D., 2020. Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(3): 201-214. <https://doi.org/10.18182/tjf.727552>
- Lado-Monserrat, L., Lidón, A., Bautista, I., 2016. Erratum to: Litterfall, litter decomposition and associated nutrient fluxes in *Pinus halepensis*: Influence of tree removal intensity in a Mediterranean forest. *European Journal of Forest Research*, 135(1): 203-214. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0893-z>
- MGM., 2020. Meteorolojik Veri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Moisen, G.G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157: 209-225. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00197-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00197-7)
- MTA., 2021. 1:500,000 Ölçekli Türkiye jeoloji haritaları. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/500bas>, Erişim: 04.01.2021.
- Navarro, F.B., Romero-Freire, A., Del Castillo, T., Foronda, A., Jiménez, M.N., Ripoll, M. A., Sánchez-Miranda, A., Huntsinger, L., Fernández-Ondono, E. 2013. Effects of thinning on litterfall were found after years in a *Pinus halepensis* afforestation area at tree and stand levels. *Forest Ecology and Management*, 289(1): 354-362. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.09.026>
- OGM., 2021. Türkiye Orman Varlığı 2020. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Özkan, K., Berger, U., 2014. Predicting the potential distribution of plant diversity in the yukarıgökdere forest district of the Mediterranean region. *Polish Journal of Ecology*, 62: 441-454.
- Özyuvacı, N., 1999. Meteoroloji ve Klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Yayın No. 460, İstanbul.
- Pausas, J.G., 1993. Litterfall in two Pyrenean stands of *Pinus sylvestris* L. under different environmental conditions. *Folia Botanica Miscelanea*, 9: 127-136.
- Pérez-Alaveza, Y., Rodríguez-Ortiz, G., Santiago-García, W., Campos-Angeles, G.V., Enriquez-del Valle, J.R., Martín, M.P., 2023. Effect of thinning intensity on litterfall biomass and nutrient deposition in a naturally regenerated *Pinus pseudostrobus* Lind. forest in Oaxaca, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry*, 42(1): 77-94. <https://doi.org/10.1080/10549811.2021.1946410>
- Portillo-Estrada, M., Korhonen J.F.J., Pihlatie, M., Pumpanen, J., Frumau, A.K. F., Morillas, L., Tosens, T., Niinemets, Ü., 2013. Inter- and intra-annual variations in canopy fine litterfall and carbon and nitrogen inputs to the forest floor in two European coniferous forests. *Annals of Forest Science*, 70: 367-379. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0273-0>
- Qin, Q., Wang, H., Li, X., Xie, Y., Lei, X., Zheng, Y., Yang, D., Wang, F., 2019. Spatial heterogeneity and affecting factors of litter organic carbon and total nitrogen over natural spruce-fir mixed forests in northeastern China. *Catena*, 174: 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.020>

- Regina, I.S., Tarazona, T., 2000. Nutrient return to the soil through litterfall and throughfall under beech and pine stands of sierra de la Demanda, Spain. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14(3): 239-252. <http://dx.doi.org/10.1080/089030600406653>
- Sargıncı, M., Yıldız, O., Tolunay, D., Toprak, B., Temür, Ş., 2021. Leaf litter dynamics in Western Black Sea mountainous forest ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(12): 1821-1832. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0489>
- SPSS., 2015. *SPSS 22.0 Guide to Data Analysis*, published by Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Starr, M., Saarsalmi, A., Hokkanen, T., Merilä, P., Helmisaari, H.S., 2005. Models of litterfall production for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Finland using stand, site and climate factors. *Forest Ecology and Management*, 205: 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.047>
- Türe, C., Tokur, S., Ketenoğlu, O., 2005. Contribution to the syntaxonomy and ecology of the forest and shrub vegetation in Bithynia, Northwestern Antolia, Turkey. *Phyton (Austria)*, 45: 81–115. <https://eurekamag.com/research/004/088/004088365.php>
- Ukonmaanaho, L., Pitman R, Bastrup-Birk A, Breda N, Rautio P, 2016: Part XIII: Sampling and Analysis of Litterfall. In: UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Thünen Institute for Forests Ecosystems, Eberswalde, Germany, 15 p. <http://www.icpforests.org/Manual.htm>].
- Zhu, X., Zou, X., Lu, E., Deng, Y., Luo, Y., Chen, H., Liu, W., 2021. Litterfall biomass and nutrient cycling in karst and nearby non-karst forests in tropical China: a 10-year comparison. *Science of The Total Environment*, 758: 143619. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143619>