

# Karacabey Subasar Ormanı Dişbudak Meşcerelerinde Yıllık Döküm Miktarı ve Bu Yolla Ekosisteme Giren Karbon ve Besin Maddesi

Temel SARIYILDIZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 12.02.2024

Kabul: 06.05.2024

Yayın: 15.08.2024

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Bu çalışmanın temel amacı, Bursa Karacabey kıyusal subasar ormanlarında, iki farklı ortamdaki (subasar ve karasal) doğal dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) meşcerelerinin, c ( $d_{1,3}=20-35,9$  cm) ve d ( $d_{1,3}=36,0-51,9$  cm) gelişim çağlarında, ağaç bileşenlerinin (yaprak, dal, tohum ve diğer) yıllık döküm miktarı ve yıllık döküm ile ölü örtüye ulaşan karbon ve diğer makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementleri miktarlarını belirlemektir. Çalışma 2021, 2022 ve 2023 yıllarını kapsayacak şekilde yürütülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, çalışma alanında üç yıllık ortalama döküm miktarı, subasar ortamdaki “c” çağı meşcereleri için 8837 kg/ha/yıl, “d” çağı meşcereleri için 6384 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki “c” ve “d” çağı meşcereleri için bu değerler daha düşük olup sırasıyla 6793 ve 4737 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Toplam döküntüye, yaprak miktarının katkı oranı subasar ortamda c ve d çağı meşcerelerinde sırasıyla %38 ve %44 iken, bu oranlar karasal ortamda %34 ve %42 olarak belirlenmiştir. Döküntü miktarları meşcere tiplerine göre farklılık göstermiş ve genel olarak meşcere ortalama çapı arttıkça döküntü miktarları azalmıştır. Subasar ortamda, döküntü ile ekosisteme giren yıllık ortalama karbon ile diğer makro ve mikro besin maddesi miktarları, karasal ortamdan daha yüksek bulunmuştur. Örneğin, subasar ortamda c çağı meşcerelerinde C, N, P, K, Ca, Mg ve S girdileri sırasıyla 4377; 102; 20; 81; 218; 49 ve 41 kg/ha/yıl olarak hesaplanırken, karasal ortamda bu değerler sırasıyla 3352; 96; 16; 73; 227; 40 ve 35 kg/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Çalışma ile dişbudak orman ekosistemlerinde döküntü üretimi ve besin maddesi girişinin subasar ve karasal ortam ile meşcere gelişim çağlarına göre farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur. Çalışma sonunda elde edilen veriler, atmosferik karbondioksiti ve azotu tutma ve depolama konusundaki büyük kapasiteleri nedeniyle iklim değişikliğinin azaltılmasında önemli bir role sahip, subasar orman ekosistemlerinin karbon, azot ve besin dinamiklerini anlamaya ve modellemeye faydalı sayısal bilgiler sağlaması açısından önemlidir.

**Anahtar Kelimeler** – *Fraxinus angustifolia*, sulak alanlar, orman ekosistemi, organik karbon, makro ve mikro besinler

# Annual Litterfall and Carbon and Nutrient Inputs into Ash Tree Stands in Karacabey Forested Wetlands

<sup>1</sup> Bursa Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Bursa, Türkiye

## Article History

Received: 12.02.2024

Accepted: 06.05.2024

Published: 15.08.2024

## Research Article

**Abstract** – The amount of annual litterfall of tree components (leaves, branch, seed and other) and the amount of carbon and other macro (N, P, K, Ca, Mg and S) and micro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni and Co) reaching into the forest floor by litterfall were determined in natural ash tree stands (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) in relation to two different environments (floodplain and terrestrial) and two different development stages (c and d stands) in Bursa Karacabey coastal forested wetlands. The study was conducted to cover the years 2021, 2022 and 2023. According to the findings, the 3-year average litterfall amounts of the flood plain site were 8837 kg/ha/year for the “c” age stands and 6384 kg/ha/year for the “d” age stands, while in the terrestrial site, these values are lower for “c” and “d” stands as 6793 and 4737 kg/ha/year, respectively. The proportions of foliage in the total litterfall in c and d development stages were 38 and 44% in the floodplain sites respectively, while they were 34 and 42% in the terrestrial sites respectively. The amount of litterfall varied according to stand types, and as the average diameter of the stand increases, the amount of litterfall generally decreases. The annual average amount of carbon and other macro and micronutrients inputs into the ecosystem through the litterfall in the floodplain sites was found to be higher than in the terrestrial sites. For example, the amounts of annual C, N, P, K, Ca, Mg and S entering the ecosystem by litterfall in the floodplain sites were calculated as 4377; 102; 20; 81; 218; 49 and 41 kg/ha/year respectively, while in the terrestrial sites, they were 3352; 96; 16; 73; 227; 40 and 35 kg/ha/year respectively. The study has revealed that litterfall production and nutrient input into the ash forest ecosystems vary according to floodplain and terrestrial environment and stand development stages. The results in this study are important in terms of providing numerical data useful for understanding and modelling the carbon, nitrogen and other nutrient dynamics of forested wetland ecosystems, which hold significant potential for climate change mitigation owing to their large capacity to sequester atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and nitrogen.

**Keywords** – *Fraxinus angustifolia*, wetlands, forest ecosystems, organic carbon, macro and micro nutrients

<sup>1</sup>  temel.sariyildiz@btu.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Orman ekosistemlerinde ağaçların gelişim dönemleri boyunca, vejetasyon döneminde fotosentez ile ürettikleri toprak üstü organik bileşenlerinin (yaprak/ibre, dal, kabuk, kozalak, çiçek, tomurcuk vb.) ağaç öldüğünde ya da olumsuz çevre şartlarına bağlı olarak (rüzgar, fırtına, sıcaklık, orman zararlısı böcekler vd.) canlı haldeyken toprak yüzeyine ulaşması olayına döküm, toprak yüzeyine düşen organik bileşende döküntü olarak isimlendirilmektedir (Irmak, 1972). Orman ekosistemlerinde her yıl tekrarlanan döküm olayı sonucunda toprak yüzeyinde biriken organik madde yığınları ise ölü örtüyü meydana getirmektedir (Kantarci, 2000). Ölü örtü bulunduğu ekosistemlerde, toprak özelliklerinin iyileştirilmesi (infiltrasyon kapasitesini ve perkolasyonu arttırmakta, strüktür, tekstür vb. özellikleri), yağış suyunun düzenlenmesi, evaporasyonun azaltılması ve erozyonun önlenmesi, toprak yüzeyinin korunmasından, enerji transferi ve besin döngüsüne kadar ekosistemin sürdürülebilirliği ve sağlığında önemli roller üstlenmektedir (Karagül, 1990; Maguire, 1994). Orman ekosistemlerinde ölü örtüyü önemli kılan neden ise ölü örtünün orman ekosistemini oluşturan bitki topluluklarının (ağaçlar, çalılar ve otsular) yanında toprak canlılarının (makro-meso-mikroorganizmalar) besin maddesi (makro ve mikro besin elementleri) kaynağı olmasıdır. Ölü örtünün mineralizasyonu ile salıverilen ve ağaçların gelişimi için ihtiyaç duydukları toprak besin elementleri, topraktan bitki tarafından alındıktan sonra döküm ile tekrar ölü örtüye ve sonrasında toprağa ulaşmaktadır.

Son yıllarda, farklı orman ekosistemlerinde ölü örtü dinamiklerini (döküntü miktarı, ölü örtü miktarı, ayrışma oranları ve etkileyen faktörler) araştırmaya yönelik ulusal ve uluslararası çalışmaların sayılarının arttığı anlaşılmaktadır. Bunun en önemli nedeni, ölü örtü dinamiklerinin orman toprakları içinde depolanan karbon ve azot miktarını ve döngüsünü etkilemesidir (Heal ve ark., 1997; Aerts, 1997). Raich ve Schlesinger (1992) kökler dahil ölü örtü ayrışmasının yıllık toplam karbon akışının yaklaşık % 70' ini oluşturduğunu bildirmiştir. Bu değer yaklaşık olarak  $68 \times 10^{12} \text{ kg C yr}^{-1}$  civarındadır (Aerts, 1997).

Ölü örtü ayrışması üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, ölü örtünün ayrışması ve besin elementlerinin salıverilmesini etkileyen üç ana faktör bulunmaktadır. Bunlar; (1) ölü örtü ayrışmasının gerçekleştiği ortamın iklim özellikleri (özellikle sıcaklık ve yağış), (2) bu ortamda ayrışmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların ve toprak canlılarının sayısı, çeşidi ve aktifliği ve (3) ayrışan ölü örtünün kimyasal bileşenleridir (özellikle toplam karbon, azot, hemiselüloz, lignin ve besin elementleri konsantrasyonları yada bunların birbirine olan oranları C:N, lignin:N gibi) (Berg ve ark., 1993). Bunlara ek olarak, Berg ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada mikro besin elementlerin ayrışmada önemli bir yeri olduğunu ve son ayrışma safhasında örneğin, manganın (Mn) organik maddede ligninin parçalanmasında önemli rol oynadığını bildirmiştir.

Orman ekosistemlerinde ölü örtünün en önemli kaynağını döküm oluşturduğundan ve özellikle ölü örtünün miktarını ve kimyasal kalitesini etkilediğinden, orman ekosisteminde meydana gelen biyojeokimyasal olayların önemli bileşenlerinden sayılmaktadır (Pitman ve ark., 2010). Bu öneminden dolayı, farklı orman ekosistemlerinin yıllık döküm miktarını belirlemeye yönelik uluslararası çok sayıda araştırmaya rastlamak mümkündür. Türkiye'de, Belgrad Ormanında *Fagus orientalis*, *Quercus* sp. ve *Pinus nigra* meşcerelerinde Irmak ve Çepel (1968) tarafından yapılan çalışmanın konusunda ilk olduğu bildirilmektedir. Sonrasında Özhan (1997), Çepel ve ark. (1988), Dündar (1988), Kutbay ve Horuz (2001), Tüfekçioğlu ve ark. (2005), Çakıroğlu (2011), Çakır ve Akburak (2017), Erkan ve ark. (2018), Çömez ve ark. (2019), Koray ve Tolunay (2020) ve Kiracıoğlu ve ark. (2023) tarafından farklı orman ekosistemlerinde yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerinde döküntü miktarlarını belirlemeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Döküntü miktarının çeşitli faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği ulusal ve uluslararası çalışmalarda bildirilmiştir. Bu faktörlerden başlıcaları; (1) Ağaç türü, (2) Orman yaşı ile sıklık derecesi, (3) İklim- kısa veya uzun dönem iklimsel sapmalar, örneğin sıcaklık, yağış, fırtına, kırağı vb., (4) Toprak kalitesi ve (5) Çevresel faktörlerdeki kronik ya da aşırı değişimler, örneğin, hava kirleticilerinin veya deniz suyunun ağaçlar üzerine çökmesidir (Zhang ve ark., 2014; Krishna ve Mohan, 2017). Konu ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalardan anlaşıldığı üzere döküm ile ilgili çalışmalar daha çok karasal orman ekosistemlerinde yürütülmüştür. Oysa, biyoçeşitlilik bakımından ön plana çıkan ve dünya karbon stoğunun %8 kadarından sorumlu olduğu bildirilen

(Cseh, 2014; Sutfin ve ark., 2016) subasar ormanların döküm miktarı ve bu yolla ekosisteme kazandırılan karbon ve besin miktarı ile stokları konusunda çalışmaların oldukça sınırlı olduğu anlaşılmaktadır.

Yukarıda belirtilen döküntü miktarı üzerinde rol oynayan faktörlerin yanında, hidrolojinin ve su birikiminin (subasar ortamın) döküntü miktarı üzerinde etkili olduğuna dair literatürde sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır (Muzika ve ark., 1987; Tabacchi ve Planty-Tabacchi, 2003). Bilgimiz dahilinde, Türkiye subasar ormanlar üzerine ise konu ile ilgili yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Hidrolojinin özellikle dökülme zamanı üzerinde (şiddetli kuraklık şartlarında dökülme sürecini başlatarak) bir rol oynadığı bildirilmiştir (Lake, 1995; Rood ve ark., 2000). İspanya subasar ormanlık alanlarda (kavak, gürgen, dişbudak ve söğüt türlerinin baskın olduğu subasar orman alanlarında), Gonzalez (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, subasar ormanlarının yıllık toplam döküntü miktarının (ortalama 5630 kg/ha/yıl) Akdeniz ve İberya nehirlerinin kıyılarında yetişen ormanlardan (ortalama 5510 kg/ha/yıl) daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Fakat çalışmada, toplam döküm miktarına, yaprak katkı oranının (%57), dünya geneli nehir kıyısı orman ekosistemleri için bildirilen %70'den (Bray ve Gorham, 1964; Meentemeyer ve ark., 1982) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

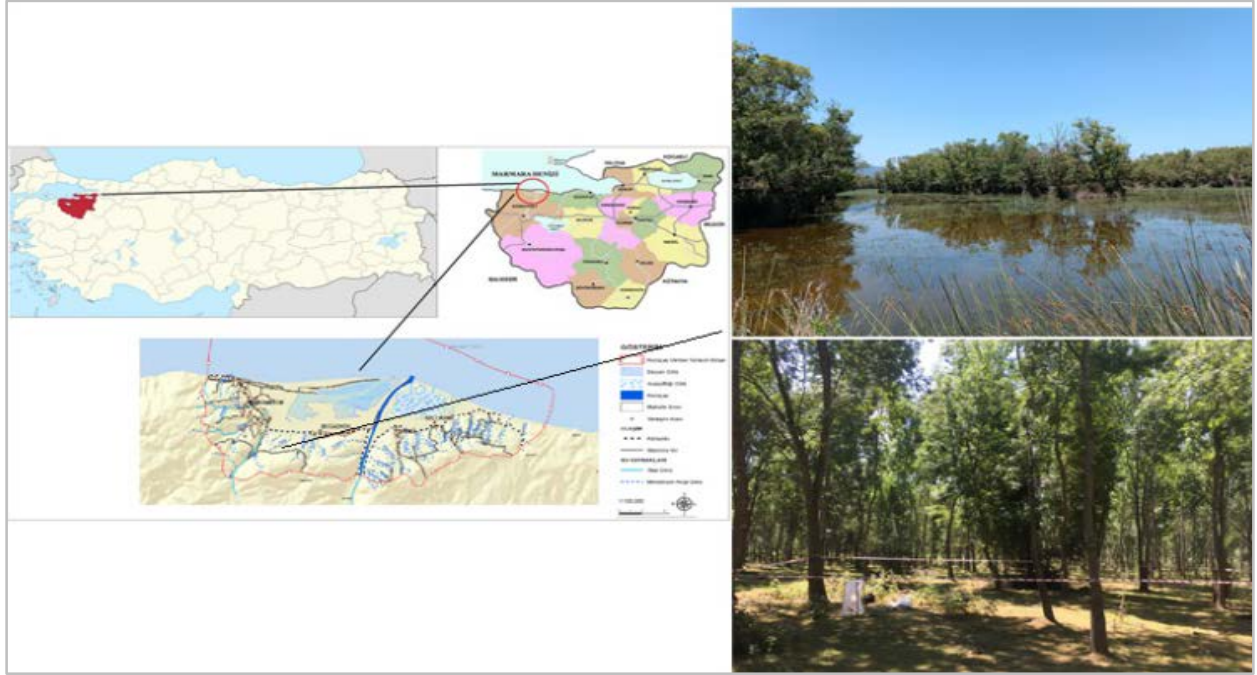
Çalışmanın amacı, Karacabey kıyasal subasar ormanlarında, iki farklı gelişim çağı (c ve d meşcereleri) ve iki farklı ortamdaki (subasar ve karasal) doğal dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) meşcerelerinin, ağaç bileşenlerinin (yaprak, dal, tohum ve diğer) yıllık döküm miktarı ve döküm ile ekosisteme giren karbon, makro (N, P, K, Ca, Mg ve S) ve mikro (Fe, Mn, Na, Cu, Zn, Cl, Ni ve Co) besin elementleri miktarları ile stoklarını ortaya koymaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı ve Meşcere Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışma, Bursa Karacabey Subasar (Longoz) doğal dişbudak ormanlarında gerçekleştirilmiştir, 40°23'38"-40°21'43" kuzey enlemleri ile 28°23'02"-28°52'21"-28°34'01" doğu boylamları (Şekil 1). Çalışma alanı konum itibariyle kuş uçuşu Karacabey ilçe merkezine 16 km, Mudanya ilçe merkezine 33 km, Bandırma ilçe merkezine 43 km, Bursa il merkezine 51 km uzaklıktadır. Karacabey iklimi, Akdeniz ikliminin, az da olsa Karadeniz iklimine geçiş özelliği gösteren şeklidir. Yıllık sıcaklık ortalamasının 13,2 °C olduğu bölgede, en yüksek sıcaklık değeri ağustos ayı için 38,5 °C, en düşük sıcaklık ise şubat ayı için -9,7 °C olarak bildirilmiştir. Karacabey' in yıllık yağış miktarı ortalama 562 mm dir.

Akay ve ark. (2017) tarafından orman amenajman haritası kullanılarak hazırlanmış detaylı arazi kullanım tipi haritasında, Karacabey Subasar ormanlarının toplam alanı yaklaşık 3800 ha olarak bildirilmiştir. Orman Genel Müdürlüğü'nün alana ait e-Meşcere Haritasında, geniş yapraklı ormanların çoğunluğunu dişbudak ve kızılğaç saf veya karışık meşcereleri oluşturmaktadır. Karacabey subasar ormanlarında arazi yüzey yapısı kendi içinde tepelik bir arazi yüzeyi oluşturması yanında denizden ve çevrede bulunan iki lagün gölünden (Dalyan ve Arapçiftliği lagünleri) beslenen subasar ormanlarında, suyun toprak yüzeyinde uzun dönem (9-10 ay) ve kısa dönem (2-3 ay) kaldığı alanlar bulunmaktadır. Çalışmada, suyun toprak yüzeyinde uzun dönem kaldığı alanlar subasar ortam, kısa süre kaldığı alanlar ise karasal ortam olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 1. Karacabey subasar ormanlarının konumu ve dişbudak çalışma sahası subasar ve karasal ortam görselleri

## 2.2. Çalışma Alanı Meşcere zelliklerinin Belirlenmesi

Deneme alanlarındaki tüm ağaçların ggs yüksekliğindeki ( $d_{1,30}$  cm) apları kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Dijital boy ölçer yardımıyla ağaçların toplam boyları belirlenmiştir. Ağaçlarının ortalama yaşı, deneme alanında seçilen tc farklı ağaçta artım burgusu kullanılarak yapılmış ve ölçümlerin ortalaması olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının meşcere kapalılığının belirlenmesinde meşcere haritasından yararlanılmış olup, arazide ağaçların toprak yüzeyini örtme durumları incelenerek ayrıca teyit edilmiştir.

## 2.3. Döküntünün Belirlenmesi ve Analizi

Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak ağaçlarından dökülen ve ölçü örtüye katılan miktar, araziye yerleştirilen ölçü örtü yakalama tuzakları yardımıyla aylık/yıllık olarak örneklenmiştir. Bu amaçla, 1 m yükseklikte, ıtadan yapılmış,  $0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^2$  alana sahip döküntü yakalama kapanları kullanılmıştır (Şekil 2). Her bir deneme alanına, beş adet kapan yerleştirilmiştir. Deneme alanlarına yerleştirilen ölçü örtü kapanlarına düşen ölçü örtü kısımlarının (yaprak, dal, tohum, diğer kısımları) rneklenmesi 2021, 2022 ve 2023 yıllarında yapılmıştır.





Şekil 2. Toprak yüzeyine dökülen ölü örtünün belirlenmesi amaçlı döküntü yakalama tuzakları sulak ve karasal ortamdaki dişbudak deneme alanlarına yerleştirilmiştir

Laboratuvara getirilen dökülen ölü örtü örnekleri etüvlerde 65 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Örneklerin yaş ve kuru ağırlıkları arasındaki farktan elde edilen nem değerleri kullanılarak dökülen ölü örtü bileşenlerinin kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Sonrasında, döküntü örneklerinin bir kısmı tüm bileşenler dahil (yaprak, ince dal, tohum, kabuk) birlikte öğütülmüş (karma örnek) ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Öğütülen örnekler, poşetlere konularak analize kadar buzdolabında muhafaza altına alınmıştır.

Birlikte öğütülen ölü örtünün karbon ve azot miktarı Eurovector EA3000-Single CNH-S elementer analiz cihazında, diğer makro ve mikro besin analizleri Spectro markalı Xepos II modeli olan XRF (X-Işını Floresans Spektrometresi) yardımıyla tayin edilmiştir.

## 2.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmada örnekleme alanlarından toplanan döküntü bileşenlerinin miktarı, karbon ve besin maddesi yoğunlukları, bu yolla ölü örtüye giren karbon ve besin maddesi stoku bakımından meşcere gelişim çağı (c ve d) ile yetişme ortamı (subasar ve karasal ortam) arasındaki farklılıklar ile döküntü miktarı bakımından örnekleme yılları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda anlamlı farklılıklar bulunması durumunda, ortalamaların karşılaştırılması Duncan testi ile yapılmıştır. İstatistik işlemler SPSS istatistik paket programı (IBM SPSS 20.0) kullanılarak yapılmıştır.

## 3. Bulgular

### 3.1. Çalışma Alanı Meşcere Özellikleri

Çalışma alanındaki subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerinin bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Subasar ortamda, örnekleme alanlarındaki dişbudak ağaçlarının ortalama yaşları 79 ile 83 yıl, boyları 15,5 m ile 17,1 metre ve çapları 33,5 cm ile 48,4 cm arasında belirlenirken, karasal ortamda, ortalama yaşları 68 ile 74 yıl, boyları 17,3 ile 20,4 m ve çapları 28,2 ile 37,9 cm olarak belirlenmiştir.

Tablo 1

Karasal ve subasar ortamda, c ve d çağında dişbudakta alınan deneme alanlarındaki örnek ağaçların ortalama çap, boy, yaş ve kapalılık değerleri.

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Çap (cm)	Boy (m)	Yaş (Yıl)	Tepe Kapalılığı
		Ort. ± S.S.	Ort.±S.S.	Ort.±S.S.	
Subasar ortam	Dşç3	33,5 ± 2,24	15,5 ± 1,42	79 ± 2,12	Kapalı ve tam kapalı 3 (%71 - %100)
	Dşd3	48,4 ± 3,56	17,1±1,16	83 ± 3,25	
Karasal ortam	Dşç3	28,2 ± 1,34	17,3 ± 0,54	68 ± 4,22	Kapalı ve tam kapalı 3 (%71 - %100)
	Dşd3	37,9 ± 1,26	20,4±2,26	74 ± 4,15	

### 3.2. Döküntü miktarı

Çalışma alanındaki subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcereler için belirlenen 2021-2022 ve 2023 yılları ile bu yıllara ait döküntü bileşenleri ortalama değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

2021, 2022 ve 2023 yılları arasında subasar ve karasal ortamda, c ve d meşcere gelişim çağlarında dişbudakta yıllık döküntü miktarı (kg/ha).

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Dökülme bileşenleri	Döküntü yılı ve miktarı (kg/ha)			
			Ort.±S.S.			
			2021	2022	2023	Ortalama
Subasar ortam	Dşç3	Yaprak	3149dB±276	4137cC±356	2670cA±132	3319dB±244
		Dal	1884cAB±113	2232cC±89	1770cA±65	1962bB±38
		Tohum	1110bA±89	1429cC±87	1120cA±55	1220cB±46
		Diğer	2455dB±148	2774dC±176	1780cA±61	2336dB±124
		<b>Toplam</b>	<b>8599cB±342</b>	<b>10571dC±397</b>	<b>7340cA±265</b>	<b>8837dB±271</b>
	Dşd3	Yaprak	2293cA±179	2970bBC±288	3150dC±134	2804cB±122
		Dal	1444bB±59	1260aA±70	1360aA±68	1355aAB±55
		Tohum	1056bA±89	1067abA±53	1020bcA±51	1048bA±61
		Diğer	1304bB±66	1209bA±67	1020bA±39	1178bAB±48
		<b>Toplam</b>	<b>6098b±245</b>	<b>6505b±327</b>	<b>6550b±297</b>	<b>6384b±221</b>
Karasal ortam	Dşç3	Yaprak	1910bA±118	3112bC±190	1850aA±57	2291bB±49
		Dal	1551bA±79	2014bC±65	1640bAB±66	1735bB±68
		Tohum	754aA±51	1166bC±78	880bAB±45	933bB±33
		Diğer	1782cA±185	1749cA±137	1970cA±122	1834cA±88
		<b>Toplam</b>	<b>5998bA±254</b>	<b>8041cC±241</b>	<b>6340bAB±311</b>	<b>6793cB±243</b>
	Dşd3	Yaprak	1400aA±70	2142aCD±136	2360bD±132	1967aBC±69
		Dal	1157aA±50	1435aBC±60	1540bC±47	1377aB±38
		Tohum	531aBC±37	863aD±37	450aAB±31	615aC±22
		Diğer	899aC±98	813aB±52	620aA±44	778aB±56
		<b>Toplam</b>	<b>3987aA±167</b>	<b>5254aC±174</b>	<b>4970aB±122</b>	<b>4737aB±139</b>

Sütunlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ( $P>0,05$ ), yataydaki aynı büyük harfler ise döküm bileşenlerinin yıllar arasında fark bulunmadığını ( $P>0,05$ ) göstermektedir.

Çalışmada son 3 yıla ait toplam döküntü miktarının (yaprak, dal, tohum, kabuk ve diğer kısımlara) ortalaması subasar ortamda c çağı meşcereleri için 8837 kg/ha, d çağı meşcereleri için 6384 kg/ha iken, karasal ortamda bu değerler daha düşük olarak sırasıyla 6793 kg/ha ve 4737 kg/ha olarak belirlenmiştir. Meşcere gelişme

çağları birlikte değerlendirildiğinde, subasar ortamda yetişen dişbudak meşcerelerinde ortalama yıllık döküm miktarı 7611 kg/ha iken, karasal ortamda bu değer 5765 kg/ha olarak hesaplanmıştır.

Yıllar arasında en yüksek yıllık döküntü miktarının 2022 yılında olduğu görülmüştür. Yıllık döküntünün en az olduğu yıl ise yetişme ortamına ve meşcere tipine göre değişiklik göstermiştir.

Son üç yıl içinde, subasar ortamda en düşük döküntü miktarı 6098 kg/ha/yıl ile 2021 yılında Dşd3 meşcerelerinde, en yüksek miktar ise 10571 kg/ha/yıl ile 2022 yılında Dşc3 meşcerelerinde belirlenmiştir. Karasal ortamda yetişen dişbudak ise en düşük döküntü miktarına 3987 kg/ha/yıl ile 2021 yılında Dşd3 meşcerelerinde, en yüksek miktarına ise 8041 kg/ha/yıl ile 2022 yılında Dşc3 meşcerelerinde sahip olmuştur.

Toplam dökülme bileşenleri içinde yaprak döküntülerinin oranı subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerinde % 38 olup, yaprakları %26 ile diğer döküntüler, % 22 ile ince dal, % 14 ile tohum takip ederken, karasal ortamda aynı meşcere tipinde yaprakların oranı %34 olup, yaprakları %27 ile diğer döküntüler, %26 ile dal oranı ve %14 ile tohum oranı takip etmiştir.

Subasar ortamdaki Dşd3 meşcerelerindeki yaprak döküntü oranı ise % 44 olup, yaprakları % 21 ile ince dal, %18 ile diğer döküntüler ve % 16 ile tohum takip ederken, karasal ortamda aynı meşcere tipinde yaprakların oranı %42 olup, yaprakları %29 ile dal oranı, %16 ile diğer döküntüler ve %13 ile tohum oranı takip etmiştir.

Yaprak dökümü şubat ve mart aylarında en az döküm yaparken, ekim ayında ise en fazla dökümü gerçekleştirmiştir (Şekil 3). Döküntü bileşenleri birlikte değerlendirildiğinde, toplam döküntü miktarı ocak ve şubat aylarında en düşük, toplam mayıs ve ekim aylarında en yüksek değerlere ulaştığı aylar olmuştur (Şekil 4).

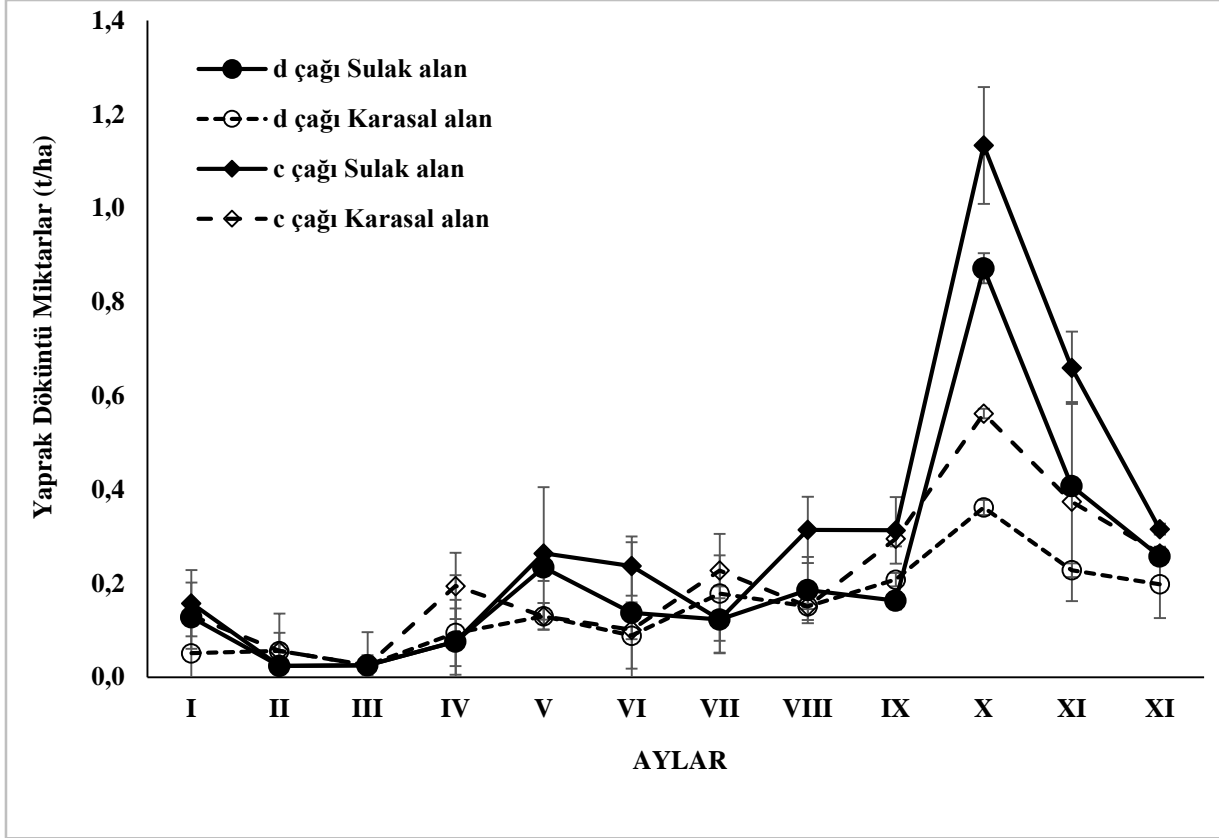
Genel olarak, hem subasar hem de karasal ortamda yıllık yaprak ve toplam döküntü miktarının c çağı meşcerelerinde d çağı meşcerelerine göre daha yüksek miktar gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 4).

### 3.3. Döküntü Makro ve Mikro Besin Konsantrasyonu

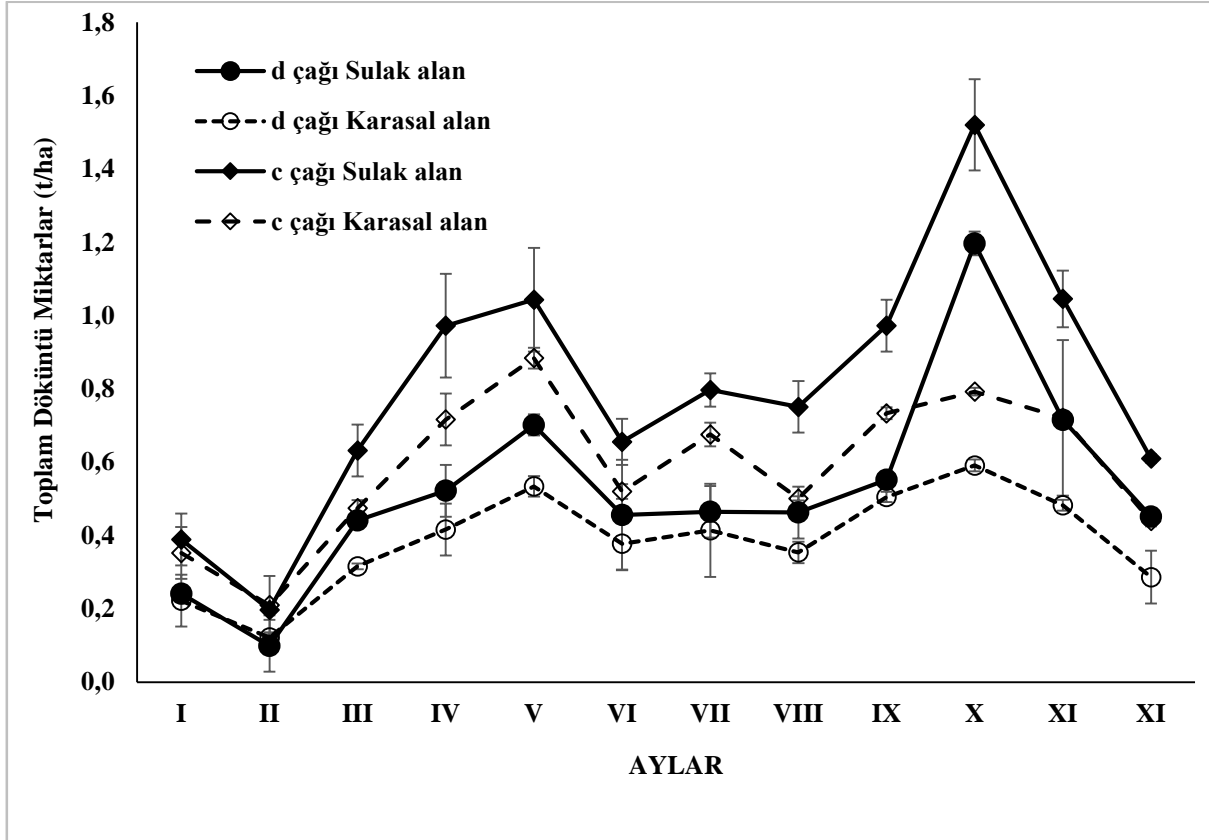
Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerindeki döküntü bileşenlerinin içerdiği makro besin konsantrasyonu Tablo 3 ve mikro besin konsantrasyonu ise Tablo 4’de verilmiştir.

Genel olarak döküntü bileşenlerinin tümü birlikte değerlendirildiğinde, subasar ortamda yetişen dişbudağın döküntüsünün makro besin konsantrasyonu karasal ortama göre daha düşük bulunmuştur (Tablo 3). Her iki yetişme ortamında karbon haricinde, c gelişme çağı meşcerelerinin döküntüsünün makro besin konsantrasyonu, d gelişme çağına göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 3).

Mikro besin elementlerinden Fe ve Mn haricindeki diğer mikro besin elementleri, makro besin elementlerinin tersine, en yüksek konsantrasyonu subasar ortamdaki döküntüde göstermiştir (Tablo 4). Bununla beraber, makro besin elementlerinde olduğu gibi, hem subasar ve hem de karasal ortamda mikro besin elementleri konsantrasyonu c gelişme çağı meşcerelerindeki döküntüde, d gelişme çağındaki meşcerelere göre daha yüksek konsantrasyonu göstermiştir (Tablo 4).



Şekil 3: Dişbudak yaprak döküntü miktarının aylara göre değişimi



Şekil 4: Dişbudak toplam döküntü miktarının aylara göre değişimi



Tablo 3

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü bileşenlerinin makro besin konsantrasyonu (%)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	C	N	Ca	Mg	P	K	S
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	44,9	1,78	2,23	0,59	0,22	1,04	0,63
		Dal	52,9	0,88	2,46	0,36	0,13	0,47	0,21
		Tohum	51,2	0,68	2,36	0,53	0,40	1,19	0,53
		Diğer	52,4	0,74	2,88	0,70	0,21	0,97	0,41
		<b>Ortalama</b>	<b>50,4</b>	<b>1,02</b>	<b>2,48</b>	<b>0,54</b>	<b>0,24</b>	<b>0,92</b>	<b>0,44</b>
	Dşd3	Yaprak	46,9	1,51	2,01	0,51	0,21	0,88	0,51
		Dal	54,8	0,98	2,16	0,31	0,11	0,41	0,20
		Tohum	51,8	0,55	2,13	0,49	0,35	0,79	0,43
		Diğer	52,7	0,82	2,65	0,53	0,17	0,83	0,35
		<b>Ortalama</b>	<b>51,6</b>	<b>0,96</b>	<b>2,24</b>	<b>0,46</b>	<b>0,21</b>	<b>0,73</b>	<b>0,37</b>
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	45,1	2,05	3,65	0,72	0,23	1,08	0,72
		Dal	49,7	1,12	3,19	0,40	0,16	0,59	0,24
		Tohum	52,1	0,95	3,59	0,61	0,43	1,51	0,67
		Diğer	52,9	1,10	2,94	0,58	0,21	1,29	0,43
		<b>Ortalama</b>	<b>50,0</b>	<b>1,31</b>	<b>3,34</b>	<b>0,58</b>	<b>0,26</b>	<b>1,12</b>	<b>0,51</b>
	Dşd3	Yaprak	46,7	1,89	3,14	0,62	0,20	0,99	0,63
		Dal	51,1	1,314	2,97	0,39	0,13	0,47	0,20
		Tohum	52,8	0,99	3,28	0,55	0,41	1,34	0,59
		Diğer	53,4	1,12	2,47	0,54	0,19	1,08	0,38
		<b>Ortalama</b>	<b>51,0</b>	<b>1,33</b>	<b>2,96</b>	<b>0,52</b>	<b>0,23</b>	<b>0,97</b>	<b>0,45</b>

Tablo 4

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü bileşenlerinin mikro besin konsantrasyonu (ppm)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	4204,1	198,5	19530,2	19,4	45,1	5807,7	36,4	12,7
		Dal	894,3	83,4	5478,7	215,7	215,7	979,5	65,5	12,2
		Tohum	1513,4	75,6	12210,6	20,3	49,3	2813,2	19,4	10,4
		Diğer	1998,3	115,7	13560,3	19,9	52,8	3747,1	36,9	7,23
		<b>Ortalama</b>	<b>2152,5</b>	<b>118,3</b>	<b>12695,0</b>	<b>68,8</b>	<b>90,7</b>	<b>3336,9</b>	<b>39,6</b>	<b>10,6</b>
	Dşd3	Yaprak	3789,4	155,4	12154,2	14,7	36,4	4697,4	27,4	10,7
		Dal	445,6	47,7	4312,3	158,2	201,1	723,2	43,5	11,5
		Tohum	522,2	65,7	11213,1	16,5	34,5	1789,7	15,7	6,44
		Diğer	1457,7	102,2	11245,8	13,3	41,6	2641,2	21,5	2,46
		<b>Ortalama</b>	<b>1553,7</b>	<b>92,8</b>	<b>9731,4</b>	<b>50,7</b>	<b>78,4</b>	<b>2462,9</b>	<b>27,0</b>	<b>7,78</b>
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	5694,1	172,5	3440,4	12,2	31,4	4856,4	19,4	7,67
		Dal	1155,6	135,4	3340,4	20,4	52,7	765,6	18,9	8,53
		Tohum	1974,7	112,8	2850,3	18,7	39,1	1165,1	16,3	9,48
		Diğer	1639,9	150,2	4090,7	16,6	37,5	3337,7	17,7	6,23
		<b>Ortalama</b>	<b>2616,1</b>	<b>142,7</b>	<b>3430,5</b>	<b>17,0</b>	<b>40,2</b>	<b>2531,2</b>	<b>18,1</b>	<b>7,98</b>
	Dşd3	Yaprak	4357,5	112,8	2478,2	9,47	24,5	3467,7	15,7	5,57
		Dal	712,7	124,7	2466,7	14,4	42,7	531,5	13,5	6,23
		Tohum	1547,6	97,2	2154,5	12,7	26,2	1011,6	12,2	4,77
		Diğer	2314,3	214,3	3155,2	12,3	27,7	2761,3	13,1	3,45
		<b>Ortalama</b>	<b>2233,0</b>	<b>137,3</b>	<b>2563,7</b>	<b>12,2</b>	<b>30,3</b>	<b>1943,0</b>	<b>13,6</b>	<b>5,01</b>

### 3.4. Döküntü Makro ve Mikro Besin Stoku

Subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak c ve d gelişme çağındaki meşcerelerindeki döküntünün içerdiği makro besin stoku Tablo 5, mikro besin stoku ise Tablo 6'da verilmiştir.

Subasar ortamdaki dişbudak meşcerelerinin döküntü makro besin stoku karasal ortama göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 5). Her iki yetiştirme ortamında da c gelişme çağı meşcerelerindeki makro besin stoku değerleri d gelişme çağı meşcerelerine göre daha yüksek belirlenmiştir.

Tablo 5

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü makro besin stoku (kg/ha)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	C	N	P	K	Ca	Mg	S
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	1490,2c	59,2c	7,39c	34,5d	74,0b	19,5cd	20,8c
		Dal	1038,4c	17,2b	2,46b	9,18c	48,2c	7,07b	4,19c
		Tohum	625,2c	8,34b	4,92c	14,5bc	28,8b	6,15bc	6,43bc
		Diğer	1224,1d	17,2cd	4,80c	22,7c	67,4d	16,3d	9,46d
		<b>Toplam</b>	<b>4377,9c</b>	<b>101,8c</b>	<b>19,6c</b>	<b>80,8c</b>	<b>218,4bc</b>	<b>48,9c</b>	<b>40,9c</b>
	Dşd3	Yaprak	1265,3b	57,5c	6,52bc	30,3c	102,5d	20,3d	20,1c
		Dal	673,7a	15,2a	2,16ab	7,96b	43,2b	5,56a	3,27b
		Tohum	546,5bc	9,97c	4,51bc	15,9c	37,7c	6,44c	7,02c
		Diğer	623,3b	13,0b	2,47b	15,2b	34,6b	6,82b	5,04b
		<b>Toplam</b>	<b>3108,8b</b>	<b>95,6b</b>	<b>15,7b</b>	<b>69,3b</b>	<b>217,9b</b>	<b>39,0b</b>	<b>35,4b</b>
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	1033,1a	46,9b	5,32ab	24,7b	83,7c	16,6bc	16,4b
		Dal	862,2b	19,5d	2,77b	10,2c	55,3d	7,04b	4,18c
		Tohum	486,7b	8,83bc	4,01b	14,1b	33,5c	5,73b	6,25b
		Diğer	970,6c	20,2d	3,84c	23,6c	53,9c	10,6c	7,85c
		<b>Toplam</b>	<b>3352,6b</b>	<b>95,5b</b>	<b>15,9b</b>	<b>72,7b</b>	<b>226,5c</b>	<b>39,9b</b>	<b>34,7b</b>
	Dşd3	Yaprak	919,5a	37,1a	4,02a	19,4a	61,7a	12,1a	12,5a
		Dal	704,8a	18,1cd	1,82a	6,44ab	40,9a	5,38a	2,80a
		Tohum	324,4a	6,17a	2,53a	8,26a	20,1a	3,46a	3,62a
		Diğer	415,9a	8,76a	1,46a	8,38a	19,2a	4,23a	2,99a
		<b>Toplam</b>	<b>2364,6a</b>	<b>70,0a</b>	<b>9,84a</b>	<b>42,5a</b>	<b>141,9a</b>	<b>25,0a</b>	<b>21,9a</b>

Sütünlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ( $P>0,05$ ) göstermektedir.

Subasar ortamdaki döküntü mikro besin elementi stoku karasal ortamdaki ölü örtüden daha yüksek değer göstermiştir (Tablo 6). Makro besin elementi stokunda olduğu gibi, her iki yetiştirme ortamında da c gelişme çağı meşcerelerindeki mikro besin stoku değerleri d gelişme çağı meşcerelerine göre daha yüksek belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6

Subasar ve karasal ortamda, c ve d gelişme çağındaki dişbudak meşcerelerinin döküntü mikro besin stoku (kg/ha)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Subasar ortam	Dşc3	Yaprak	13,9b	0,66b	64,8c	0,06c	0,15b	19,3d	0,12b	0,04b
		Dal	1,75bc	0,16b	10,8d	0,42b	0,42b	1,92c	0,13b	0,02c
		Tohum	1,85c	0,09a	14,9b	0,03c	0,06d	3,43c	0,02c	0,01b
		Diğer	4,67b	0,27a	31,7c	0,04b	0,12c	8,76c	0,08c	0,02b
		<b>Toplam</b>	<b>22,2c</b>	<b>1,18b</b>	<b>122,1d</b>	<b>0,55b</b>	<b>0,76b</b>	<b>33,4d</b>	<b>0,35c</b>	<b>0,09c</b>
	Dşd3	Yaprak	12,6b	0,51b	40,3b	0,05b	0,12b	15,6c	0,09b	0,03b
		Dal	1,27a	0,09a	8,46c	0,31b	0,40b	1,42b	0,09b	0,02c
		Tohum	0,54a	0,08a	13,7b	0,02bc	0,04c	2,18b	0,02bc	0,01b
		Diğer	3,40a	0,24a	26,3b	0,03ab	0,10b	6,17b	0,05b	0,01a
		<b>Toplam</b>	<b>17,8ab</b>	<b>0,922a</b>	<b>88,7c</b>	<b>0,41b</b>	<b>0,65b</b>	<b>25,4c</b>	<b>0,24b</b>	<b>0,07b</b>

Tablo 6  
(devam ediyor)

Yetiştirme Ortamı	Meşcere Tipi	Döküntü bileşeni	Fe	Mn	Na	Cu	Zn	Cl	Ni	Co
Karasal ortam	Dşc3	Yaprak	13,0b	0,39a	7,88a	0,03a	0,07a	11,1b	0,04a	0,02a
		Dal	2,00c	0,24c	5,79b	0,04a	0,09a	1,32b	0,03a	0,02b
		Tohum	1,84c	0,11a	2,66a	0,02ab	0,04bc	1,09a	0,02ab	0,01b
		Diğer	3,01a	0,28a	7,50a	0,03a	0,07b	6,12b	0,03a	0,01b
		<b>Toplam</b>	<b>19,9bc</b>	<b>1,01ab</b>	<b>23,8b</b>	<b>0,11a</b>	<b>0,27a</b>	<b>19,7b</b>	<b>0,12a</b>	<b>0,05b</b>
	Dşd3	Yaprak	9,91a	0,26a	5,68a	0,02a	0,06a	7,94a	0,03a	0,01a
		Dal	1,24a	0,22c	4,28ab	0,03a	0,07a	0,92a	0,02a	0,01a
		Tohum	1,44b	0,09a	2,01a	0,01a	0,03a	0,94a	0,01a	0,01a
		Diğer	4,24a	0,39b	5,79a	0,02a	0,05a	5,06a	0,03a	0,01a
		<b>Toplam</b>	<b>16,9a</b>	<b>0,96a</b>	<b>17,8a</b>	<b>0,08a</b>	<b>0,20a</b>	<b>14,9a</b>	<b>0,09a</b>	<b>0,03a</b>

Sütunlardaki aynı küçük harfler, döküntü bileşenlerinin meşcere tipleri arasında fark bulunmadığını ( $P>0,05$ ) göstermektedir.

#### 4. Tartışma

Bursa, Karacabey kıyısız subasar ormanlarında, iki farklı gelişim çağı (c ve d meşcereleri) ve iki farklı ortamdaki (subasar ve karasal) doğal dışbudak meşcerelerinin döküm miktarı ve döküm ile ekosisteme giren karbon, makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonu ve stoklarını ortaya koymayı amaçlayan çalışma sonuçlarına göre, yıllık döküm miktarı subasar ortamda, karasal ortamdaki daha fazla gerçekleşmektedir. Hem subasar hem de karasal ortamda, yıllık döküm miktarı, c gelişme çağındaki meşcerelerde, d gelişme çağındaki meşcerelere göre daha fazladır.

Son üç yıllık ortalama sonuçlara göre, subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerindeki döküntü miktarı 8837 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 6384 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki Dşc3 ve Dşd3 çağı meşcereleri için bu değerler daha düşük olup, sırasıyla 6793 ve 4737 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir.

Orman ekosistemlerinin, dökülen ölü örtü miktarını belirlemek için uluslararası çalışmalar çoğunlukta olup, geniş ve iğne yapraklı orman ekosistemlerinde farklı ağaç türlerinde gerçekleştirilmiştir. Dökülen ölü örtü miktarını belirlemek için yurt dışında olduğu gibi Türkiye’de de farklı ağaç türlerinde çalışmalar yapılmıştır. Fakat, Türkiye’de konu ile yapılan çalışmaların tamamına yakını karasal orman ekosistemlerine ait olup, bu ekosistemlerin çoğunluğunu da iğne yapraklı orman ekosistemleri oluşturmaktadır. Geniş yapraklı türler arasında da üzerine en çok çalışma yapılan ağaç türü doğu kayını olmuştur.

Bu çalışmalardan hem geniş hem de ibrelili farklı ağaç türlerine ait bazı çalışma sonuçları, Karacabey subasar ve karasal ortamdaki dışbudak döküm sonuçları ile karşılaştırma amaçlı aşağıda verilmiştir. Geniş yapraklı türleri içeren çalışmalardan ilki olan ve Belgrad Ormanı’nda 1960-1964 yılları arasında kayın ve meşe meşcerelerinde yapılan bir çalışmada hektar başına yıllık ortalama mutlak kuru yaprak ağırlığı kayın için 3712 kg ve meşe için 3546 kg bulunmuştur (Irmak ve Çepel 1974). Gelişim çağı-döküntü ilişkisini doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) türünde araştıran Kiracıoğlu ve ark. (2023), *Fagus orientalis* (doğu kayını) türünde meşcere geliştikçe döküntünün arttığını ve yıllık miktarın hektarda 3959 ile 5698 kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Sargıncı ve ark. (2021) doğu kayınında tüm döküntü miktarını Düzce için hektarda 5190 kg olarak bildirirken, Çakıroğlu (2011) sadece doğu kayını yaprak döküntü miktarını Bartın için hektarda 4245 kg olarak belirlemiştir.

*Fagus sylvatica* (Avrupa kayını) için hektarda yıllık döküntü miktarını Dimitrova ve ark. (2023) Bulgaristan için 1683 ile 5373 kg arasında, Yunanistan için Kavvadias ve ark. (2001) 4000 kg ve İspanya için Regina ve Tarazona (2000) 4682 kg olarak bildirmiştir. Meksika’da farklı yapraklı türlerdeki dökümü üç yıl boyunca araştıran Williams-Linera ve ark. (1996), ılıman ve tropikal ağaç türlerinin baskın olduğu orman ekosisteminde, yıllık toplam döküm miktarını 8450 kg/ha/yıl olarak tespit etmiştir. Merriam ve ark (1982) Kanada’da yaptıkları çalışmada kavak ormanlarındaki yıllık dökülen ölü örtü miktarını 4500 kg/ha/yıl ve

bunun yapraklardan oluşan miktarını 1800 kg/ha/yıl olarak bildirmiştir. Singh (2009) kavakta (1-6 yaşında) dökülen ölü örtü miktarını 390 – 5940 kg/ha/yıl arasında değiştiğini bildirmiştir.

Türkiye’de ibreli türlerde yıllık döküm miktarının belirlendiği ilk çalışmalar arasında yer alan Dünder (1988), sarıçamın döküntü miktarını beş yıl boyunca (1967-1972 yılları arasında) takip etmiş ve beş yılda sarıçamın toplam dökülen ibre miktarlarının hektarda 11848 ile 23378 kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Çömez ve ark. (2019) sarıçam için ortalama toplam döküntü miktarının hektarda 1389 ile 4488 kg arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Diğer bir ibreli türde, Artvin yöresinde *Picea orientalis* (doğu ladini) meşcereleri için Tüfekçioğlu ve ark. (2005) toplam yıllık döküm miktarını hektarda 6428 kg olarak bildirirken, Çakıroğlu (2011) Uludağ göknarı için toplam döküm değerinin 2935 kg/ha/yıl olduğunu açıklamaktadır. Kızılcım meşcereleri için (Antalya) yıllık döküntü değerlerinin hektarda 2937 kg olduğunu Erkan ve ark. (2018) tespit etmiştir.

Yıllık ortalama döküm miktarlarının yüksek olduğu bu çalışmalar yanında, döküm miktarının oldukça düşük olduğunu bildiren araştırmalar da mevcuttur. Örneğin, Starr ve ark. (2005) sarıçamın yıllık toplam döküntü miktarının kuzey (320 kg/ha) ve güney (2300 kg/ha) enlemleri arasında önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuş, Finlandiya için kuzey enlemlerinde en düşük değeri bildirmiştir.

Yapraklı ve ibreli ağaç türleri dikkate alınarak ılıman kuşakta yapılan çalışmalarda, aynı iklim kuşağında, yapraklı ormanların yıllık yaprak dökümünün, ibrelilerden daha yüksek olduğunu göstermektedir (Liu ve ark., 2004). Avrupada ılıman kuşaktaki (35°– 55° kuzey enlemleri) ibreli ve yapraklı ormanlarda yapılan araştırma sonuçlarına göre; ibreli ormanlarda yıllık yaprak dökümü ortalama 3470 kg/ha/yıl (2100 – 6800 kg/ha/yıl arasında ve 41 meşceredeki ölçümler), yapraklı ormanlarda 4420 kg/ha/yıl (1340 – 6710 kg/ha/yıl arasında ve 34 meşceredeki ölçümler) olarak bulunmuştur (Liu ve ark., 2004).

Asyadaki ılıman kuşaktaki (35°– 55° kuzey enlemleri) ibreli ve yapraklı ormanlarda yapılan çalışmalara göre; ibreli ormanlarda yıllık yaprak dökümü ortalama 2980 kg/ha/yıl (910 – 4990 kg/ha/yıl arasında değişmekte ve 28 meşcerede ölçüm yapılmıştır), yapraklı ormanlarda ise ortalama 4340 kg/ha/yıl (3000 – 6670 kg/ha/yıl arasında değişmekte ve 8 meşcerede ölçüm yapılmıştır) olarak bulunmuştur (Liu ve ark., 2004). Hansen ve ark. (2009) tarafından Danimarka’da yapılan bir çalışmada, kayın, meşe, duglas göknarı, Norveç ladini, Sitka ladini ağaçlarının yıllık dökülen ölü örtü miktarı sırasıyla 3186, 3334, 3294, 3706 ve 3328 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Bartın ili Arıt yöresindeki kayın, göknar, göknar-kayın meşcerelerindeki ölü örtü ayrışması ve yıllık yaprak dökülmesinin araştırıldığı çalışmada Çakıroğlu (2011), dökülen yıllık ölü örtü miktarını kayın meşceresinde 4245 kg/ha/yıl, göknar meşceresinde 2935 kg/ha/yıl ve göknar-kayın meşceresinde 3510 kg/ha/yıl olarak bulmuştur. Araştırılan ağaç türünün, yetiştiği ortamın fizyografik, edafik ve iklim özelliklerinin döküntü miktarlarında önemli etkilerinin olduğu bu çalışmalarda ifade edilmiştir.

Karasal orman ekosistemlerindeki döküm miktarını ortaya koyan bu çalışmalar yanında literatürde sınırlı sayıda da olsa, subasar alanlarda yetişen ağaç türlerinin yıllık döküntü miktarını belirlemeye yönelik araştırmalarda bulunmaktadır. Sınırlı sayıdaki bu araştırmalar arasında, sunulan çalışmada olduğu gibi saf meşcerelerde yapılmış çalışma bulmak oldukça zordur. Shure ve Gottschalk (1985) tarafından dişbudak ağaçlarının baskın olduğu karışık bir subasar orman ekosisteminde yapılan bir çalışmada, yıllık döküntü miktarının 5750– 7000 kg/ha/yıl arasında değiştiği, nehir ağzından yukarıya doğru uzaklaştıkça yıllık döküntü miktarında bir artış olduğu, bununla beraber elde edilen değerlerin ılıman ormanlara ait değerlerden (yıllık 5500 kg/ha/yıl) (Bray ve Gorham, 1964) daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bu subasar ortamda yıllık dökülen yaprak miktarında (4200–5400 kg/ha/yıl), ılıman ormanlarda dökülen yıllık yaprak miktarından (3600 kg/ha/yıl) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Shure ve Gottschalk (1985) tarafından yapılan çalışmada ise nehirden uzaklığın, yıllık döküntü miktarı üzerindeki etkisi subasar ortamdaki tüm ağaç türleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, önemli bir artışın görüldüğü, bununla beraber dişbudak türünün (*Fraxinus pennsylvanica*) nehir ağzından uzaklaştıkça dökülen yaprak miktarının ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu türde nehir ağzında, yıllık dökülen yaprak miktarı 1770 - 1900 kg/ha/yıl iken 30 m uzaklıkta 2670 – 3110 kg/ha/yıl, 60 m uzaklıkta 1250 – 1440 kg/ha/yıl ve yüksek alanda 200 kg/ha/yıl ile en düşük miktarda bulunmuştur.

Camargo ve ark. (2015) tarafından gerçekleştirilen ve amacı allüviyal yağmur ormanlarında döküntü miktarı üzerinde mevsimsel sel döngüsünün etkisini araştırdığı çalışmada, döküntü miktarının (yaprak, çiçek, meyve, dal, kabuk dahil) hektarda 4980 kg ile 10400 kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Sel olayının yaşandığı mevsime bağlı olarak döküntü miktarının daha fazla olduğu çalışmada ifade edilmiştir.

Subasar ve karasal ortamda dışbudak toplam döküntü miktarına ait bulgularımız genel olarak Türkiye’de karasal ekosistemlerde geniş ve iğne yapraklı türler için (kayın, meşe, göknar, kızılçam, sarıçam) bildirilen ortalama değerler ile Avrupada ılıman kuşaktaki geniş ve iğne yapraklı ağaç türleri için bildirilen ortalama değerlerden daha fazla, Dündar (1988) tarafından Bolu Aladağ’da sarıçam meşcerelerindeki değerlerden düşük, Williams-Linera ve ark. (1996) tarafından ılıman ve tropikal ağaç türleri için bildirilen değerlere yakın bulunmuştur.

Subasar alanda yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırdığımızda, toplam döküntü miktarına ait bulgularımızın, Shure ve Gottschalk (1985) tarafından dışbudak (*Fraxinus pennsylvanica*) için bildirilen döküntü değerleri (5750– 7000 kg/ha/yıl arasında) ile Camargo ve ark. (2015) tarafından allüviyal yağmur ormanları için bildirilen döküntü değerleri (4980– 10400 kg/ha/yıl) arasında olduğu bulunmuştur.

Genel olarak, orman ekosistemlerinde döküntü toplamının yaklaşık olarak % 60-75’ ini yapraklar geri kalan kısmını ise odunsu materyaller ile tohum ve çiçekler oluşturduğu ifade edilmektedir (Barnes ve ark., 1998). Çalışmada, toplam döküm miktarında yaprak döküntüsünün (Dşc3 ve Dşd3 ortalaması) katkı oranı, subasar ortamda % 41 olup, yaprakları % 22 ile dal ve diğer döküntüler ve % 15 ile tohum takip ederken, karasal ortamda yaprakların oranı %38 olup, yaprakları %27 ile dal oranı, %21 ile diğer döküntüler ve % 14 ile tohum oranı takip etmiştir. Yaprak katkısına ait değerler, literatürde sulak ve karasal alanlar için bildirilen değerlerden daha düşüktür. Camargo ve ark. (2015) allüviyal yağmur ormanlarında döküntü miktarı üzerinde mevsimsel sel döngüsünün etkisini araştırdığı çalışmadaki bildirimde, yaprak miktarının tüm döküntü miktarın %55.5’ini, dal miktarının %28.6’sını, meyvelerin %10.6’sını, çiçeklerin %3.2’sini ve kabuğun %2.1’ini oluşturduğu belirlenmiştir. Williams-Linera ve ark. (1996), ılıman ve tropical ağaç türlerinin baskın olduğu orman ekosisteminde, yıllık toplam döküm miktarını toplam döküntünün %70’inin yaprak, % 15’inin dal, % 12’sini diğer materyallerin ve %3’ünün tohumdan oluştuğunu, ayrıca yıllar arasında döküntü miktarı bakımından fark olmadığını bildirmiştir.

Kiracıoğlu ve ark. (2023) *Fagus orientalis* meşcereleri için, yıllık toplam döküntü miktarında yaprak, dal, kabuk ve diğer bileşenlerin oranının sırasıyla %72,9; 7,7; 0,6 ve 18,8 olduğunu bildirmiştir. Regina ve Tarazona (2000) *Fagus sylvatica* meşcereleri için bu değerleri, yaprak için %61,9, dal için %17,6, meyve için %12,3, çiçek için %0,7 ve diğer bileşenler için %7,5 olarak rapor etmiştir. Yapılan çalışmalarda tür farklılığının ve yetiştirme ortamı özelliklerinin toplam döküntü miktarı üzerinde önemli rol oynadığı ifade edilmektedir. Bununla beraber, yaprak miktarının toplam döküntü içindeki oranının diğer döküntü bileşenlerindeki değişikliğe bağlı olarak farklılık gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin, *Fagus sylvatica* meşcerelerinde, bol tohum yılında yaprak katkı oranı %47 iken, bu değer normal sezonda %80’e kadar çıkmaktadır (Jonczak, 2013).

Çalışmada, hem subasar hem de karasal ortamda, daha genç olan c gelişme çağı dışbudak meşcerelerindeki döküm miktarı d gelişme çağı meşcerelerine göre daha yüksektir. Daha genç meşcerelerde döküm miktarının daha fazla veya daha düşük olduğuna yönelik literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Çakır ve ark. (2019) karaçam için meşcere gelişme çağlarına (ab, b ve c) göre yıllık döküntü miktarını hektarda sırasıyla 4814, 3578 ve 3882 kg olarak genelde azalma yönünde bildirirken, Çömez ve ark. (2016) sarıçamda, Erkan ve ark. (2018) kızılçamda ve Koray ve Tolunay (2020) karaçamda toplam döküntünün gelişim çağına bağlı arttığını bildirmiştir. Bu artışı, yaşa bağlı olarak ağaçların toprak üstü biyokütlesindeki ve dolayısıyla dökülmedeki artışı bağlamışlardır.

Literatürde su birikiminin bitki ve toprak üzerine etkisine yönelik çalışmalar incelendiğinde, topraktaki su birikmesi, çeşitli bitki türlerinin canlılığını, büyümesini ve gelişmesini etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Suyun aşırı miktarda olmasının, birkaç saat içinde toprakta anoksi koşullar meydana

getirdiği, kök gelişimini sınırlayarak, bitki büyümesini ve gelişmesini etkilediği bildirilmektedir (Liao ve Lin, 2001; Yavaş ve ark., 2011). Çoğunlukla, tarımsal ürünler üzerinde yapılan bazı çalışmalarda, su birikmesinin bitkide gelişimi yavaşlattığı, baklagillerde ise nodül oluşumunu azalttığı, bitkinin daha az besin maddesi alması ile ilişkili olarak bitki köklerinin ölmesine neden olduğu, yıkanma ve denitrifikasyonun bitkinin azot miktarını azalttığı ve azot eksikliğine neden olduğu, bu nedenle daha yaşlı olan yapraklarda sararma meydana geldiği ve azot eksikliğinin de bitkide var olan stresi arttırdığı, bu koşullar altında kök ve yaprak hastalıklarında da artış gözlemlendiği, su birikmesi meydana gelen topraklarda bitki kök gelişimi sınırlandırıldığı ve yüzeysel kök gelişimi nedeniyle su birikmesi sonrası kuruyan topraklarda besin maddelerinin alınmadığı rapor edilmiştir (Yavaş ve ark., 2011).

Çalışmada, subasar ortamda gelişen dişbudak meşcerelerinin, döküntüsünün makro ve mikro besin elementleri konsantrasyonlarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Döküntünün makro besin konsantrasyonlarının genel olarak karasal ortamdaki döküntüde daha fazla olduğu, bununla beraber, döküntü miktarının subasar ortamda daha fazla olması nedeniyle makro besin stokunun en fazla subasar ortamda olduğu belirlenmiştir. Mikro besin konsantrasyonlarının ise (Fe ve Mn hariç), makro besin elementlerinin aksine, subasar ortamdaki döküntüde daha yüksek konsantrasyon göstermiştir. Bununla beraber, makro besin stokunda olduğu gibi, mikro besin stokları da yine subasar ortamdaki döküntüde daha yüksek bulunmuştur. Bilgimiz dahilinde, şu ana kadar yaptığımız literatür taramalarında, konu ile ilgili subasar ortamlar için ulusal ve uluslararası çalışmaya rastlanmadığından, bulgularımızı karşılaştırma yapma imkanı bulunamamıştır.

Karasal orman ekosistemlerinde gerçekleştirilen konu ile çalışmalarda ise genel olarak, döküntü karbon ve azot stokları, küresel iklim değişikliğinde oynadıkları önemli rolden ötürü daha çok araştırmaya konu olmuştur. Döküntü karbon ve azot stoklarına yönelik bulgularımız, subasar ortamdaki Dşc3 meşcerelerindeki döküntü C ve N stoku sırasıyla 4377 ve 102 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 3107 ve 95,6 kg/ha/yıl bulunurken, karasal ortamdaki bu değerler daha düşük olup Dşc3 meşcereleri için sırasıyla 3352 ve 95,5 kg/ha/yıl, Dşd3 meşcereleri için 2362 ve 70,0 kg/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Yakın tarihli, Kiracıoğlu ve ark. (2023) tarafından doğu kayını ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, toplam dökülme ile ölü örtüye giren C stokunun gelişim çağlarına göre artış gösterdiği, en düşük miktarın b çağında (1988 kg/ha/yıl) olduğu, bu değeri c çağının (2606 kg/ha/yıl) ve d çağının (2857 kg/ha/yıl) izlediğini bildirmiştir. Döküntü ile meşcere gelişim çağları arasında negatif ilişki olduğunu gösteren çalışmalarda mevcuttur. Örneğin, Çankırı'daki karaçam ağaçlandırmalarında ab, b ve c gelişim çağında dökülen ibrelerdeki karbon ve azot stokunun gelişme çağlarına göre azaldığını bildirdiği çalışmasında, Çakır ve ark. (2019) karbon stokunu, sırasıyla 2510; 1290 ve 1300 kg/ha/yıl olarak, ibrelerdeki azot stokunu ise sırasıyla 81,5; 48,5 ve 47,3 kg/ha/yıl olarak bildirmiştir.

Çakır ve Akburak (2017) *Fagus orientalis* meşcereleri için döküntü ile kayın ekosisteminin kazandığı yıllık karbon miktarının hektarda ortalama 2189 kg olduğunu bildirmiştir. Jonczak (2013) *Fagus sylvatica* meşcereleri için bu değer yılara göre hektarda 1322 ile 2611 kg arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmiştir. Dimitrova ve Damyanova (2023) *Fagus sylvatica* meşcereleri için döküntü ile kayın ekosistemine giren karbonun daha düşük olduğunu (764,6 ile 1274,4 kg/ha arasında) bildirmiştir. Kim ve ark. (2009) Güney Kore'de kızılgağaç ağaçlandırmalarında yaptıkları bir araştırmada ölü örtü dökülmesiyle toprağa yılda yaklaşık 2700 kg/ha C girişi olduğunu hesaplamışlardır.

Koray ve Tolunay (2020) tarafından Türkmen Dağı karaçam ormanlarında dökülmeye ekosisteme giren karbon miktarları Çkb3 meşcerelerinde 1304 kg/ha/yıl, Çkc3 meşcerelerinde 1914 kg/ha/yıl ve Çkd3 meşcerelerinde 2826 kg/ha/yıl olarak bulunmuştur. Park ve ark. (2019) Güney Kore'de yıllık yağışın 1299 mm ile 1883 mm arasında değiştiği farklı alanlardaki yapraklı ve herdem yeşil ağaç türlerinden oluşan meşcerede döküm ile ekosisteme kazandırılan C miktarları için 4000 ile 6000, N için 70 ile 140, P için 4 ile 10, K için 7 ile 14, Ca için 35 ile 90 ve Mg için 12 ile 28 kg/ha/yıl arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Irmak ve Çepel (1968) yıllık döküm ile ölü örtüye katılan döküntü miktarının azot yoğunluğunu %0,58, bu yolla orman ekosistemine katılan azot miktarını ise yılda 26,5 kg/ha olarak bildirmiştir.



Verilen örneklerden anlaşılacağı üzere, döküm ile ekosisteme giren besin stoku ağaç türü, meşcere gelişim çağları, çalışmanın gerçekleştiği ortam iklim ve toprak özelliklerine göre önemli değişiklikler göstermektedir. Bununla beraber, çoğu çalışma sonuçlarında genel olarak ortak sonuç, yapraklı ağaç türlerinin ve yıllık yağış miktarının fazla olduğu ortam şartlarında, döküntü ile orman ekosistemine giren karbon ve besin stokunun daha yüksek olma eğiliminde olduğudur.

Çalışmamızda, subasar ve karasal ortamda yetişen dişbudak meşcereleri için karbon ve azot stoku meşcere gelişme çağlarına göre azalma göstermiş olup, karbon ve azot stokuna ait bulgularımız (karasal alandaki D<sub>3</sub>d3 meşcereleri hariç), Kiracioğlu ve ark. (2023) kayın için, Çakır ve ark. (2019) karaçam için bildirdiği değerlerden daha yüksektir. Orman ekosistemlerinin yaşı ilerledikçe genel olarak ağaçların ölmesi ve sayısının azalması yanında, ağaçların beslendiği topraktaki besin elementlerinde meydana gelen azalmanın, döküntü miktarında önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Gower ve ark., 1996; Wu ve ark., 2020). Çalışma ile elde edilen bulgularımız, yağış miktarının yüksek olduğu orman ekosistemlerinde, Park ve ark. (2019) tarafından C ve N için bildirilen değerler arasında olup, diğer makro besin elementleri (P, K, Ca ve Mg) için bildirilen değerlerden daha yüksektir.

## 5. Sonuçlar

Sonuç olarak, ılıman kuşakta (40° kuzey enlemi) yer alan Karacabey subasar ormanlarında gerçekleştirilen çalışmada, döküntü miktarında ve bu yolla ekosisteme kazandırılan karbon ve besin maddesi miktarlarında etkili olan ağaç türü, iklim ve toprak faktörlerine ek olarak, subasar ortamların ağaçların döküntü miktarını önemli derecede arttırdığı, makro ve mikro besin elementi konsantrasyonlarını değiştirdiği ve bu durumun ekosisteme giren makro ve mikro besin elementi miktarını ve stokunu önemli derecede etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, Türkiye’den konusunda ilk defa subasar orman ekosisteminde yetişen dişbudak için veri sağlayan bir çalışma olması bakımından önem kazanmaktadır.

## Teşekkür

Sunulan çalışma, TÜBİTAK 1001 projesi kapsamında (Proje No 121O702) desteklenmiştir. Bu bakımdan TÜBİTAK’a teşekkürlerimizi sunarız.

## Yazar Katkıları

Yazar Temel SARIYILDIZ: Çalışmayı planlamış, arazi ve laboratuvar çalışmalarını yönlendirmiş, çalışmanın istatistiksel analizlerini yapmış ve makaleyi yazmıştır.

## Çıkar Çatışması

Yazar çıkar çatışması bildirmemiştir.

## Kaynaklar

- Aerts, R. (1997). Climate, Leaf Litter Chemistry and Leaf Litter Decomposition in Terrestrial Ecosystems: A Triangular Relationship. *Oikos*, 79, 439-449. <http://dx.doi.org/10.2307/3546886>
- Akay, A.E., Gencal, B., Taş, İ. (2017). Spatiotemporal change detection using landsat imagery: the case study of Karacabey flooded forest, Bursa, Turkey, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume IV-4/W4, 4th International GeoAdvances Workshop, 14–15 October, Safranbolu, Karabuk, Turkey.
- Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R., Spurr, S.H. (1998). *Forest Ecology*. 4 th ed. John Wiley and Sons, New York, pp 774
- Berg B., Berg M., Bottner P., Box E., Breymeyer A., Calvo de Anta R., Couteaux M.M., Gallardo A., Escudero A., Kartz W., Maderia M., Malkonen E., Meentemeyer V., Munoz F., Piussi P., Remacle J., Virzo De Santo A. (1993). Litter mass loss rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. *Biogeochem* 20, 127–159.

- Berg, B., Erhagen, B., Johansson, M.B., Vesterdal, L., Faituri, M., Sanborn, P., Nilsson, M. (2013). Manganese dynamics in decomposing needle and leaf litter—a synthesis. *Can. J. For. Res.* 43: 1127–1136. doi:10.1139/cjfr-2013-0097.
- Bray, J.R., Gorham, E. (1964). Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 2: 101–157
- Camargo M, Giarrizzo T, Jesus A. (2015). Effect of seasonal flooding cycle on litterfall production in alluvial rainforest on the middle Xingu River (Amazon basin, Brazil). *Brazilian J Biol.* 2015 Aug;75(suppl1):2506. doi: 10.1590/1519-6984.00514BM
- Cseh, V., Kiss, M. and Tanács, E. (2014). Carbon sequestration of floodplain forests: a case study from Hungary. *Maros river valley, Tisza*, 40, 3-10.
- 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. (2019). Çankırı Bölgesi Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcerelerinde Ölü Örtü Ayrışması ile Mikroeklembacıklılar ve Mikrobiyal Aktivitenin Zamansal Değişimi ve Toprağa Verilen Besin Maddeleri. TÜBİTAK Proje Raporu, Proje No: 215O572, Ankara
- 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). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa geri verilen besin maddeleri miktarları. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 194, s. 20, Ankara*
- Çömez, A., Güner, Ş.T., Tolunay, D., 2021. The effect of stand structure on litter decomposition in *Pinus sylvestris* L. stands in Turkey. *Annals of Forest Science* 78, 19. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-01023-2>
- 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
- 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.
- 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.
- Gonzalez, E. (2012). Seasonal patterns of litterfall in the floodplain forest of a large Mediterranean river. *Limnetica*, 31 (1): 173-186. DOI: 10.23818/limn.31.16.
- Gower, S.T., McMurtrie, R.E., Murty, D. (1996). Aboveground net primary production decline with stand age: potential causes. *Trends in Ecology & Evolution* 11, 378-382.
- Hansen, K., Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Gundersen, P., Sevel, L., Bastrup-Birk, A., Pedersen, L.B., Bille-Hansen, J. (2009). Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. *Forest Ecology and Management* 257, 2133–2144
- Heal, O.W., Anderson, J.M., Swift, M.J. (1997). Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*, Cadisch G, Giller K E (eds), CAB International Wallingford, UK, pp. 3–45.
- Irmak, A. (1972). Toprak İlimi. (İkinci Baskı), İ.Ü. Yayın No: 1268, Orman Fakültesi Yayın No: 121 Taş Matbaası, İstanbul.

- 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.
- Irmak, A., Çepel, N. (1974). Bazı Karaçam, Kayın ve Meşe meşcerelerinde ölü örtünün ayrışma ve humuslaşma hızı üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1973, O.F.Yayın No: 204, İstanbul, s. 48.
- 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
- Kantarcı, M.D. (2000). Toprak İlmi Ders Kitabı. (2. baskı), İ.Ü. Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, (XII+420), Çantay Basımevi, ISBN: 975-505-588 -7, İstanbul.
- Karagül, R. (1990). Artvin-Murgul yöresindeki kayın ve kızılğaç orman ölü örtülerinin bazı hidrolojik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması. K.T.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi Trabzon,
- 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)
- Kim, Y. S., Yi, M. J., Lee, Y. Y., Kobayashi, M., Son, Y. (2009). Estimation of carbon storage, carbon inputs, and soil CO<sub>2</sub> efflux of alder plantations on granite soil in central Korea: comparison with japanese larch plantation, *Landscape Ecol Eng* 5, 157-166.
- Kiracioğlu, Ö., Güner, Ş.T., Karataş, R. (2023). Marmara Bölgesi'ndeki doğu kayını ormanlarında gelişim çağlarına 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
- Krishna, M.P., Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energ. Ecol. Environ.* 2, 236-249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- Koray, E.Ş., Tolunay, D. (2020). Türkmen Dağı karaçam meşcerelerinde döküm ile ekosisteme giren besin maddesi miktarları. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(3), 201-214.
- 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.
- Lake, P.S. (1995). Of floods and droughts: river and stream ecosystems of Australia. In: *River and Stream Ecosystems. Ecosystems of the World*, Vol. 22. C. E. Cushing, K. W. Cummins & G. W. Minshall (eds.): 659-694. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands
- Liao, C., C. Lin. (2001). Physiological Adaptation of Crop Plants to Flooding Stress. *Proc. Natl.Sci.Counc.* 25(3):148-157.
- Liu, C., Westman, C. J., Berg, B., Kutsch, W., Wang, G. Z., Man, R., Ilvesniemi, H. (2004). Variation in litter climate relationships between coniferous and broadleaf forests in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*. 13, 105-114.
- Maguire D.A. (1994). Branch mortality and potential litter fall from Douglas-fir trees in stands of varying density. *For. Ecol. Manag.* 70:41-53.
- Meentemeyer, V., Box, E.O. Thompson, R. (1982). World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. *BioScience*, 32: 125-128.
- Merriam, G., Dwyer, L., Wegner, J. (1982). Litterfall in Two Canadian Deciduous Woods: Quality, Quantity and Timing. *Holarctic Ecology*, 5 (1), 1-9.
- Muzika, R.M., Gladden, J.B., Haddock, J.D. (1987). Structural and functional aspects of succession in Southeastern floodplain forests following a major disturbance. *The American Midland Naturalist*, 117: 1-9
- Özhan, S. (1977). Belgrad Ormanı Ortadere Yağış Havzasında Ölü Örtünün Hidrolojik Bakımdan Önemli Özelliklerinin Bazı Yöresel Etkenlere Göre Değişimi. Çelikkilt Matbaası, İstanbul.
- Park, B.B.; Rahman, A.; Han, S.H.; Youn, W.B.; Hyun, H.J.; Hernandez, J.; An, J.Y. (2020). Carbon and Nutrient Inputs by Litterfall in Evergreen and Deciduous Forests in Korea. *Forests*, 11, 143. <https://doi.org/10.3390/f11020143>
- Pausas, J.G. (1993). Litterfall in two Pyrenean stands of *Pinus sylvestris* L. under different environmental conditions. *Folia Botanica Miscelania*, 9: 127-136.
- 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.
- Raich J.M., Schlesinger W.H. (1992). The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus*, 44B: 81–99.
- 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>
- Rood, S.B., Patino, S., Coombs, K., Tyree, M.T. (2000). Branch sacrifice: cavitation-associated drought adaptation of riparian cottonwoods. *Trees*, 14: 248–257
- 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>
- Shure, D.J., Gottschalk, M.R. (1985). Litterfall patterns in a floodplain forest. *Amer. Midl. Nat* 114: 98-111
- Singh, B. (2009). Return and release of nutrients from poplar litterfall in an agroforestry system under subtropical condition. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 57(2), 214-218.
- 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>
- Sutfin, N. A., Wohl, E. E., Dwire, K.A. (2016). Banking carbon: a review of organic carbon storage and physical factors influencing retention in floodplains and riparian ecosystems. *Earth Surf. Proc. Land.*, 41, 38–60.
- Tabacchi, E., Planty-Tabacchi, A.M. (2003). Recent changes in riparian vegetation: Possible consequences on dead wood processing along rivers. *River Research and Applications*, 19: 251–263.
- 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
- Williams-Linera G, Tolome J, Forest C, Litterfall , Forest LM. (1996). Litterfall, temperate and Tropical dominant trees, and climate in a Mexican lower montane forest. *Biotropica* 28:649–656 DOI 10.2307/2389051.
- Wu, H., Xiang, W., Ouyang, S., Xiao, W., Li, S., Chen, L., Lei, P., Deng, X., Zeng, Y., Zeng, L. (2020). Tree growth rate and soil nutrient status determine the shift in nutrient-use strategy of Chinese fir plantations along a chronosequence. *Forest Ecology and Management* 460, 117896.
- Yavaş, İ., Ünay A., Şimşek, S. (2011). Su birikmesinin bitki ve toprak üzerine etkisi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2011; 8(2) : 57 – 61
- Zhang, H., Yuan, W., Dong, W., Liu, S. (2014). Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide, *Ecol. Complex.*, 20 (2014), pp. 240-247, 10.1016/j.ecocom.2014.01.003