

Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları

Ertan Şeref Koray^a , Doğanay Tolunay^{b,*} 

Özet: Bu çalışmada, Türkmen Dağı'ndaki kapalılık ve gelişim çağları bakımından farklı doğal karaçam (*Pinus nigra* Arnold) meşcerelerinde, toprak üstü bitkisel kütle, ağaç bileşenlerinin (ibre, dal, kozalak, kabuk ve diğer) yıllık döküm miktarı, yıllık döküm ile ölü örtüye ulaşan karbon ve bitki besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu) miktarları belirlenmiştir. Çalışma Haziran 2012 ve Haziran 2013 tarihleri arasında yürütülmüştür. Çalışma alanında ortalama yıllık döküm miktarı 3.449 kg/ha/yıl olarak bulunmuştur. Toplam döküm içinde ibre döküntülerinin oranı % 53 olup, ibreleri % 25 ile kozalak, % 11 ile diğer döküntüler, % 6 ile kabuk ve % 5 ile dal izlemektedir. Döküm miktarları meşcere tiplerine göre farklılık göstermektedir ve genel olarak kapalılık ve meşcere ortalama çapı arttıkça döküm miktarları da artmaktadır. Döküm ile ekosisteme giren yıllık karbon ve bitki besin maddesi (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) miktarları, sırasıyla 1.744 kg/ha/yıl, 10,11 kg/ha/yıl; 1,73 kg/ha/yıl; 11,41 kg/ha/yıl; 25,73 kg/ha/yıl; 2,41 kg/ha/yıl; 5,99 kg/ha/yıl, 307 g/ha, 1.299 g/ha/yıl, 309 g/ha/yıl, 140 g/ha/yıl ve 63,1 g/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma ile canlı ağaçlardaki ibre, dal ve kabuklardan yıllık olarak dökülen miktarların tahmininde kullanılabilir döküm oranları da hesaplanmıştır. Orman topraklarda depolanan organik karbon miktarını tahminde bulunan çeşitli modellerde kullanılan bu yıllık döküm oranları ibreler için 0,170, dallar için 0,008 ve kabuklar için 0,012 olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: *Pinus nigra*, Ölü örtü, Bitkisel kütle, Döküm oranı, Karbon ve besin maddesi stoku

Nutrient inputs by litterfall into ecosystems in Anatolian black pine stands at Türkmen Dağı

Abstract: In this study, the above-ground biomass, the amount of annual litterfall of tree components (needle, branch, cone, bark, and other) and the amount of carbon and plant nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Zn and Cu) passing into the forest floor by litterfall were determined in different natural black pine (*Pinus nigra* Arnold) stands in terms of canopy cover and development stages in Türkmen Mountain. The study was carried out between June 2012 and June 2013. The average annual amount of litterfall in the study area was found to be 3,449 kg/ha. The proportion of foliage in the total litterfall is 53%; followed by 25% for cone, 11% for other material, 6% for bark and 5% for branch. The amount of litterfall varies according to the types of stands, and as the canopy cover and the average diameter of stand increase, the amount of litterfall generally increases. The amounts of annual carbon and plant nutritious elements (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) entering the ecosystem by litterfall were calculated 1,744 kg/ha/year, and 10.11 kg/ha/year, 1.73 kg/ha/year, 11.41 kg/ha/year, 25.73 kg/ha/year, 2.41 kg/ha/year, 5.99 kg/ha/year, 307 kg/ha/year, 1299 kg/ha/year, 309 kg/ha/year, 140 kg/ha/year and 63.1 kg/ha/year, respectively. With this study, the turnover rates which can be used to estimate the annual amounts of the litterfall of tree components from live trees were also calculated. These annual turnover rates used in various models to estimate the amount of organic carbon stored in forest soils were found to be 0.170 for needles, 0.008 for branches and 0.012 for barks.

Keywords: *Pinus nigra*, Forest floor, Biomass, Turnover rate, Carbon and nutrient stocks

1.Giriş

Orman ekosistemlerinde ağaçların ölen ya da canlıyken rüzgâr, fırtına, ekstrem sıcaklıklar ya da zararlılar gibi nedenlerle canlı iken kırılarak dökülen bileşenlerinin (yaprak/ibre, dal, kabuk, kozalak, çiçek, tomurcuk vb.) ölü örtüye ulaşması olayı döküm olarak adlandırılmaktadır (Bray ve Gorham, 1964). Dökümle toprak yüzeyine ulaşan materyaller birikerek ölü örtüyü oluşturmaktadır. Ölü örtünün orman ekosistemlerinin en önemli besin maddesi kaynağı olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü ölü örtü ve anakayadaki minerallerin ayrışması ile ekosistemlere besin maddesi girdisi sağlanmaktadır. Topraklardaki azot gibi

birçok besin maddesinin ve organik karbonun başlıca kaynağı ölü örtüdür (Berg ve Staaf, 1981). Ölü örtünün ayrışmasıyla bitkiler tarafından topraktan alınan besin maddeleri, dökümle tekrar toprağa ulaşmaktadır. Ölü örtü, orman ekosisteminde madde dolaşımında belki de en önemli noktadır. Zira ölü örtü ayrışmasının çok hızlı olması durumunda kökler tarafından alınamayan besin maddeleri topraktan yıkanmaktadır (Lehmann ve Schroth, 2003). Tam tersi durumda ise ölü örtü ayrışmasının çok yavaş olması sebebiyle toprağa az miktarda besin maddesi girişi olmakta ve bitkiler yeterince beslenememektedir (Kantarci, 2000). Ölü örtünün kaynağı ise dökümdür. Bu nedenle döküm orman ekosistemlerinde cereyan eden biyojeokimyasal

✉ ^a Orman Genel Müdürlüğü, Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü, Eskişehir
^b İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bahçeköy, İstanbul

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): dtolunay@istanbul.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.04.2020, **Accepted** (Kabul tarihi): 09.07.2020



Citation (Atf): Koray, E.Ş., Tolunay, D., 2020. Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları. Turkish Journal of Forestry, 21(3): 201-214. DOI: [10.18182/tjf.727552](https://doi.org/10.18182/tjf.727552)

döngünün en önemli parametrelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Pitman vd., 2010). Dökümün ekolojik öneminden dolayı yurt dışında çok sayıda araştırma yapılmıştır. Ülkemizde döküm ile ilgili ilk çalışma İrmak ve Çepel (1968) tarafından Belgrad Ormanında doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), meşe (*Quercus* sp.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold) meşcerelerinde gerçekleştirilmiştir. Yazarlar bu çalışmada 5 yıl süre ile yıllık ibre/yaprak dökümünü ve bunlardaki N, P, K, Ca, Mg, Na miktarlarını da araştırmışlardır. Daha sonra Özhan (1977) tarafından yine Belgrad Ormanında saf meşe ve saf doğu kayını ile meşe+kayın karışık meşcerelerinde sadece yaprak dökümü olsa da yıllık döküm incelenmiştir. Çepel vd. (1988) tarafından Antalya'daki kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında aralamanın ve yükseltinin ibre dökümü üzerindeki etkileri ve ekosisteme giren besin maddesi miktarları araştırılmıştır. Aynı tarihte Dündar (1988) tarafından Bolu'daki sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcerelerinde 5 yıl süre boyunca ibre dökümü takip edilmiştir ve bu yolla toprağa ulaşan azot miktarları belirlenmiştir. Anılan bu araştırmalarda çalışmalarda sadece ibre/yaprak dökümü incelenmiştir. Daha sonra uzun bir süre döküm ile ilgili araştırmaların kesintiye uğradığı görülmektedir. Son 20 yıl içerisinde yeniden çalışılmaya başlanan orman ekosistemlerindeki yıllık döküm miktarlarının belirlenmesi çalışmalarında önceki araştırmalardan farklı olarak sadece yaprak/ibre değil diğer döküntülerle birlikte toplam döküm ortaya konmuştur. Bunlara Bafra'daki saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) (Kutbay ve Horuz, 2001) ve Artvin'deki doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) (Tüfekçioğlu vd., 2005) ormanları ile Bartın'daki doğu kayını, Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *bornmulleriana* (Mattf.)) ve bu iki türün karışık olarak bulunduğu meşcerelerinde (Çakıroğlu, 2011), Belgrad Ormanında saf meşe ve doğu kayını meşcereleri ile meşe-doğu kayını karışık meşcerelerinde (Çakır ve Akburak, 2017), Sündiken Dağlarındaki sarıçam (Çömez vd., 2019) ve Antalya'daki kızılçam ormanlarında (Erkan vd., 2018) yürütülen araştırmalar örnek olarak verilebilir. Bu araştırmaların bir kısmında döküm ile ölü örtüye ulaşan karbon ve besin maddesi miktarları da belirlenmiştir.

Ağaçlardan dökülen ibre/yaprak, dal, kozalak, meyve, kabuk, çiçek vb. materyaller orman ekosisteminde toprağa ulaşan organik karbon ve besin maddesi miktarı için önemli bir göstergedir (Ukonmaanaho vd., 2016). Ağaçlardan döküm yolu ile toprağa ulaşan besin maddeleri (Ca, K, Mg, C, N, P, S) belirlenerek, ormanın beslenme bozuklukları olup olmadığı ortaya konmaktadır. Döküm araştırmalarının son yıllarda yeniden yoğunlaşmasının nedeni orman ekosistemlerinin sağlığının izlenmesinde yıllık döküm miktarlarının bir gösterge olarak kullanılmasıdır (Ukonmaanaho vd., 2016). Yaprak, dal, çiçek gibi ağaçlardan dökülen organik materyallerde gözlenen değişimler kuraklık, ekstrem sıcaklıklar, böcek salgını, rüzgâr etkisi gibi doğal faktörler yanında hava kirliliği gibi olumsuzlukların ortaya konmasında kullanılabilir. Ayrıca döküm meşcerenin fenolojik gelişimi hakkında sayısal ve geçici bilgiler sağlayabilmektedir (Ukonmaanaho vd., 2016). Ülkemizde 2006 yılında başlanan "Orman Ekosistemlerinin İzlenmesi Programı" kapsamında da sabit Seviye II örnek alanlarında dökümün izlenmesi çalışmalarına başlanmıştır. Ancak henüz döküm ile ilgili bir değerlendirme yapılmamıştır (Tolunay vd., 2014).

Diğer yandan karbon yutak alanı olarak orman ekosistemleri iklim değişikliğiyle mücadele de önemli bir yere sahiptirler. Orman ekosistemlerinde karbon canlı bitkisel kütlede, toprakta, ölü örtü ve ölü odunda biriktirilmektedir. Bunlardan canlı bitkisel kütlede yıllık olarak biriktirilen karbon miktarlarının belirlenmesi göreceli olarak daha kolaydır. Çoğunlukla ormanlarda gerçekleşen yıllık artımın çeşitli katsayılar kullanılarak karbona dönüştürülmesiyle hesaplanmaktadır. Yine çeşitli katsayılarla kesimler, yangınlar ya da zararlılarla ormanlardan uzaklaştırılan yıllık karbon miktarları da belirlenmektedir. Bitkilerde artımla biriktirilen ve kesim, yangın gibi nedenlerle uzaklaştırılan karbon miktarı arasındaki fark ise yıllık net karbon birikimi olarak kabul edilmektedir. Orman ekosistemlerinde ölü organik maddelerle topraklarda da karbon biriktirilebilmektedir. Ancak bunun hesaplanması çok daha zordur. Nitekim Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) Sekretaryasına her yıl düzenli olarak sunulan ulusal sera gazı envanterinde ölü organik madde ve topraklardaki karbon birikimleri hesaplanmamaktadır (NIR Turkey, 2020). Ölü organik madde ve topraklarda depolanan ya da atmosfere salınan karbon miktarları çeşitli modeller kullanılarak tahmin edilmektedir. Bunlara YASSO07, CBM-CFS3, Century, FBDC modeller örnek olarak verilebilir. Bu modellerin çoğunda topraklara giren organik madde miktarı ve bunların bir yıl içindeki ayrışma oranları girdi olarak kullanılmaktadır. Topraklara organik madde girişi ağaçlardan döküm ve lical köklerin ölmesiyle gerçekleşmektedir. Ancak toprağa organik madde girişinin önemli bir bölümü çeşitli ağaç bileşenlerinin dökülerek ölü örtüye ulaşması ile mümkündür. Modellerde ölü örtüye döküm ile katılan organik madde miktarı olarak arazide ölü örtü kapanları ile toplanan ağaç bileşenlerinin yıllık döküm miktarları kullanılabilir. Ancak ölü örtü kapanları ile dökülen organik maddenin bir yıl boyunca toplanması oldukça güçtür. Bu nedenle ağaç bileşenlerinin dökülerek ölü örtüye ulaşan miktarlarının tahmininde katsayılar da kullanılmaktadır. Döküm oranı (turnover rate; biomass turnover rate; litterfall rate) ya da ölü örtü üretim oranı (litter production rate) olarak adlandırılan bu katsayılar ölü örtü kapanları ile toplanan döküm miktarlarının canlı ağaçlardaki ağaç bileşenleri kütlelerine oranıdır. Örneğin kışın yaprağını döken türlerde sonbaharda tüm yaprakların döküldüğü kabul edilmektedir (Tüpek vd., 2015). Ancak diğer ağaç bileşenleri (dal, kabuk, üreme organları vb.) ile herdem yeşil türlerde yaprakların sadece bir kısmı dökülmektedir. Ülkemizde döküm oranları konusunda gerçekleştirilmiş bir çalışmaya rastlanmamış olup, yapılan birkaç modelleme çalışmasında yurtdışı araştırmalardaki döküm oranları kullanılmıştır (Lee vd., 2016; Lee vd., 2018).

Sunulan bu çalışma ile i) farklı meşcere tiplerindeki doğal karaçam ormanlarında döküm yolu ile ölü örtüye katılan toplam organik materyal (ibre, kuru dal, canlı dal, kozalak ve diğer) miktarının, ii) ve bu organik materyallerdeki karbon ve bazı bitki besin elementlerinin kapsamının ve iii) karbon modellerinde kullanılan döküm oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

Çalışma, 39° 15' 57"-39° 31' 51" kuzey enlemleri ile 30° 20' 36"-30° 42' 52" doğu boylamları arasında yer alan 2 ana mevki üzerinde gerçekleştirilmiştir. İlk mevki, Eskişehir İlinin güneyinde yer alan Türkmen Dağı (Kalabak, İdrisyayla Köyleri) yöresidir. Bu mevkide 29 örnek alan seçilmiştir. İkinci mevki ise yine Eskişehir İlinin güneyinde, Türkmen Dağı'nın ana kütesinin devamı durumundaki, Eskişehir-Afyonkarahisar şehirlerarası karayolunun doğusunda ve Seyitgazi İlçesi yakınlarında (Sarıcailyas, Şükranlı Köyleri civarı) kalan yöredir. Bu mevkide ise, toplam 10 adet örnek alanda çalışılmıştır (Şekil 1). Yükseltisi 1826 m olan Türkmenbaba Tepe, Türkmen Dağı'nın en yüksek noktasıdır. Örnek alanların yükseltisi ise 1010-1635 m arasında değişmektedir. Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu Kütahya'da olup, bu istasyonun 60 yıllık (1954-2013) verilerine göre; yıllık ortalama sıcaklık 10,8 °C, yıllık ortalama yağış ise 560,1 mm'dir. Türkmen Dağı kütesinde bulunan başlıca anakayalar riyolit ve dasittir. Topraklar genellikle kumlu balçık ve balçık tekstüründedir. Toprakların pH değerleri 5-6 civarında olup, topraklar luvisol tipindedir (Güner, 2006).



Şekil 1. Türkmen Dağı kütesinin uydu fotoğrafı ve çalışma alanlarının yerleri

2.2. Arazi çalışmaları

Araştırmada, 2 ana bakı grubu (kuzey (K, KD, D, KB) ve güney (G, GD, GB, B) bakılar) ile 3 farklı yeryüzü şeklinde (alt, orta ve üst yamaç) bulunan Çkb3, Çkc1, Çkc2, Çkc3, Çkd1, Çkd2 ve Çkd3 (Çk=karaçam; d=meşcere orta çapı; b= 8 cm≤d≤19,9 cm; c= 20 cm≤d≤35,9 cm; d= 36 cm≤d; 1= %11≤k≤%40; 2= %41≤k≤%70; 3= %71≤k≤%100; k=kapalılık) meşcerelerinin her birinden bir adet örnek alan olmak üzere toplam 42 örnek alanda çalışılması hedeflenmiştir. Ancak Çkc1 ve Çkd3 meşcerelerinde güney bakı grubu alt yamaç konumu için örnek alan bulunamamış, Çkd2 güney bakı grubu üst yamaç konumunda tesis edilen örnek alan ise yerel halk tarafından tahrip edildiğinden çalışmadan çıkartılmıştır. Böylece çalışmada toplam 39 örnek alanda çalışılmıştır. Örnek alanlar meşcere tiplerine göre farklı boyutlarda seçilmiştir. Ağaç sayısının fazla olduğu meşcerelerde 10 m × 10 m = 100 m² ya da 10 m × 15 m=150 m² büyüklüğündeki örnek alanlarda çalışılmıştır. Ağaç sayısının az olduğu d gelişim çağındaki meşcerelerde ise örnek alan büyüklüğü 30 m × 30 m= 900 m² ya da 30 m × 35 m= 1050 m²'ye çıkarılmıştır. Örnek alanların eğim, yükselti, bakı, yamaç konumu gibi fizyografik özellikleri tespit edilmiş, göğüs yüksekliğindeki çapı (d_{1,3}) 8 cm'den büyük tüm ağaçların d_{1,3} çapları ve boyları ölçülmüştür. Örnek alanlarda galip ve en galip 3-5 ağaçta artım kalemi ile yaş tespit edilmiş ve bu ağaçların ortalama yaşı değerlendirilmelerde kullanılmıştır. Örnek alanlara dair bazı bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Araştırmanın amaçlarından biri ibre, dal ve kabuk bileşenlerinin döküm oranının belirlenmesidir. Bu oranın belirlenebilmesi için ağaçların üzerindeki ibre, dal, kabuk gibi bileşenlerin miktarının da hesaplanabilmesi gerekmektedir. Bunun için örnek alanlarda ağaç bileşenlerinin bitkisel kütlelerini tahminde kullanılacak denklemler geliştirilmesi amacıyla örnek ağaçlar kesilmiştir. Bu ağaçlar farklı çap-boy gruplarını temsil edecek şekilde sağlıklı, tepesi ve dalları kırılmamış, baskı altında kalmamış fertlerden olmak üzere toplam 13 adettir. Kesilen ağacın boyu cm hassasiyetinde ölçülüp, dip kütükte alınan 3-5 cm kalınlığındaki diskte laboratuvar ortamında yaş sayımı yapılmıştır. Daha sonra, kesilen ağacın dalları temizlenip, gövde 2 m'lik seksiyonlara ayrılarak her bölümün kabuklu-kabuksuz çapları birbirine dik çift eksenle ölçülmüştür. Bu gövde bölümlerinin taze ağırlıkları arazide tartılmıştır. Ayrıca canlı dal, kuru dal, ibre ve kozalaklar ayrı ayrı tartılarak taze ağırlıkları bulunmuştur.

Gövde odunu fırın kurusu ağırlıkların hesaplanmasında kullanılacak nem içeriklerini belirlemek amacıyla her seksiyonun ortasından 3-5 cm kalınlığında diskler alınmıştır. Bu diskler arazide tartılmış ve taze haldeki ağırlıkları kaydedilmiştir. Benzer şekilde canlı dal, kuru dal, ibre ve kozalaklardan da alt örnekler alınarak bunların da taze ağırlıkları arazide belirlenmiştir.

Çizelge 1. Örnek alanların meşcere tiplerine göre göğüs yüksekliğindeki çap, boy, yaş ve ağaç sayıları (ort.±SH)

	Meşcere tipleri						
	Çkb3	Çkc1	Çkc2	Çkc3	Çkd1	Çkd2	Çkd3
Örnek alan sayısı (n)	6	5	6	6	6	5	5
d _{1,3} (cm)	15,17±1,13	28,30±1,67	27,70±1,10	25,87±1,74	49,20±4,02	39,72±3,24	46,82±20,01
Boy (m)	8,20±0,67	10,64±1,40	11,45±0,96	14,05±1,48	17,00±1,61	13,96±1,17	20,34±1,28
Yaş (yıl)	77±7	100±10	102±15	104±6	124±15	131±21	144±16
Ağaç sayısı (birey/ha)	2433±530	423±30	685±51	987±102	200±34	400±14	363±55

d_{1,3}: göğüs yüksekliğindeki (yerden 130 cm) çap

Ağaçlardan dökülen materyallerin miktarını belirlemek amacıyla 15.05.2012–02.06.2012 tarihleri arasında her örnek alan içerisine 5 adet 0,50 m x 0,50 m (0,25 m²) genişlikte çerçevelere 1 mm gözlü polyester ağ geçirilmiş kapanlar kurulmuş ve bu kapanların etrafı üç sıra dikenli tel ile çevrilmiştir (Pitman vd., 2010). Kapanlarda biriken döküntü materyali, yaklaşık 30-40 günlük dönemlerde 2012 yılında 5 kez (sonuncusu 28.11.2012-29.11.2012 tarihlerinde) toplanmıştır. Hava ve arazi koşullarından dolayı örnekleme yapılamayan kış döneminden sonra, 19/20.04.2013 tarihlerinde 6. periyot ve 31.05.2013/01.06.2013 tarihlerinde de 7. periyot olmak üzere toplam 7 defa toplanarak, yaklaşık bir senelik dökülme/örnekleme dönemi (15.05.2012/02.06.2012-31.05.2013/01.06.2013) tamamlanmıştır. Her bir örnekleme döneminde kapanlarda biriken materyaller toplanmış ve laboratuvara götürülmüştür.

2.3. Laboratuvar ve büro çalışmaları

Her bir örnekleme periyodunda kapanlardan alınan ve laboratuvara getirilen döküntü örnekleri önce hava kurusu hale gelene kadar kurutulmuştur. Kurutulan döküntü örnekleri ibre, dal, kabuk, kozalak ve diğer (çiçek, tomurcuk vb.) olarak 5 bölüme ayrılmış ve bunların her birinin hava kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra alt örnekler alınmış ve bunlar 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar fırınlarda bekletilmiş ve fırın kurusu ağırlıklar bulunmuştur. Ayrıca gövde odunundan alınan kesitler ve diğer bileşenlerden alınan alt örnekler de benzer işlemlere tabi tutulmuş, hesaplanan nem içerikleri kullanılarak ağaç bileşenlerinin 65 °C'deki ağırlıkları belirlenmiştir.

Örnekleme yapılan 7 periyottaki her bir döküm bileşenin ağırlıkları ayrı ayrı belirlendikten sonra bunlardan karma örnekler hazırlanmıştır. Karma örnek hazırlanması her bir döküntü bileşeninin 7 periyottaki miktarlarının o döküntü bileşenin toplam miktarı içindeki oranına göre gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu bileşenler öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

İbre, dal, kabuk, kozalak ve diğer olarak sınıflandırılan döküntü örneklerinin C, N, P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, S, Zn ve Cu içerikleri belirlenmiştir. C, N ve S elementer analiz yöntemiyle LecoTruSpec CHN-S Elemental Analyzer cihazında, P, vanadamolibdofosforik sarı renk metodu ile Spectronic 20D kolorimetre cihazında ölçülmüştür (Kacar ve İnal, 2008). Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn içeriklerinin belirlenmesi için ibre ve döküntü örnekleri önce nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş olarak yakılmıştır. Bu şekilde elde edilen çözeltilerde Na ve K Jenway PFP 7 flame photometer cihazı ile Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn ise Perkin-Elmer 3110 atomic absorption spectrometer cihazı ile ölçülmüştür (Kacar ve İnal, 2008).

Örnek alana katılan yıllık döküm (ibre, dal, kozalak, kabuk, diğer) miktarı ve analizler ile belirlenen bitki besin maddeleri miktarları kullanılarak, ölü örtüye yıllık bitki besin maddeleri girişi bulunmuş, daha sonra bu değerler 1 hektar alana dönüştürülmüştür.

Ağaç bileşenlerinin döküm oranları (DO) (turnover rate) dökülen ilgili ağaç bileşenin canlı ağaçtaki kütlelerine oranı olarak aşağıdaki formülle belirlenmiştir (Ukonmaanaho vd., 2008).

$$DO_i = A_i/B_i \quad (1)$$

Denklemden DO döküm oranı, *i* ağaç bileşenleri (ibre, dal, kabuk), *A* ilgili ağaç bileşeninin döküntü içindeki miktarı (kg/ha/yıl), *B* ilgili ağaç bileşeninin canlı ağaç üzerindeki bitkisel kütleleridir (kg/ha).

2.4. Veri analizi

Toprak üstü bitkisel kütle, meşcere tipi, meşcerenin yaşı ve çapı ile döküm ve bu yolla ölü örtüye katılan bitki besin maddeleri miktarları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu kapsamda, döküm miktarları ile ölü örtüye katılan yıllık bitki besin maddeleri miktarlarının meşcere tiplerine göre farklı olup olmadığı basit varyans analizi ile, döküm miktarı ile çeşitli meşcere özellikleri (*d*_{1,3}, boy, gövde odunu hacmi, yaş, vb) arasındaki ilişkiler ise korelasyon ve regresyon analizleri ile incelenmiştir.

Varyans analizi ile bulunan farklılıklar için, Duncan testi uygulanarak benzer gruplar oluşturulmuştur (Kalıpsız, 1994; Özdamar, 2002). Varyans analizinden önce verilerin normallik denetimi Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi ile yapılmış, normal dağılım göstermeyen veriler logaritmik, karekök dönüşümleri gibi çeşitli işlemlerle normal dağılıma dönüştürülmüştür. Daha sonra varyans analizi uygulanmış, Levene testi ile varyansların homojenliği denetlenmiştir. Gruplar arasındaki farklar varyansların homojen olması durumunda Duncan testi, varyansların homojen olmaması halinde Tamhane testi ile denetlenmiştir.

3. Bulgular

3.1. Ağaç bileşenlerinin kütleleri

Örnek alanlardan kesilen ağaçların ibre, canlı dal, kuru dal, kabuk ve gövde odunu ağırlıkları Çizelge 2'de verilmiştir. Örneklenen 13 ağaçta kabuklu gövde odunu hacmi ve ağaç bileşenleri kütlelerinin bağımlı değişken *d*_{1,3} ve *d*_{1,3} ile ağaç boyunun (*h*) birlikte kullanıldığı *d*_{1,3}²*h* değişkenlerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denklemleri test edilmiştir. Bitkisel kütle bileşenlerini tahmin etmek için geliştirilen üs (power) denklemlerin *R*_{adj}² değerleri doğrusal denklemlere nazaran daha yüksek, standart hataları ise daha düşük bulunmuştur. Ancak kabuklu gövde odunu hacmi doğrusal denklem ile daha doğru tahmin edilebilmektedir. Söz konusu denklemler Çizelge 3'te sunulmuştur. Buna göre; denklemlerde en yüksek *R*_{adj}² değeri, kabuksuz gövde bileşenine ait iken, en düşük *R*_{adj}² değeri ise 0,879 ile kuru dalda bulunmuştur. Kabuk ve kabuksuz gövde bileşenlerinin kütlesi *d*_{1,3}²*h*, diğer bileşen kütleleri de *d*_{1,3} değişkeni ile daha iyi tahmin edilmiştir.

Çizelge 3'te verilen denklemler kullanılarak hesaplanan ortalama topraküstü bitkisel kütle miktarları en düşük 78,1 t/ha ile Çkb3 meşcerelerinde ve en yüksek 351,9 t/ha ile Çkd3 meşcerelerinde belirlenmiştir. Başka bir ifadeyle meşcere orta çapları arttıkça bitkisel kütle miktarları da artmaktadır. Aynı çap sınıfları içinde ise beklendiği üzere kapalılıkla birlikte ağaç bileşenlerinin kütleleri de artmaktadır. Ağaç bileşenleri içerisinde kabuklu gövde odunu topraküstü bitkisel kütlelerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Kuru dallar ise en az paya sahiptir (Çizelge 4).

3.2. Döküm miktarları

Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde ortalama yıllık döküm miktarı 3.449 kg/ha/yıl olarak bulunmuştur. Çkc2 meşcerelerinde toplam döküntü miktarı diğer meşcerelere göre istatistiksel açıdan önemli derecede düşüktür. “d” gelişim çağındaki meşcerelerde ise yıllık dökümü miktarı daha yüksek olup Çkd3 meşcerelerinde 5.620 kg/ha/yıl’a

ulaşmaktadır ve bu sonuç istatistiksel açıdan da önemli bulunmuştur. Döküm içinde ibreler % 53,1 ile önemli bir paya sahiptir. Bunu % 25,1 ile kozalaklar ve % 10,9 ile çiçek, tomurcuk vb. materyallerden oluşan diğer olarak adlandırılan materyaller izlemektedir. Meşcere gelişim çağıları arasında sadece dökülen dal miktarları arasında fark bulunmamıştır (Çizelge 5).

Çizelge 2. Türkmen Dağı doğal karaçam meşcerelerinden örneklenen ağaçların $d_{1,3}$, boy, kabuklu gövde odunu hacmi ve çeşitli ağaç bileşenlerinin kütleleri

Örnek ağaç No.	Göğüs yüksekliği Çapı (cm)	Boy (m)	Kabuklu gövde hacmi (m ³)	İbre ağırlığı (kg/ağaç)	Canlı dal ağırlığı (kg/ağaç)	Kuru dal ağırlığı (kg/ağaç)	Kabuk ağırlığı (kg/ağaç)	Kabuklu gövde ağırlığı (kg/ağaç)	Kabuksuz gövde ağırlığı (kg/ağaç)	Toplam toprak üstü kütle ağırlığı (kg/ağaç)
1	14,5	8,6	0,079	3,4	6,1	0,9	6,5	32,9	26,4	43,3
2	61,0	20,2	2,645	76,5	564,8	18,4	113,8	1028,1	914,3	1687,8
3	34,0	17,0	0,898	24,3	75,9	19,1	41,9	417,6	375,4	536,9
4	42,0	17,5	1,049	42,4	125,7	9,7	80,4	406,0	324,6	583,8
5	41,0	15,3	1,186	33,8	302,9	7,3	69,1	490,1	421,0	834,1
6	39,0	14,8	0,983	35,9	136,3	13,2	54,9	379,7	324,8	565,1
7	9,0	6,6	0,026	2,2	2,4	0,3	2,1	10,4	8,3	15,3
8	21,5	8,7	0,029	12,5	24,7	4,1	9,2	62,8	53,6	104,1
9	36,0	16,6	0,892	32,4	134,9	4,2	38,2	385,0	346,8	556,5
10	12,0	13,7	0,071	4,3	4,1	0,7	5,7	32,0	26,3	41,1
11	29,0	13,7	0,462	16,3	41,5	5,1	29,9	171,4	141,5	234,3
12	47,5	20,1	2,036	41,3	228,2	25,6	108,1	767,1	659,0	1062,2
13	24,0	14,8	0,385	11,1	20,8	2,1	28,0	157,1	129,1	191,1

Çizelge 3. Türkmen Dağı doğal karaçam meşcerelerinde tek ağaç bileşenlerinin kütlelerini tahmininde kullanılacak denklemler

Bitkisel Kütle Bileşenleri	Örnek Sayısı	Model	a	b	R_{adj}^2	Standart Hata	F Değeri	Önem Düzeyi
Kabuklu gövde odunu hacmi	13	$V=a+b \times (d_{1,3}^{2h})$	0,0608	0,00004	0,966	0,148	339,366	0,000
Canlı dal	13	$B_{CANLIDAL}=a \times d_{1,3}^b$	0,00259	2,96444	0,969	0,306	370,383	0,000
İbre	13	$B_{IBRE}=a \times d_{1,3}^b$	0,03189	1,88943	0,974	0,175	457,374	0,000
Kabuk	13	$B_{KABUK}=a \times (d_{1,3}^{2h})^b$	0,00921	0,86097	0,980	0,179	581,257	0,000
Kabuksuz gövde odunu	13	$B_{KBZGÖVDE}=a \times (d_{1,3}^{2h})^b$	0,01622	0,98616	0,988	0,159	974,927	0,000
Kuru dal	13	$B_{KURUDAL}=a \times d_{1,3}^b$	0,00230	2,2881	0,879	0,483	87,824	0,000
Toprak üstü	13	$B_{TOPRAKÜSTÜ}=a \times d_{1,3}^b$	0,06551	2,48896	0,983	0,186	704,119	0,000

a ve b: regresyon denklemi katsayıları; R_{adj}^2 : düzeltilmiş R^2

Çizelge 4. Ortalama kabuklu gövde odunu hacmi ve çeşitli ağaç bileşenleri kütlelerinin meşcere tiplerine göre değişimi (ort.±SH)

	Meşcere tipleri						
	Çkb3	Çkc1	Çkc2	Çkc3	Çkd1	Çkd2	Çkd3
Ortalama kabuklu gövde odunu hacmi	217,2±50,0	199,9±49,7	325,5±64,7	457,2±101,2	321,3±46,1	415,6±88,1	637,7±100,1
İbre ağırlığı (t/ha)	8,8±1,7	8,0±1,2	13,0±1,8	15,3±1,7	9,4±1,0	13,8±1,8	16,5±2,3
Canlı dal ağırlığı (t/ha)	14,1±2,8	27,3±5,1	40,1±6,3	43,4±7,9	53,5±8,5	65,4±15,6	83,7±14,7
Kuru dal ağırlığı (t/ha)	1,9±0,4	2,3±0,4	3,5±0,5	3,9±0,6	3,3±0,4	4,5±0,7	5,3±0,9
Toplam dal ağırlığı (t/ha)	16,0±3,2	29,6±5,4	43,6±6,8	47,4±8,5	56,8±8,9	69,9±16,4	89,1±15,5
Kabuk ağırlığı (t/ha)	9,5±1,9	10,8±2,7	17,7±3,6	24,7±5,4	16,0±2,1	21,6±4,0	31,7±4,8
Kabuksuz gövde odunu ağırlığı (t/ha)	44,1±8,6	61,9±17,0	100,6±21,4	142,7±34,1	108,0±16,0	137,5±30,7	215,3±34,1
Toprak üstü kütle ağırlığı (t/ha)	78,1±15,3	110,3±26,1	174,4±33,5	229,2±49,6	190,1±26,5	242,7±52,8	351,9±56,6

Çizelge 5. Türkmen Dağı doğal karaçam meşcerelerinde yıllık toplam döküm miktarları (ort.±SH)

Meşcere tipi	İbre (kg/ha/yıl)	Dal (kg/ha/yıl)	Kabuk (kg/ha/yıl)	Kozalak (kg/ha/yıl)	Diğer (kg/ha/yıl)	Toplam (kg/ha/yıl)
Çkb3	1.858±156 ^{ab}	233±153 ^a	106±17 ^a	257±80 ^{ab}	169±34 ^a	2.623±356 ^{ab}
Çkc1	1.349±178 ^a	92±43 ^a	115±25 ^a	494±136 ^{abc}	223±60 ^{ab}	2.272±292 ^a
Çkc2	1.619±173 ^a	153±60 ^a	221±85 ^{ab}	215±71 ^a	319±73 ^{abc}	2.527±319 ^{ab}
Çkc3	1.994±127 ^{ab}	242±62 ^a	257±56 ^{ab}	922±332 ^{bc}	384±95 ^{abcd}	3.799±526 ^{ab}
Çkd1	1.749±350 ^{ab}	175±78 ^a	190±61 ^{ab}	1.352±347 ^{cd}	581±99 ^d	4.046±751 ^b
Çkd2	1.873±120 ^{ab}	174±94 ^a	172±28 ^{ab}	763±231 ^{abc}	432±101 ^{bcd}	3.414±448 ^{ab}
Çkd3	2.411±422 ^b	122±53 ^a	329±77 ^b	2.213±531 ^d	546±66 ^{cd}	5.620±743 ^c
Ortalama	1.833±96	173±32	198±23	867±143	377±36	3.449±248
%	53,1	5,0	5,7	25,1	10,9	100,0

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05)

Ölü örtü dökümünün toplandığı dönemlerdeki gün sayıları birbirinden farklıdır. Bu nedenle yıl içinde dökülmenin seyrini açıklayabilmek için günlük döküm miktarları hesaplanmıştır. Çkd3 meşcerelerinde ibre dökümü Ekim ayı sonuna kadar artış göstermekte, kış ve ilkbahar aylarında azalmaktadır. Çkc2, Çkc3, Çkd1 ve Çkd2 meşcerelerinde ise ibre dökümü Eylül ayında en yüksek değere ulaşmakta, daha sonra azalmaktadır. Çkb3 ve Çkc1 meşcerelerinde ise en yüksek ibre dökümü 4 Temmuz-10 Ağustos döneminde bulunmuştur (Şekil 2).

Döküm bileşenleri ve toplam döküm miktarı ile meşcere ortalama çapı ve boyu, kabuklu gövde odunu hacmi ile ağaç bileşenleri arasındaki ilişkilerin değerlendirildiği korelasyon analizi sonuçları Çizelge 6'da gösterilmiştir. Dökülen dal miktarı ile çap, boy gövde odunu hacmi, yaş ve ağaç bileşenleri kütleleri arasında bir ilişki bulunamamıştır. Buna karşılık kozalak ve toplam döküm miktarı ilişkisi sorgulanan 11 parametre arasında $p < 0,05$ önem düzeyinde pozitif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Meşcere ortalama yaşı ile döküm arasındaki ilişkiler de diğer parametrelere nazaran daha zayıftır. Örnek alanlardaki toplam döküm miktarları meşcere parametreleri ile en yüksek korelasyon değerlerine sahiptir (Şekil 3).

3.3. Döküm bileşenlerinin karbon ve besin maddesi miktarları

Döküm bileşenlerinin karbon, potasyum, sodyum, mangan, çinko ve bakır içerikleri meşcere tiplerine göre farklılık göstermemektedir (Çizelge 7). Diğer olarak adlandırılan döküm bileşeninin azot, fosfor ve kükürt içerikleri varyans analizi sonuçlarına göre meşcere tiplerine göre önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Fosfor aynı zamanda ağaçlardan dökülen kabuklarda meşcere tiplerine göre anlamlı düzeyde değişim göstermektedir. Magnezyum ise dökülen dallardaki konsantrasyon açısından meşcere tipleri arasında farklıdır (Çizelge 7). Kalsiyum ve mangan içerikleri dökülen dallarda, karbon ve magnezyum içerikleri ibrelerde, azot, fosfor, potasyum, sodyum, kükürt, demir, çinko ve bakır içerikleri ise diğer olarak adlandırılan

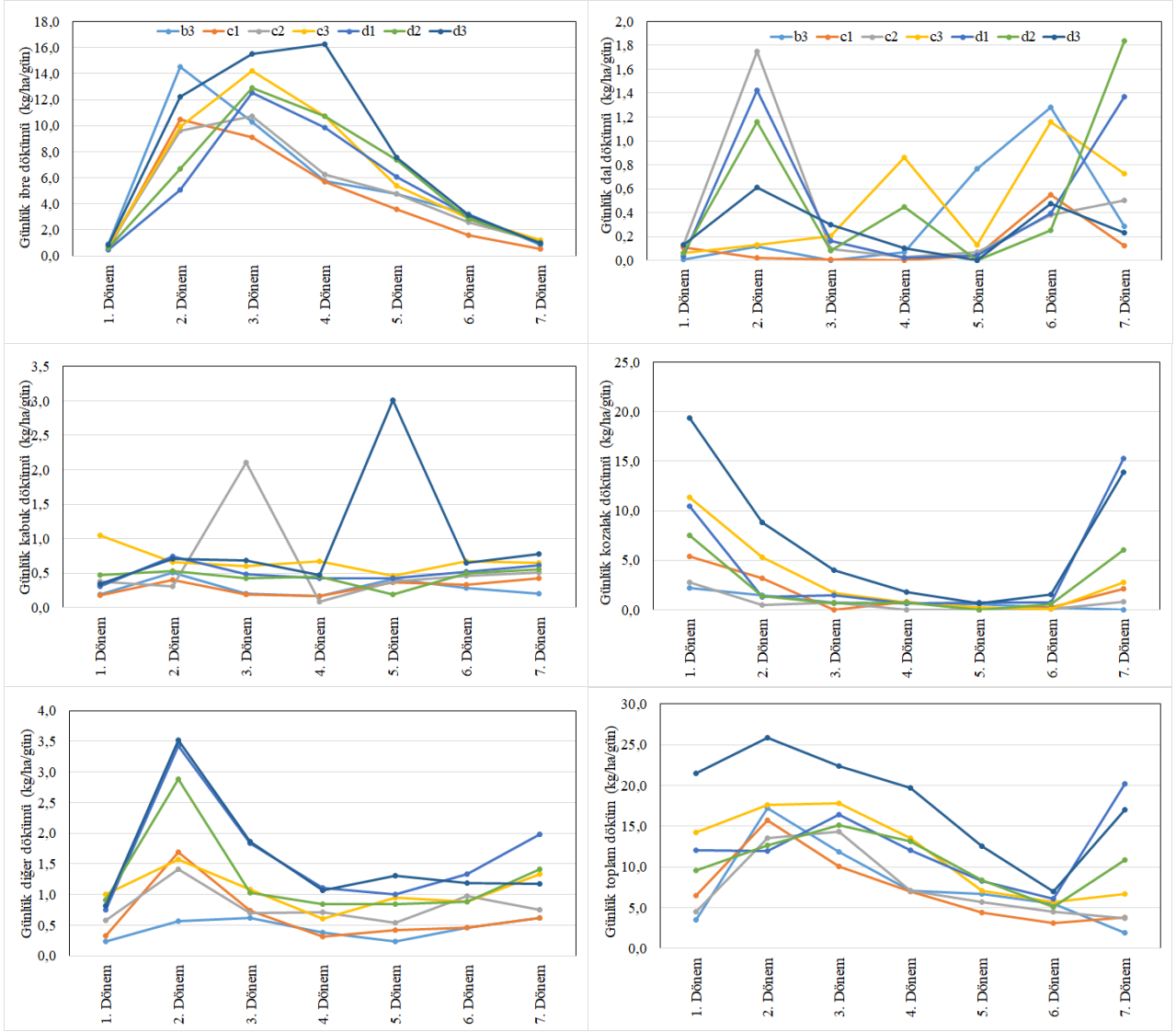
bileşenlerde bulunmuştur. Kabuk ve kozalaklarda ise genel olarak besin maddesi içerikleri düşüktür (Çizelge 7).

Çalışma alanında döküm ile orman ekosistemine yıllık olarak ortalama 1.744 kg/ha/yıl karbon girişi olmaktadır. Karbon girişinin % 54,2'si (945 kg/ha/yıl) ibre ve % 24,7'si (431 kg/ha/yıl) kozalak dökülmesiyle gerçekleşmektedir. Gelişim çağları arasında sadece kozalak, dal ile ekosisteme giren karbon miktarları arasında fark oluşmamıştır. Genel olarak b3, c1 ve c2 meşcerelerinde döküntülerdeki karbon miktarları daha düşüktür. Döküm ile karbon girişi en fazla d3 ve d1 meşcerelerinde bulunmuştur. d1 gelişim çağındaki meşcerelerde kozalaklarla giren karbon miktarı da yüksektir (Çizelge 8).

Döküm sonucunda toprağa ulaşan azot miktarı meşcereler yaşlandıkça artmakta olup, yıllık ortalama 10,11 kg/ha/yıl olarak bulunmuştur. Bu miktarın 4,67 kg/ha/yıl'ı ibre, 31,0 kg/ha/yıl'ı diğer materyallerin dökülmesiyle oluşmaktadır. İbre ve dal dökümlerinde meşcere tiplerine göre istatistiksel olarak fark yoktur. Ancak kabuk, kozalak ve diğer döküntülerle toplam döküntü yolu ile ölü örtüye ulaşan azot miktarları $p \leq 0,05$ önem düzeyinde meşcere tiplerine göre farklılık göstermektedir. d1 ve d3 meşcerelerinde döküntülerdeki azot miktarları daha yüksektir (Çizelge 8).

Tüm gelişim çağlarında döküm yolu ile gelen toplam fosfor miktarı 1,73 kg/ha/yıl kadardır. Genel olarak çapın ve kapalılığın artmasıyla döküntülerdeki fosfor miktarları artmaktadır. Bu artışlar ibre, kabuk, kozalak, diğer ver toplam döküntülerdeki fosfor miktarları için $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Fosfor bütün gelişim çağlarında en fazla ibre dökümünde bulunmaktadır. Döküm yoluyla gelen kozalak ve diğer bileşeninde fosfor miktarları birbirine yakın iken, dal ve kabuk fosfor konsantrasyonları düşüktür (Çizelge 8).

Döküm ile toprağa ulaşan toplam potasyum miktarı 10,41 kg/ha/yıl kadardır. Bunun 6,45 kg/ha/yıl'ı ibre ve 3,01 kg/ha/yıl'ı ise kozalaklarda bulunmaktadır. Döküntülerdeki potasyum miktarları dal haricinde meşcere gelişim çağları arasında istatistiksel olarak önemli farklar göstermektedir ($p < 0,05$) (Çizelge 8).

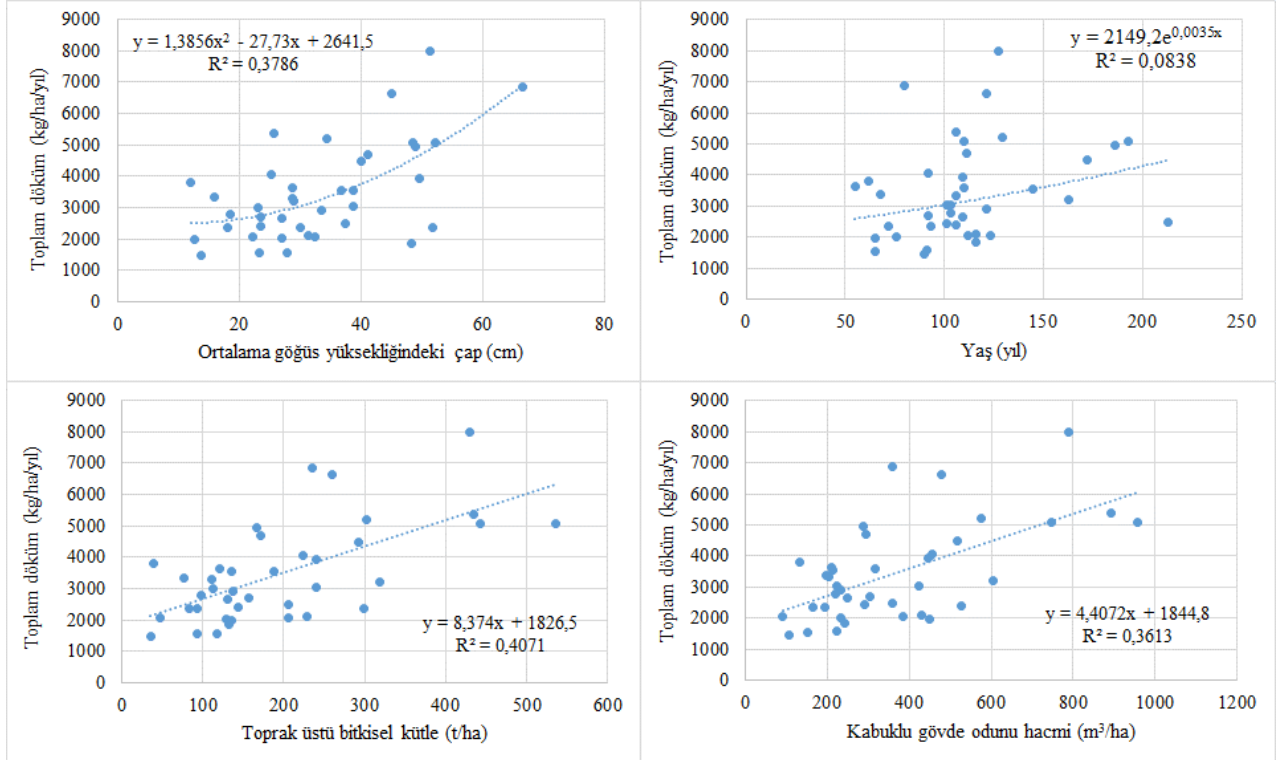


Şekil 2. Döküm bileşenlerinin farklı gelişim çağlarındaki günlük döküm miktarları (1. Dönem (44 gün) (03-04.07.2012); 2. Dönem (09-10.08.2012) (37 gün); 3. Dönem (20-21.09.2012) (42 gün); 4. Dönem (19-20.10.2012) (29 gün); 5. Dönem (28-29.11.2012); 6. Dönem (19-20.04.2013) (143 gün); 7. Dönem (31.05.2013-01.06.2013) (41 gün)

Çizelge 6. Türkmen Dağı doğal karaçam meşcerelerinde ölçülen çeşitli meşcere parametreleri ve ağaç bileşenleri kütlelerinin yıllık döküm miktarları ile ilişkilerine ait korelasyon analizi sonuçları (n=39)

Meşcere parametreleri	Yıllık döküm miktarları (kg/ha/yıl veya g/ha/yıl)					
	İbre	Dal	Kabuk	Kozalak	Diğer	Toplam
Ortalama çap (cm)	0,316*	-0,083	0,343*	0,584**	0,759**	0,590**
Ortalama boy (m)	0,329*	-0,027	0,338*	0,640**	0,634**	0,812**
Ortalama yaş	-0,055	-0,124	0,201	0,409**	0,265	0,634**
Gövde odunu hacmi (m ³)	0,352*	-0,001	0,379*	0,610**	0,542**	0,601**
İbre kütlesi (t/ha)	0,325*	-0,006	0,387*	0,397*	0,349*	0,440**
Canlı dal ibre kütlesi (t/ha)	0,378*	-0,046	0,431**	0,637**	0,663**	0,644**
Kuru dal kütlesi (t/ha)	0,331*	-0,050	0,432**	0,549**	0,530**	0,554**
Kabuk kütlesi (t/ha)	0,334*	0,008	0,401*	0,589**	0,535**	0,584**
Kabuksuz gövde kütlesi (t/ha)	0,355*	-0,005	0,407*	0,651**	0,603**	0,637**
Kabuklu gövde kütlesi (t/ha)	0,353*	-0,003	0,407*	0,644**	0,595**	0,631**
Toprak üstü kütle (t/ha)	0,363*	-0,016	0,421**	0,645**	0,614**	0,638**

*0,05 güven düzeyinde önemli; ** 0,01 güven düzeyinde önemli; *** 0,001 güven düzeyinde önemli



Şekil 3. Türkmen Dağı doğal karaçam meşcerelerinde toplam döküm miktarı ile ve ortalama göğüs yüksekliğindeki çap, meşcere yaşı, kabuklu gövde odunu hacmi ve topraküstü kütle arasındaki ilişki

Çalışma alanında karbondan sonra döküm ile toprağa ulaşan en yüksek miktardaki besin maddesi miktarı kalsiyumdur ve ortalama toplam miktar 25,73 kg/ha/yıl kadardır. Meşcere tipleri arasında sadece dal bileşenindeki kalsiyum miktarları arasında fark bulunamamıştır (Çizelge 8).

Makro besin maddelerinden olan kükürt de ölü örtüye en fazla ibrelerin dökülmesiyle ulaşmaktadır. Ölü örtüye döküm yoluyla ulaşan kükürt miktarı 5,99 kg/ha/yıl olup bunun 3,41 kg/ha/yıl kadarı ibre dökümü ile gerçekleşmektedir. İbreleri kozalak ve diğer döküntüler izlemektedir. Döküm bileşenleri ile ölü örtüye giren kükürt miktarları dal bileşeni hariç meşcere gelişim çağlarına göre farklılık göstermektedir ($p < 0,05$) (Çizelge 8).

Yıllık toplam döküm içindeki magnezyum miktarı 2,41 kg/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. İbre bileşenindeki magnezyum miktarı diğer bileşenlere göre yine daha yüksektir ($p < 0,05$). İbre, dal ve kabuk dökümü ile ölü örtüye ulaşan magnezyum miktarları meşcere tiplerine göre farklılık göstermezken, diğer döküm bileşenleri ve toplam dökümdeki magnezyum miktarları arasında önemli fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Mikro besin elementi olan sodyum, toplam döküm yolu ile ölüörtüye yıllık 307 g/ha/yıl geldiği ve bunun yarısı ibre dökümü ile gelmektedir. Sodyum miktarı sadece kozalak ve diğer olarak adlandırılan bileşenlerde meşcere tiplerine göre farklılık göstermektedir ($p < 0,05$) (Çizelge 8).

Toplam döküm yolu ile ölüörtüye ulaşan manganın (309 g/ha/yıl) %58'i (180 g/ha/yıl) ibre bileşeninde bulunmaktadır. Dökülen kozalaklardaki mangan miktarı da 60 g/ha/yıl kadardır. Diğer olarak adlandırılan materyallerde

genellikle besin maddesi içerikleri ibrelerden sonraki en yüksek değerlerken, mangan miktarı ise düşüktür. Kabuk, kozalak, diğer bileşenler ve toplam döküm ile ölü örtüye ulaşan besin maddesi miktarları meşcere tiplerine göre $p \leq 0,05$ önem düzeyinde farklıdır (Çizelge 8).

Döküm ile ölü örtüye katılan toplam çinko miktarı 139,7 g/ha/yıl olarak bulunmuştur. Dal ve kabuk dökümündeki çinko miktarları diğer döküntü bileşenlerine göre düşüktür. Meşcere tipleri arasında dökümle ölü örtüye ulaşan çinko miktarları açısından ibre ve dal dökümünde istatistiksel bir fark oluşmadığı belirlenmiştir (Çizelge 8).

Döküm sonucunda ölüörtüye ulaşan ve en düşük değere (63,1 g/ha/yıl) sahip element bakırdır. Dal ve kabuk dökümüyle ölü örtüye katılan bakır miktarları diğer döküm bileşenlerine göre oldukça düşüktür. İbre ve dal dökümlerindeki bakır miktarları meşcere tiplerine göre farklılık göstermezken, diğer bileşenlerdeki sodyum miktarları istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$) (Çizelge 8).

3.4. Döküm oranları

Ortalama olarak her yıl canlı ibrelerin %17'si dökülmektedir. Kabuk ve dalların ortalama döküm oranları ise sırasıyla 0,012/yıl ve 0,008/yıl olarak bulunmuştur. İbrelerde ve dallarda döküm oranları meşcere tiplerine göre farklılık göstermektedir. Nispeten daha genç Çkb3 meşcerelerinde ibre ve dal döküm oranları diğer meşcerelere göre yüksek bulunmuştur (Çizelge 9).

Çizelge 7. Türkmen Dağı doğal karaçam ormanlarında farklı gelişim çağlarında elde edilen döküm bileşenlerindeki karbon ve bazı bitki besin maddeleri içerikleri

Meşcere tipi	C (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	S (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
İbre												
Çkb3	50,17 ^a	0,17 ^a	392 ^a	3619 ^a	9078 ^a	697 ^a	104 ^a	1517 ^a	332 ^a	131 ^a	43 ^a	15 ^a
Çkc1	52,22 ^a	0,23 ^a	451 ^a	3732 ^a	6875 ^a	956 ^a	101 ^a	1762 ^a	340 ^a	116 ^a	42 ^a	13 ^a
Çkc2	51,51 ^a	0,27 ^a	444 ^a	3437 ^a	9164 ^a	739 ^a	102 ^a	1699 ^a	330 ^a	91 ^a	33 ^a	25 ^a
Çkc3	51,86 ^a	0,24 ^a	529 ^a	3719 ^a	7901 ^a	1100 ^a	96 ^a	1958 ^a	340 ^a	95 ^a	37 ^a	14 ^a
Çkd1	51,50 ^a	0,29 ^a	498 ^a	3136 ^a	8220 ^a	931 ^a	74 ^a	2032 ^a	359 ^a	81 ^a	36 ^a	22 ^a
Çkd2	52,62 ^a	0,24 ^a	454 ^a	3254 ^a	7686 ^a	1093 ^a	79 ^a	1662 ^a	339 ^a	67 ^a	42 ^a	11 ^a
Çkd3	51,36 ^a	0,27 ^a	582 ^a	3593 ^a	10319 ^a	790 ^a	59 ^a	2242 ^a	348 ^a	82 ^a	43 ^a	16 ^a
Ortalama	51,57	0,25	477	3496	8476	897	88	1835	341	95	39	17
Dal												
Çkb3	48,74 ^a	0,23 ^a	323 ^a	943 ^a	11382 ^a	280 ^a	124 ^a	1510 ^a	554 ^a	487 ^a	50 ^a	14 ^a
Çkc1	50,76 ^a	0,40 ^a	474 ^a	2276 ^a	13711 ^a	717 ^b	187 ^a	2316 ^a	759 ^a	286 ^a	69 ^a	18 ^a
Çkc2	50,76 ^a	0,42 ^a	514 ^a	2142 ^a	13847 ^a	484 ^{ab}	117 ^a	1715 ^a	608 ^a	194 ^a	41 ^a	32 ^a
Çkc3	49,88 ^a	0,47 ^a	462 ^a	2141 ^a	12970 ^a	593 ^b	132 ^a	1923 ^a	717 ^a	188 ^a	55 ^a	17 ^a
Çkd1	51,12 ^a	0,57 ^a	579 ^a	2407 ^a	12582 ^a	607 ^b	106 ^a	1872 ^a	538 ^a	212 ^a	54 ^a	31 ^a
Çkd2	51,68 ^a	0,55 ^a	596 ^a	3334 ^a	13851 ^a	670 ^b	111 ^a	2197 ^a	688 ^a	123 ^a	67 ^a	18 ^a
Çkd3	51,32 ^a	0,53 ^a	644 ^a	2975 ^a	15611 ^a	615 ^b	81 ^a	2169 ^a	628 ^a	320 ^a	64 ^a	23 ^a
Ortalama	50,61	0,46	513	2310	13399	566	122	1948	640	254	57	22
Kabuk												
Çkb3	48,11 ^a	0,15 ^a	241 ^a	814 ^a	13912 ^a	259 ^a	123 ^a	947 ^a	649 ^a	127 ^a	54 ^a	17 ^a
Çkc1	50,00 ^a	0,13 ^a	264 ^{ab}	1043 ^a	12868 ^a	308 ^a	113 ^a	1289 ^a	628 ^a	114 ^a	56 ^a	16 ^a
Çkc2	49,83 ^a	0,17 ^a	302 ^{abc}	864 ^a	14859 ^a	305 ^a	117 ^a	1365 ^a	661 ^a	73 ^a	43 ^a	20 ^a
Çkc3	49,68 ^a	0,14 ^a	268 ^{ab}	1130 ^a	11185 ^a	318 ^a	109 ^a	1408 ^a	622 ^a	59 ^a	43 ^a	15 ^a
Çkd1	50,40 ^a	0,20 ^a	335 ^c	1013 ^a	11644 ^a	422 ^a	109 ^a	1333 ^a	662 ^a	79 ^a	45 ^a	26 ^a
Çkd2	49,89 ^a	0,22 ^a	278 ^{abc}	1183 ^a	13775 ^a	393 ^a	117 ^a	1756 ^a	689 ^a	68 ^a	52 ^a	17 ^a
Çkd3	49,83 ^a	0,20 ^a	313 ^{bc}	984 ^a	13406 ^a	313 ^a	73 ^a	1793 ^a	651 ^a	125 ^a	46 ^a	21 ^a
Ortalama	49,66	0,17	286	999	13073	331	109	1397	651	91	48	19
Kozalak												
Çkb3	49,37 ^a	0,05 ^a	267 ^a	3055 ^a	1278 ^a	228 ^a	83 ^a	936 ^a	112 ^a	133 ^a	16 ^a	11 ^a
Çkc1	51,17 ^a	0,07 ^a	341 ^a	2953 ^a	1348 ^a	245 ^a	119 ^a	1233 ^a	108 ^a	79 ^a	18 ^a	14 ^a
Çkc2	52,41 ^a	0,38 ^a	727 ^a	2891 ^a	1949 ^a	304 ^a	56 ^a	1316 ^a	160 ^a	62 ^a	25 ^a	21 ^a
Çkc3	51,33 ^a	0,20 ^a	475 ^a	3619 ^a	1070 ^a	349 ^a	108 ^a	1371 ^a	96 ^a	52 ^a	20 ^a	16 ^a
Çkd1	50,99 ^a	0,27 ^a	442 ^a	3684 ^a	880 ^a	332 ^a	56 ^a	1157 ^a	108 ^a	55 ^a	19 ^a	25 ^a
Çkd2	49,48 ^a	0,10 ^a	336 ^a	3513 ^a	1647 ^a	364 ^a	75 ^a	1054 ^a	78 ^a	54 ^a	17 ^a	17 ^a
Çkd3	51,01 ^a	0,12 ^a	423 ^a	2955 ^a	1397 ^a	285 ^a	67 ^a	1281 ^a	140 ^a	75 ^a	16 ^a	19 ^a
Ortalama	50,88	0,18	439	3251	1362	303	80	1200	115	71	19	18
Diğer												
Çkb3	47,38 ^a	0,44 ^a	603 ^a	3138 ^a	9655 ^a	666 ^a	127 ^a	1336 ^a	881 ^a	54 ^a	98 ^a	16 ^a
Çkc1	49,82 ^a	0,60 ^{ab}	719 ^{ab}	3334 ^a	9638 ^a	795 ^a	101 ^a	1550 ^{ab}	871 ^a	28 ^a	112 ^a	30 ^a
Çkc2	47,30 ^a	0,73 ^{bc}	803 ^{abc}	3873 ^a	15207 ^a	773 ^a	169 ^a	2199 ^{bc}	923 ^a	38 ^a	79 ^a	26 ^a
Çkc3	47,53 ^a	0,74 ^{bc}	778 ^{abc}	4283 ^a	13205 ^a	879 ^a	126 ^a	1864 ^{ab}	942 ^a	23 ^a	88 ^a	20 ^a
Çkd1	49,13 ^a	0,97 ^d	1079 ^c	4184 ^a	7390 ^a	908 ^a	112 ^a	2766 ^c	808 ^a	20 ^a	88 ^a	30 ^a
Çkd2	51,41 ^a	0,85 ^{cd}	857 ^{abc}	5206 ^a	10161 ^a	935 ^a	141 ^a	2847 ^c	809 ^a	19 ^a	85 ^a	20 ^a
Çkd3	48,39 ^a	0,83 ^{cd}	996 ^{bc}	3274 ^a	11817 ^a	820 ^a	117 ^a	2055 ^{ab}	925 ^a	32 ^a	84 ^a	29 ^a
Ortalama	48,62	0,74	832	3896	11047	823	128	2083	881	31	90	24

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05)

Çizelge 8. Türkmen Dağı doğal karaçam ormanlarında farklı gelişim çağlarında dökümle ölü örtüye katılan karbon ve besin maddesi miktarları (ort.±SH)

Meşcere tipi	İbre	Dal	Karbon (kg/ha/yıl)				Toplam
			Kabuk	Kozalak	Diğer		
Çkb3	933±82 ^{ab}	115±76 ^a	51±8 ^a	124±39 ^a	81±17 ^a	1304±180 ^{ab}	
Çkc1	703±90 ^a	47±23 ^a	57±12 ^a	244±65 ^{ab}	110±29 ^{ab}	1161±138 ^a	
Çkc2	837±95 ^{ab}	75±29 ^a	111±44 ^{ab}	107±35 ^a	146±30 ^{ab}	1276±166 ^{ab}	
Çkc3	1031±57 ^{ab}	120±30 ^a	126±26 ^{ab}	458±168 ^b	179±42 ^{abc}	1914±252 ^{ab}	
Çkd1	904±186 ^{ab}	90±40 ^a	96±32 ^{abc}	676±171 ^{bc}	287±52 ^c	2053±390 ^{bc}	
Çkd2	985±60 ^{ab}	87±45 ^a	86±15 ^{ab}	385±119 ^{ab}	219±46 ^{bc}	1761±223 ^{ab}	
Çkd3	1241±227 ^b	63±29 ^a	163±37 ^b	1095±255 ^c	264±31 ^c	2826±366 ^c	
Ortalama	945±50	87±16	98±12	431±71	183±17	1744±125	
%	54,2	5,0	5,6	24,7	10,5	100,0	
Azot (kg/ha/yıl)							
Çkb3	3,12±0,30 ^a	0,49±0,32 ^a	0,16±0,05 ^a	0,37±0,15 ^a	0,77±0,23 ^a	4,92±0,69 ^a	
Çkc1	2,94±0,49 ^a	0,29±0,09 ^a	0,12±0,04 ^a	0,75±0,38 ^{ab}	1,52±0,58 ^{ab}	5,62±0,95 ^a	
Çkc2	4,35±0,64 ^a	0,49±0,16 ^a	0,40±0,20 ^{ab}	0,30±0,07 ^a	2,41±0,64 ^{abc}	7,96±0,94 ^{ab}	
Çkc3	4,79±0,35 ^a	1,26±0,48 ^a	0,28±0,09 ^{ab}	1,53±0,61 ^{abc}	2,92±0,79 ^{abc}	10,79±1,80 ^{ab}	
Çkd1	6,18±3,08 ^a	1,07±0,47 ^a	0,44±0,22 ^{ab}	2,59±0,88 ^c	6,01±1,55 ^d	16,29±5,85 ^b	
Çkd2	4,50±0,88 ^a	0,67±0,20 ^a	0,36±0,05 ^{ab}	1,20±0,28 ^{abc}	3,80±1,12 ^{bcd}	10,54±1,95 ^{ab}	
Çkd3	6,87±2,00 ^a	0,74±0,40 ^a	0,68±0,24 ^b	1,93±1,12 ^{bc}	4,56±0,63 ^{cd}	14,78±2,19 ^b	
Ortalama	4,67±0,56	0,73±0,13	0,35±0,06	1,23±23	3,13±0,42	10,11±1,16	
%	46,2	7,2	3,4	12,2	31,0	100,0	

Çizelge 8. Devamı

Meşcere tipi	İbre	Dal	Kabuk	Kozalak	Diğer	Toplam
Fosfor (kg/ha/yıl)						
Çkb3	0,72±0,05 ^{ab}	0,06±0,04 ^a	0,03±0,004 ^a	0,07±0,02 ^a	0,11±0,04 ^a	0,99±0,11 ^a
Çkc1	0,60±0,08 ^a	0,04±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a	0,17±0,05 ^{abc}	0,18±0,07 ^{ab}	1,01±0,16 ^a
Çkc2	0,72±0,09 ^{ab}	0,05±0,02 ^a	0,07±0,03 ^{ab}	0,09±0,03 ^{ac}	0,25±0,05 ^{ab}	1,18±0,18 ^{ab}
Çkc3	1,07±0,17 ^{bc}	0,11±0,03 ^a	0,07±0,02 ^{ab}	0,51±0,28 ^{bc}	0,29±0,08 ^{abc}	2,06±0,49 ^{abc}
Çkd1	0,86±0,17 ^{ab}	0,09±0,04 ^a	0,06±0,02 ^{ab}	0,57±0,17 ^{cd}	0,65±0,17 ^d	2,24±0,50 ^{bc}
Çkd2	0,87±0,16 ^{ab}	0,08±0,03 ^a	0,05±0,01 ^{ab}	0,32±0,17 ^{abc}	0,35±0,06 ^{bcd}	1,66±0,39 ^{ab}
Çkd3	1,44±0,32 ^c	0,09±0,58 ^a	0,09±0,02 ^b	0,89±0,16 ^d	0,59±0,18 ^{cd}	3,11±0,51 ^c
Ortalama	0,89±0,07	0,07±0,01	0,06±0,01	0,37±0,07	0,34±0,05	1,73±0,17
%	51,4	4,3	3,3	21,1	19,9	100,0
Potasyum (kg/ha/yıl)						
Çkb3	6,69±0,56 ^{ab}	0,17±0,09 ^a	0,09±0,03 ^a	0,77±0,23 ^a	0,59±0,24 ^a	8,32±0,93 ^a
Çkc1	4,95±1,00 ^a	0,16±0,05 ^a	0,10±0,02 ^{ab}	1,49±0,43 ^{ab}	0,70±0,16 ^a	7,40±1,28 ^a
Çkc2	5,46±0,46 ^{ab}	0,19±0,07 ^a	0,22±0,11 ^{abc}	0,91±0,43 ^a	1,19±0,26 ^{ab}	7,97±1,03 ^a
Çkc3	7,47±0,70 ^{ab}	0,44±0,13 ^a	0,29±0,08 ^{bc}	3,78±1,62 ^{abc}	1,56±0,43 ^{abc}	13,55±2,46 ^{ab}
Çkd1	5,57±1,43 ^{ab}	0,31±0,13 ^a	0,17±0,05 ^{abc}	4,97±1,67 ^{bc}	2,35±0,50 ^c	13,38±2,93 ^{ab}
Çkd2	6,12±0,57 ^{ab}	0,44±0,20 ^a	0,20±0,02 ^{abc}	2,86±1,17 ^{abc}	2,01±0,16 ^{bc}	11,63±1,56 ^{ab}
Çkd3	8,97±2,19 ^b	0,48±0,36 ^a	0,31±0,07 ^c	6,58±1,63 ^c	1,77±0,23 ^{bc}	18,12±3,01 ^b
Ortalama	6,45±0,43	0,31±0,06	0,20±0,03	3,01±0,53	1,45±0,15	11,41±0,92
%	56,5	2,7	1,7	26,4	12,7	100,0
Kalsiyum (kg/ha/yıl)						
Çkb3	16,70±2,03 ^{bc}	2,76±2,08 ^a	1,44±0,29 ^a	0,33±0,12 ^a	1,49±0,24 ^a	22,72±4,11 ^a
Çkc1	9,02±1,15 ^a	1,22±0,57 ^a	1,47±0,30 ^a	0,63±0,18 ^a	2,22±0,82 ^a	14,56±1,63 ^a
Çkc2	14,75±1,87 ^{ab}	2,79±1,51 ^a	2,95±0,96 ^{ab}	0,34±0,12 ^a	5,45±1,93 ^{bc}	26,28±4,82 ^a
Çkc3	15,61±2,62 ^{ab}	3,53±1,12 ^a	0,72±0,16 ^{ab}	0,72±0,16 ^a	5,17±1,43 ^{bc}	27,73±4,10 ^{ab}
Çkd1	13,68±1,89 ^{ab}	2,17±0,97 ^a	2,04±0,49 ^a	1,34±0,51 ^a	4,09±0,59 ^{abc}	23,32±3,95 ^a
Çkd2	14,17±2,17 ^{ab}	2,68±1,63 ^a	2,21±0,28 ^{ab}	1,16±0,45 ^a	4,25±1,34 ^{abc}	24,47±3,66 ^a
Çkd3	25,54±5,75 ^c	1,66±0,55 ^a	4,68±1,32 ^b	3,31±1,06 ^b	6,39±1,10 ^c	41,58±7,32 ^b
Ortalama	15,59±1,18	2,45±0,49	2,47±0,29	1,07±0,22	4,14±0,49	25,73±1,94
%	60,6	9,5	9,6	4,2	16,1	100,0
Kükürt (kg/ha/yıl)						
Çkb3	2,71±0,25 ^a	0,26±0,17 ^a	0,10±0,02 ^a	0,24±0,08 ^a	0,22±0,04 ^a	3,54±0,25 ^a
Çkc1	2,35±0,36 ^a	0,22±0,13 ^a	0,14±0,03 ^a	0,71±0,31 ^{ab}	0,35±0,10 ^a	3,78±0,48 ^{ab}
Çkc2	2,85±0,53 ^a	0,21±0,07 ^a	0,35±0,19 ^{abc}	0,23±0,09 ^a	0,83±0,29 ^{ab}	4,46±0,73 ^{abc}
Çkc3	3,88±0,56 ^{ab}	0,48±0,16 ^a	0,35±0,08 ^{abc}	1,33±0,68 ^{ab}	0,77±0,21 ^{ab}	6,81±1,35 ^{bc}
Çkd1	3,62±0,94 ^{ab}	0,32±0,15 ^a	0,24±0,07 ^{ab}	1,59±0,48 ^{bc}	1,64±0,40 ^c	7,41±1,56 ^{cd}
Çkd2	3,13±0,33 ^a	0,37±0,22 ^a	0,30±0,05 ^{abc}	0,90±0,48 ^{ab}	1,26±0,34 ^{bc}	5,95±1,09 ^{abc}
Çkd3	5,47±1,10 ^b	0,31±0,19 ^a	0,52±0,08 ^c	2,89±0,79 ^c	1,11±0,13 ^{bc}	10,29±1,59 ^d
Ortalama	3,41±0,27	0,31±0,06	0,28±0,04	1,10±0,21	0,88±0,12	5,99±0,52
%	57,0	5,2	4,8	18,3	14,7	100,0
Magnezyum (kg/ha/yıl)						
Çkb3	1,31±0,16 ^a	0,04±0,02 ^a	0,03±0,01 ^a	0,06±0,03 ^a	0,12±0,03 ^a	1,56±0,11 ^a
Çkc1	1,27±0,24 ^a	0,06±0,03 ^a	0,03±0,01 ^a	0,11±0,02 ^{ab}	0,19±0,06 ^{ab}	1,66±0,26 ^{ab}
Çkc2	1,21±0,22 ^a	0,05±0,02 ^a	0,07±0,04 ^a	0,04±0,02 ^a	0,24±0,05 ^{abc}	1,61±0,27 ^{ab}
Çkc3	2,23±0,35 ^a	0,14±0,04 ^a	0,08±0,02 ^a	0,32±0,14 ^{bc}	0,33±0,08 ^{bcd}	3,10±0,50 ^c
Çkd1	1,61±0,34 ^a	0,10±0,04 ^a	0,08±0,03 ^a	0,44±0,11 ^{cd}	0,54±0,14 ^d	2,78±0,60 ^{abc}
Çkd2	2,08±0,30 ^a	0,11±0,06 ^a	0,07±0,01 ^a	0,30±0,11 ^{bc}	0,40±0,09 ^{bcd}	2,96±0,52 ^{bc}
Çkd3	2,04±0,65 ^a	0,09±0,05 ^a	0,09±0,01 ^a	0,63±0,18 ^d	0,47±0,09 ^{cd}	3,31±0,73 ^c
Ortalama	1,67±0,14	0,08±0,01	0,06±0,01	0,27±0,05	0,32±0,04	2,41±0,20
%	69,4	3,4	2,5	11,3	13,4	100,0
Sodyum (g/ha/yıl)						
Çkb3	212±75 ^a	21±11 ^a	14±4 ^a	20±6 ^{ab}	23±6 ^{ab}	290±87 ^a
Çkc1	136±44 ^a	21±13 ^a	14±7 ^a	51±18 ^{ab}	21±4 ^a	243±56 ^a
Çkc2	164±41 ^a	14±4 ^a	29±18 ^a	10±4 ^a	35±6 ^{ab}	253±54 ^a
Çkc3	188±14 ^a	30±7 ^a	32±13 ^a	62±20 ^{ab}	61±22 ^{ab}	372±51 ^a
Çkd1	125±25 ^a	18±11 ^a	24±12 ^a	80±34 ^{bc}	65±17 ^b	311±81 ^a
Çkd2	149±35 ^a	17±8 ^a	19±3 ^a	46±10 ^{ab}	54±8 ^a	284±46 ^a
Çkd3	166±78 ^a	12±7 ^a	21±8 ^a	129±21 ^c	66±17 ^b	394±88 ^a
Ortalama	164±17	19±3	22±4	55±9	46±6	307±25
%	53,5	6,2	7,2	18,0	15,1	100,0
Demir (g/ha/yıl)						
Çkb3	619±83 ^{ab}	135±97 ^a	70±13 ^a	28±10 ^a	144±24 ^a	996±162 ^{ab}
Çkc1	458±62 ^a	66±27 ^a	72±15 ^a	50±12 ^{ab}	198±56 ^a	844±100 ^a
Çkc2	529±51 ^a	104±48 ^a	135±48 ^{ab}	19±5 ^a	306±82 ^{ab}	1093±135 ^{ab}
Çkc3	679±51 ^{ab}	189±63 ^a	151±24 ^{ab}	95±40 ^{ab}	371±98 ^{ab}	1486±199 ^{bc}
Çkd1	624±121 ^{ab}	97±56 ^a	125±46 ^{ab}	159±66 ^b	470±98 ^b	1474±312 ^{bc}
Çkd2	638±61 ^{ab}	118±62 ^a	116±15 ^{ab}	56±13 ^{ab}	359±105 ^{ab}	1286±187 ^{abc}
Çkd3	869±200 ^b	73±24 ^a	209±48 ^b	289±78 ^c	504±61 ^b	1943±215 ^c
Ortalama	629±39	114±22	125±14	97±20	335±34	1299±88
%	48,3	8,8	9,6	7,5	25,8	100,0

Çizelge 8. Devamı

Meşcere tipi	İbre	Dal	Kabuk	Kozalak	Diğer	Toplam
Mangan (g/ha/yıl)						
Çkb3	253±76 ^a	73±33 ^a	15±6 ^a	35±11 ^{ab}	8±1 ^{ab}	384±92 ^{ab}
Çkc1	168±60 ^a	29±14 ^a	14±4 ^a	47±21 ^{ab}	7±4 ^a	265±87 ^{ab}
Çkc2	152±30 ^a	36±16 ^a	16±5 ^a	13±6 ^a	14±5 ^{ab}	231±44 ^{ab}
Çkc3	193±44 ^a	49±17 ^a	17±6 ^a	53±19 ^{ab}	9±3 ^{ab}	322±70 ^{ab}
Çkd1	139±32 ^a	34±19 ^a	14±5 ^a	78±27 ^b	12±4 ^{ab}	277±75 ^{ab}
Çkd2	131±51 ^a	14±5 ^a	11±3 ^a	40±11 ^{ab}	7±1 ^{ab}	204±57 ^a
Çkd3	218±73 ^a	34±7 ^a	47±17 ^b	169±43 ^c	17±4 ^b	485±104 ^b
Ortalama	180±20	40±7	19±3	60±11	11±1	309±30
%	58,1	12,8	6,1	19,5	3,5	100,0
Çinko (g/ha/yıl)						
Çkb3	82,9±21,2 ^a	8,5±4,8 ^a	5,7±1,3 ^a	4,3±1,6 ^{ab}	15,9±4,1 ^a	117,4±26,7 ^a
Çkc1	58,3±11,3 ^a	6,7±3,3 ^a	6,2±1,2 ^{ab}	9,2±2,9 ^{abc}	23,9±5,4 ^{ab}	104,3±15,4 ^a
Çkc2	53,7±8,1 ^a	5,5±1,9 ^a	8,2±2,8 ^{ab}	2,7±0,9 ^a	24,8±5,6 ^{ab}	94,9±13,6 ^a
Çkc3	76,4±18,0 ^a	12,7±3,6 ^a	11,9±3,4 ^{ab}	18,2±6,9 ^{bcd}	37,0±11,2 ^{ab}	156,2±37,8 ^{ab}
Çkd1	58,5±7,9 ^a	7,0±3,1 ^a	7,8±2,1 ^{ab}	26,8±8,5 ^{cd}	51,5±11,7 ^b	151,6±23,2 ^{ab}
Çkd2	80,1±14,4 ^a	10,6±5,6 ^a	8,8±1,4 ^{ab}	15,1±5,8 ^{abc}	35,9±7,3 ^{ab}	150,5±27,7 ^{ab}
Çkd3	108,9±29,2 ^a	8,5±4,2 ^a	13,4±2,8 ^b	32,2±3,7 ^d	47,6±9,5 ^b	210,6±42,3 ^b
Ortalama	73,5±6,5	8,5±1,4	8,8±0,9	15,2±2,4	33,6±3,5	139,7±11,4
%	52,6	6,1	6,3	10,9	24,1	100,0
Bakır (g/ha/yıl)						
Çkb3	25,0±7,7 ^a	4,6±3,8 ^a	1,5±0,5 ^a	2,5±1,6 ^a	2,1±0,6 ^a	35,7±12,7 ^a
Çkc1	17,2±9,0 ^a	1,0±0,3 ^a	1,9±0,8 ^a	5,6±2,5 ^a	9,7±6,1 ^{ab}	35,3±16,5 ^a
Çkc2	36,8±3,6 ^a	4,7±1,7 ^a	4,0±1,1 ^{ab}	4,2±1,8 ^a	9,1±2,9 ^{ab}	58,9±6,9 ^{ab}
Çkc3	26,1±7,6 ^a	4,9±2,0 ^a	3,0±0,6 ^{ab}	15,1±9,6 ^{ab}	6,5±1,9 ^{ab}	55,5±19,4 ^{ab}
Çkd1	40,6±12,1 ^a	5,6±2,6 ^a	5,0±1,8 ^{ab}	30,9±9,7 ^{bc}	18,3±4,4 ^b	100,4±26,6 ^b
Çkd2	22,6±8,2 ^a	2,0±0,6 ^a	3,2±1,1 ^{ab}	13,1±6,7 ^{ab}	9,9±4,2 ^{ab}	50,7±19,8 ^{ab}
Çkd3	33,9±9,1 ^a	2,3±0,7 ^a	6,7±1,9 ^b	46,5±16,8 ^c	15,9±3,5 ^b	105,4±29,2 ^b
Ortalama	29,2±3,2	3,7±0,8	3,6±0,5	16,5±3,8	10,1±1,5	63,1±8,0
%	46,3	5,9	5,7	26,1	16,0	100,0

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05)

Çizelge 9. Türkmen Dağı doğal karaçam meşcerelerinde yıllık döküm oranı değerleri (ort±SH)

Meşcere tipi	İbre	Dal	Kabuk
Çkb3	0,251±0,053 ^b	0,034±0,026 ^b	0,013±0,003 ^a
Çkc1	0,183±0,029 ^{ab}	0,005±0,004 ^{ab}	0,012±0,003 ^a
Çkc2	0,133±0,021 ^a	0,003±0,001 ^{ab}	0,015±0,008 ^a
Çkc3	0,136±0,014 ^{ab}	0,006±0,002 ^{ab}	0,012±0,002 ^a
Çkd1	0,188±0,032 ^{ab}	0,003±0,001 ^a	0,013±0,004 ^a
Çkd2	0,140±0,009 ^{ab}	0,003±0,002 ^a	0,008±0,001 ^a
Çkd3	0,155±0,029 ^{ab}	0,002±0,001 ^{ab}	0,011±0,003 ^a
Ortalama	0,170±0,013	0,008±0,004	0,012±0,001

Sütunlarda aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel önemde fark bulunmamaktadır (p>0,05)

4. Tartışma ve sonuç

Ülkemizde ve dünyada karaçam ormanlarında yürütülen döküm çalışmaları çok fazla değildir. Ülkemizde Toros Dağlarında gerçekleştirilen bir çalışmada karaçamlardaki toplam döküm miktarı 115,5 t/ha/yıl olarak verilmiştir (Taşkınsu-Meydan vd., 2010). Ancak yazarlar tarafından verilen bu değer oldukça yüksek olduğu ve bu nedenle hatalı olabileceği düşünülmektedir. Nitekim gerek karaçam türünde gerekse diğer türlerde yapılan çalışmalarda yıllık toplam döküm miktarlarının çok daha düşük olduğu görülmektedir. Örneğin De Marco vd. (2010) tarafından İtalya'daki karaçam ormanlarında toplam döküm miktarı 5.234 kg/ha/yıl olarak verilmiştir. Ülkemizde ise Belgrad Ormanında karaçam ağaçlandırmalarında yıllık ortalama döküm miktarı 4.525 kg/ha/yıl olarak hesaplanmıştır (Irmak ve Çepel, 1968). Çankırı'daki karaçam ağaçlandırmalarında ab gelişim çağında 4.814 kg/ha/yıl, b gelişim çağında 3.578 kg/ha/yıl ve c gelişim yılında 3.882 kg/ha/yıl toplam döküm olduğu belirlenmiştir (Çakır vd., 2019). Doğal karaçam ormanlarında belirlediğimiz yıllık toplam 3.449 kg/ha/yıl

döküm miktarları bu araştırmalarla paralellik göstermektedir. Ülkemizde karaçam haricindeki bazı türlerde de yıllık dökümler belirlenmiştir. Tüfekçioğlu vd. (2005) doğu ladini meşcerelerinde toplam yıllık dökümün 6.428 kg/ha olduğunu bildirmektedir. Çakıroğlu (2011) Uludağ göknarı meşcerelerinde 2.935 kg/ha/yıl toplam döküm olduğunu açıklamaktadır. Yine ülkemizdeki sarıçam ormanlarında gerçekleştirilen bir diğer çalışmada da ortalama toplam dökümün 1.389 ile 4.488 kg/ha/yıl arasında değiştiği ortaya konmuştur (Çömez vd., 2019). Erkan vd. (2018) Antalya'daki kızılçam meşcerelerinde ortalama toplam dökümün 2.937 kg/ha/yıl olduğunu raporlamıştır. Toplam dökümün daha az ölçüldüğü araştırmalar da bulunmaktadır. Örneğin Starr vd. (2005) toplam dökümün Finlandiya'da kuzey enlemlerdeki sarıçam ormanlarında 320 kg/ha/yıl ve güney enlemlerdeki sarıçam ormanlarında 2.300 kg/ha/yıl arasında olduğu bildirilmektedir (Pausas, 1997).

Ağaçlardan dökülen materyallerin miktarı meşcere özelliklerine (ağaçların yaşı, çap ve boyu, sıklık ve kapalılığı, saf ya da karışık olması), iklim özelliklerine (kuraklık, rüzgâr ve fırtına, don zararı vb.), toprak özelliklerine (toprakların su tutma kapasitesi, besin maddesi durumu, reaksiyonu vb.), mevsime ve uygulanan silvikültürel yöntemlere göre değişmektedir (Negash ve Starr, 2013). Çalışmamızda da dökümlerin meşcere gelişim çağlarına göre değiştiği bulunmuştur. Genel olarak kapalılık arttıkça ve ağaçlar yaşlandıkça döküm miktarları artmaktadır. Bu durum beklenen bir sonuçtur. Zira ağaçların tepe taçlarının gelişmesi, kapalılığın artması ile birlikte ağaçlardan dökülen organik madde miktarı da artmaktadır. Kapalılık arttıkça özellikle alt dallardaki ibreler ışsızlıktan dolayı, dallar da doğal dal budanması nedeniyle dökülmektedir. Özellikle yaşlı meşcerelerde (d gelişim

çağında) gerek ağaçların biyolojisi gerekse uygulanan silvikültürel yöntemlerin tepe tacı gelişimini ve kozalak miktarını artırıcı yönde olması nedeniyle toplam döküm içindeki kozalak ve üreme organlarının payını arttırmaktadır. Sündiken Dağlarındaki sarıçam ormanlarında gerçekleştirilen bir araştırmada da toplam dökümün meşcere tiplerine göre değiştiği en fazla c3 ve d3 gelişim çağındaki meşcerelerde olduğu ortaya konmuştur (Çömez vd., 2019). Ancak Çakır vd. (2019) tarafından ab gelişim çağındaki karaçam ağaçlandırmalarındaki yıllık döküm miktarını b ve c gelişim çağılarından daha yüksek bulmuştur. Yazarlar bu durumu genç ağaçlandırmalarda bakım kesimlerinin yapılmamasına ve bu nedenle ağaç sayısının, dolayısıyla sıklığı fazla olmasına bağlamaktadır.

Ağaç bileşenlerinin toplam döküme katılma oranları meşcere tiplerine göre değişmekle birlikte ortalama olarak toplam döküm içinde % 53 ile ibreler en yüksek orana sahiptir. İbreleri kozalaklar, diğer döküntüler kabuk ve dallar izlemektedir. Döküm ile ilgili yapılan çalışmalarda da toplam döküm içinde ibre/yaprakların miktarının diğer bileşenlerden fazla olduğu belirlenmiştir. Örneğin Finlandiya'daki sarıçam ormanlarında toplam döküm içindeki ibrelerin payının %45-60 arasında değiştiği açıklanmaktadır (Pausas, 1997). Çakır vd. (2019) ise ab gelişim çağındaki karaçam ağaçlandırmalarında ibre dökümünün toplam dökümün %76'sını oluşturduğunu, b ve c gelişim çağılarında ise bu oranın sırasıyla %57 ve %55 olduğunu açıklamaktadır. Ancak yukarıda da açıklandığı üzere bu durum ab gelişim çağından oldukça sık olmasından kaynaklanmaktadır. Ülkemizdeki doğu ladin meşcerelerinde ise dökülen ibrelerin toplam dökümün %44'ünü oluşturduğu ortaya konmuştur (Tüfekçioğlu vd., 2005).

Çalışmada döküm bileşenlerinin (ibre, dal, kabuk, kozalak ve diğer) karbon ve çeşitli makro/mikro element konsantrasyonları da incelenmiştir. Döküm bileşenlerinin karbon, potasyum, sodyum, mangan, çinko ve bakır içerikleri meşcere tiplerine göre farklılık göstermezken, diğer olarak adlandırılan döküntülerin azot, fosfor ve kükürt içerikleri ile dal döküntülerinde magnezyum ve kabuk döküntülerinde fosforun meşcere tiplerine göre değiştiği belirlenmiştir.

Döküm ile ölü örtüye önemli miktarda karbon girişi olduğu belirlenmiştir. Döküm yolu ile gelen ortalama karbon miktarı 1.744 kg/ha/yıl iken kapalılığı düşük olan c1 meşcerelerinde 1.161 kg/ha/yıl'a düşmekte, daha kalın ağaçların bulunduğu ve kapalılığın yüksek olduğu d3 meşcerelerinde 2.826 kg/ha/yıl'a yükselmektedir. Benzer çalışmalarda da dökümdeki karbon miktarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Örneğin Çakır vd. (2019) karaçam ağaçlandırmalarında toplam dökümün 1.868-2.459 kgC/ha/yıl kadar karbon içerdiğini belirtmektedirler. Lado-Monserrat vd. (2016) Halep çamı (*Pinus halepensis* Mill) ormanlarında 1.377 kgC/ha/yıl, Kim vd. (2011) *Larix leptolepis* ağaçlandırmalarında 1.085 kgC/ha/yıl, Kim vd. (2010) *Pinus densiflora* ağaçlandırmalarında 1.976 kgC/ha/yıl, Çömez vd. (2019) sarıçam ormanlarında 714 kgC/ha/yıl ile 2.285 kgC/ha/yıl arasında değişen miktarlarda topraklara karbon girişi olduğunu raporlamaktadırlar. Çalışmamızdaki sonuçlar söz konusu araştırmalara paralellik göstermektedir.

Karbonun sonra en fazla girdinin en önemli besin maddeleri olan N, P, K yerine 25,73 kg/ha/yıl ile kalsiyum elementinde olması ilginçtir. Bu durum çalışma alanının

anakaya ve toprak özelliklerinden kaynaklanabilir. Zira çalışma alanında anakaya olarak riyolit ve dasitler bulunmaktadır. Bunlardan dasit anakayasında plajyoklaslar bulunmaktadır ve plajyoklaslar kalsiyum içermektedir (Kantarci, 2000). Nitekim Lado-Monserrat vd. (2016) Halep çamı ormanlarında benzer bir sonuca ulaşmışlardır. Çalışmada aralanmamış meşcerelerde döküm ile birlikte ölü örtüye 24,30 kg/ha/yıl kalsiyum girişi olduğu, bu durumun kireçtaşı anakayasından kaynaklandığı açıklanmıştır. Çakır vd. (2019) tarafından karaçam ağaçlandırmalarında toplam döküm ile 14,76 kg/ha/yıl ile 21,16 kg/ha/yıl kadar bir kalsiyumun ölü örtüye ulaştığı raporlanmıştır. Söz konusu çalışma az kireçli ve jips anakayasından oluşmuş topraklarda yürütülmüştür. Ancak yazarlar döküm ile ölü örtüye ulaşan Ca miktarının kaynağının anakaya mı yoksa başka bir ekolojik etken mi olduğunu irdelememişlerdir. Yağışın fazla olduğu ve toprakların yıkandığı Karadeniz bölgesindeki doğu ladin meşcerelerinde toplam döküm ile ölü örtüye ulaşan Ca miktarının 12,1 kg/ha/yıl olduğu belirlenmiştir (Tüfekçioğlu vd., 2005).

Çalışmamızda döküm ile ölü örtüye giren ortalama potasyum miktarı 11,41 kg/ha/yıl olarak hesaplanmış olup, bu değer de azot ve fosfor miktarlarından yüksektir. Çakır vd. (2019) karaçam ağaçlandırmalarında döküm ile 6,94-10,30 kg/ha/yıl arasında potasyumun ölü örtüye ulaştığını belirtmektedirler.

En önemli bitki besin maddesi olan azotun döküm ile yıllık 10,1 kg/ha kadar ölü örtüye ulaştığı tespit edilmiştir. Döküm ile ölü örtüye ulaşan azot miktarları karaçam ağaçlandırmalarında 55,9-71,9 kg/ha/yıl, doğu ladininde 19,6 kg/ha/yıl (Tüfekçioğlu vd., 2005), Halep çamı ormanlarında 15,6 kg/ha/yıl (Lado-Monserrat vd., 2016), saçlı meşe ormanlarında 42,70 kg/ha/yıl (Kutbay ve Horuz, 2001), *Larix leptolepis* ağaçlandırmalarında 15,6 kg/ha/yıl (Kim vd., 2011), *Pinus densiflora* ağaçlandırmalarında 21,4 kg/ha/yıl (Kim vd., 2010) olarak verilmektedir. Sadece ibre döküntülerindeki azot miktarlarının hesaplandığı bazı çalışmalarda karaçam ağaçlandırmalarında 25,47-28,23 kg/ha/yıl (Irmak ve Çepel, 1968), kızılçam ormanlarında 4,23-6,57 kg/ha/yıl (Çepel vd., 1988), sarıçam ormanlarında 16,3-45,0 kg/ha/yıl (Dündar, 1988) arasında değiştiği raporlanmıştır. Çalışmamızda ibre dökümüyle ölü örtüye giren azot miktarları 2,94 ile 6,87 kg/ha/yıl arasındadır. Gerek toplam döküm gerekse ibre dökümündeki azot miktarları diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında bir miktar düşük olarak değerlendirilebilir. Azot oldukça hareketli bir element olup, bitki organlarında yer değiştirebilmektedir. Yine toprak ve iklim özelliklerine bağlı olarak ibrelerdeki miktarları yıldan yıla dahi değişebilmektedir. Özellikle yarı kurak alanlarda bitkilerdeki azot konsantrasyonları düşük olabilmektedir. Çalışma alanımızın yarı kurak iklim özelliklerine sahip Eskişehir ilinde yer alması bu duruma neden olmuş olabilir.

Diğer önemli bir besin maddesi olan fosforun toplam döküm içindeki miktarı 1,73 kg/ha/yıl kadardır. Bu miktar yukarıda değinilen, N, K ve Ca elementleri yanında S ve Mg miktarlarından da düşüktür. Benzer sonuç Irmak ve Çepel (1968), Tüfekçioğlu vd. (2005), Tu vd. (2014) ve Lado-Monserrat vd. (2016) tarafından da bulunmuştur.

Çalışmamızda ve yukarıda anılan benzer çalışmalarda görüldüğü üzere, döküm ile orman toprağı yüzeyine/özü örtüye önemli miktarlarda karbon ile makro ve mikro besin maddesi dönüşü sağlanmaktadır. Bu döngü ise, ekosistemde verimliliğin sürekliliğinin sağlanması bakımından büyük

önem taşımaktadır. Yıllık döküm ve bu dökümdeki besin maddesi miktarlarının ağaç türleri, kapalılık, sıklık, iklim, toprak özellikleri ile silvikültürel müdahalelere göre değişebildiği dikkate alındığında ekosistem verimliliğinin sağlanabilmesi için döküm ile ilgili daha fazla bilgiye ihtiyaç olduğu ortadadır. Ülkemizde döküm çalışmalarının yaklaşık 50 yıllık bir geçmişi olmasına rağmen sayılarının halen oldukça az olduğu söylenebilir. Üstelik döküm çalışmaları sadece verimlilik değil, orman ekosistemlerinin sağlığının ve iklim değişikliğinin izlenmesinde de kullanılmaktadır. Nitekim döküm ülkemizde de 2008 yılından bugüne kadar sürdürülen Orman Ekosistemlerinin İzlenmesi Programının Seviye II bölümünde ölçülmesi zorunlu olan parametrelerdendir (Tolunay vd., 2014).

Orman topraklarında depolanan karbon miktarının belirlenmesinde son yıllarda çeşitli modeller kullanılmaya başlanmıştır. Bu modellerin çoğunda yıllık olarak döküm ile toprağa ulaşan organik madde miktarının bilinmesi gereklidir. Bunun için de canlı ağaçlardaki bileşenlerin her yıl ne kadarının dökülerek ölü örtüye ulaştığını tahmin etmek için döküm oranı olarak adlandırılan katsayılar kullanılmaktadır. Bu katsayılar da ağaç bileşenleri kütlelerinin tahmin edildiği ve ölü örtü kapanları kurularak dökümün belirlendiği çalışmalar ile üretilmektedir. Çalışmamızda da bu şekilde ibre, dal ve kabuklar için döküm oranları belirlenmiştir. Ülkemizde daha önce döküm oranlarının belirlendiği araştırmalara rastlanmamıştır. Çalışmamızda yıllık ortalama döküm oranları ibrelerde 0,170, dallarda 0,008 ve kabuklarda 0,012 olarak belirlenmiştir. İbre döküm oranları Finlandiya'da kuzey enlemlerdeki çam ormanları için verilen 0,154 (NIR Finland, 2020) ve Kanada'da kullanılan CBM-CFS3 modelinde Atlantik Maritime ekolojik bölgesi için verilen 0,15 (Kull vd., 2019) değerinden bir miktar yüksektir. Ancak YASSO07 modelinde 0,2 (Liski vd., 2002) olarak kabul edilen ibre döküm oranından ise düşüktür. Çalışmamızda belirlenen dal döküm oranları Finlandiya Sera Gazları Ulusal Envanter Raporunda (NIR Finland, 2020) 0,02 olarak verilen orandan düşük, 0,0052 olarak verilen gövde odunu kabuklarının döküm oranından yüksektir. Kabuk döküm oranının yüksek olması çalışmamızda dal ve gövde odunu ayrımı yapılmamasından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmamızda çeşitli nedenlerle (hava şartları, araç bulunamaması vb.) döküm aylık olarak toplanamamıştır. Bu nedenle dökümün aylık değişimi belirlenememiştir. Ölü örtü dökümünün her ay düzenli olarak toplanması ile hangi aylarda hangi bileşenin daha fazla döküldüğü ortaya konulabilecektir. Bu bilgiler de uzun vadeli izlemeye dayalı çalışmalarda zamanından önce gerçekleşen dökümlerin tespiti, zengin tohum yıllarının belirlenmesi, çeşitli hastalıkların gözlenebilmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla gelecekte yapılacak döküm çalışmalarında bileşenlerin aylık olarak toplanması ve bir yıldan daha fazla sürdürülmesi ormanların sağlığının izlenmesi açısından yararlı olacaktır.

Sonuç olarak ülkemizde döküm ile ölü örtü/topraklara ulaşan karbon ve besin maddesi miktarları ile ağaç bileşenlerinin döküm oranlarının belirlenmesine yönelik araştırma sayısı oldukça azdır. Sunulan bu çalışma ile söz konusu eksiklik bir nebze de olsa giderilmeye çalışılmıştır. Ancak döküm çalışmalarının sayısının artırılmasının gerektiği de ortadadır. Döküm çalışmalarına ek olarak gerek orman ekosistemlerinin verimliliklerinin değerlendirilmesi,

gerekse orman topraklarında depolanan karbon miktarlarının tahmini için döküm bileşenlerinin ayrışma oranlarının, ince ve kalın köklerin ölmesi ile topraklara giren karbon ve besin maddesi miktarlarının ve bu köklerin ayrışma oranlarının belirlenmesine yönelik çalışmalara da ihtiyaç bulunmaktadır.

Açıklama

Bu çalışma Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü (Proje No: ESK-12.(6309)/2012-2014) ve İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Sekreterliği (Proje No: 37939) tarafından desteklenmiştir. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Toprak İlimi ve Ekoloji Programında sunulan "Türkmen Dağı Karaçam Meşcerelerinde İbre Dökümü İle Ekosisteme Giren Besin Maddesi Miktarları" başlıklı Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmıştır.

Kaynaklar

- Bray, J.R., Gorham, E., 1964. Litter production in forests of the world, *Advances in Ecological Research*, 2: 101-157.
- Berg, B., Staaf, H., 1981. Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter. *Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecological Bulletin*, 33: 163-178.
- 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): 185-200.
- Çakır, M., Akburak, S., Sargıncı, M., Tunç, T., 2019. Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinde Ölüörtü Ayrışması ile Mikroeklembacaklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK 3501 Projesi, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 2150572, Çankırı.
- 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.
- Çepel, N., Dündar, M., Özdemir, T., Neyişçi, T., 1988. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa geri verilen besin maddeleri miktarları. Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 194, s. 20, Ankara.
- 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: 1-14.
- De Marco, A., Esposito, F., Giordano, M., Vittozzi, P., De Santo, A.V., 2010. Litter production, soil organic matter Dynamics and microbial activity in two coeval forest stands on Mount Vesuvius. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 12, EGU2010-5929.
- Dündar, M., 1988. Aladağ'da (Bolu) bazı sarıçam meşcerelerinde yıllık yaprak dökümü miktarı ve bu yolla toprağa verilen azotun tespiti üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 38(1): 105-113.
- Erkan, N., Çömez, A., Aydın, A.C., Denli, Ö., 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.
- Güner, T., 2006. Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) sarıçam (*Pinus sylvestris* ssp. *hamata*) ormanlarının yükseltiye bağlı büyüme beslenme ilişkilerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- 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. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 18 (2): 53-76.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kalıpsız, A., 1994. İstatistik Yöntemler, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3835, Fakülte Yayın No: 427, İstanbul, 558 s.
- Kantarıcı, M.D., 2000. Toprak İlimi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Kim, C., Jeong, J., Cho, H.S., Son, Y., 2010. Carbon and nitrogen status of litterfall, litter decomposition and soil in even-aged larch, red pine and rigitaeda pine plantations. Journal of Plant Research, 123: 403-409.
- Kim, C., Jeong, J., Kim, J.S., 2011. Carbon and nitrogen inputs by litter fall in fertilized and unfertilized larch plantations. Forest Science and Technology, 7(1): 17-22.
- Kull, S.J., Rampley, G.J., Morken, S., Metsaranta, J., Neilson, E.T., Kurz, W.A., 2019. Operational-scale Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3) version 1.2: user's guide. Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Alberta, Canada.
- Kutbay, H.G., Horuz, A., 2001. Litter fall and nutrient return in *Quercus cerris* L. var. *cerris* forests in the Central Black Sea Region of Turkey. Pakistan Journal of Botany, 33(3): 293-303.
- 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: 203-214.
- Lee, J., Tolunay, D., Makineci, E., Çömez, A., Son, Y.M., Kim, R., Son, Y., 2016. Estimating the age-dependent changes in carbon stocks of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Turkey. Annals of Forest Science, 73(2): 523-531.
- Lee, J., Makineci, E., Tolunay, D., Son, Y., 2018. Estimating the effect of abandoning coppice management on carbon sequestration by oak forests in Turkey with a modeling approach. Science of The Total Environment, 640: 400-405.
- Lehmann, J., Schroth, G., 2003. Nutrient Leaching. Trees, Crops and Soil Fertility (Ed., Schroth, G., and Sinclair F.L.), CABI Publishing, Wallingford, pp. 151-166.
- Liski, J., Perruchoud, D., Karjalainen, T., 2002. Increasing carbon stocks in the forest soils of western Europe. Forest Ecology and Management, 169: 159-175.
- Negash, M., Starr, M., 2013. Litterfall production and associated carbon and nitrogen fluxes of seven woody species grown in indigenous agroforestry systems in the south-eastern Rift Valley escarpment of Ethiopia. Nutrient cycling in agroecosystems, 97: 29-41.
- NIR Finland, 2020. Greenhouse Gas Emissions in Finland 1990 to 2018. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol <https://unfccc.int/documents/219060>, Accessed: 22.04.2020.
- NIR Turkey, 2020. Turkish Greenhouse Gas Inventory 1990-2018. National Inventory Report for submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change <https://unfccc.int/documents/223580>, Accessed: 22.04.2020.
- Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1, 4. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 686 s.
- Özhan, S., 1977. Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etkenlere Göre Değişimi. Çelikkilt Matbaası, İstanbul.
- Pausas, J.G., 1997. Litterfall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. Journal of Vegetation Science, 8: 643-650.
- Pitman, R., Bastrup-Birk, A., Breda, N., Rautio, P., 2010. Sampling and Analysis of Litterfall. 16 pp. Part XIII. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg. https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2010/Manual_2010_Litter.pdf, Accessed: 22.04.2020.
- 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.
- Taşkınsu-Meydan, S., Evrendilek, F., Berberoğlu, S., Dönmez, C., 2010. Modeling above-ground litterfall in eastern Mediterranean conifer forests using fractional tree cover, and remotely sensed and ground data. Applied Vegetation Science, 13: 485-497.
- Tolunay, D., Öztürk, S., Gürlevik, N., Karakaş, A., Akkaş, M.E., Adıgüzel, U., Taşdemir, C., Aytar, F., 2014. Türkiye Ormanlarının Sağlık Durumu (2008-2012). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Zararlılarıyla Mücadele Dairesi Başkanlığı, ISBN No: 978-605-4610-44-0, Ankara.
- Tu, L.H., Hu, H.L., Hu, T.X., Zhang, J., Li, X.W., Liu, L., Xiao, Y.L., Chen, G., Li, R.H., 2014. Litterfall, litter decomposition, and nutrient dynamics in two subtropical bamboo plantations of China. Pedosphere, 24(1): 84-97.
- Tupek, B., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Peltoniemi, M., Ukonmaanaho, L., Hokkanen, T., Nöjd, P., Nevalainen, S., Lindgren, M., Lehtonen, A., 2015. Foliar turnover rates in Finland- comparing estimates from needle-cohort and litterfall-biomass methods. Boreal Environment Research, 20: 283-304.
- Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S., Küçük, M., 2005. Artvin Genya Dağı doğu ladini meşcerelerinde kök kütlesi, yıllık ibre dökümü ve toprak solunumu miktarlarının değişimleri. Ladin Sempozyumu, 20-22 Ekim, Trabzon, s. 123-129.
- 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, https://www.icp-forests.org/pdf/manual/2016/ICP_Manual_2016_01_part13.pdf, Accessed: 22.04.2020.
- Ukonmaanaho, L., Merilä, P., Nöjd, P., Nieminen, T.M., 2008. Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland. Boreal Environment Research, 13: 67-91.