

# Genç Kızılcım Biyokütle Denklemleri; Kozağacı Orman İşletme Şefliği Örneği

Birsen DURKAYA<sup>1,\*</sup>, Ali DURKAYA<sup>2</sup>, Gülhan SAYIN<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

<sup>3</sup>Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Bozyazı Orman İşletme Müdürlüğü, Mersin, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 19.08.2022

Kabul: 07.11.2022

Yayım: 15.12.2022

## Araştırma Makalesi



**Öz** – Ormanların karbon depolama kapasitelerine ilişkin hesaplamalar tüm dünyada giderek daha önemli hale gelmiştir. Karbon bildirimlerinde uluslararası kurumlar, orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarlarının envantere dayalı olarak, tam ve kesin olarak belirlenmesini arzu etmektedir. Tüm ülkenin ormanlık alanlarındaki karbon stokunun belirlenmesi için, her ağaç türünün farklı habitatlarda biriktirdiği biyokütle miktarının ve bağladıkları karbon miktarının yöresel olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada genç kızılçamlar yöresel olarak dikkate alınarak, Mersin Kozağacı Orman İşletme Şefliği içerisindeki saf kızılçam meşcerelerine ait toprak üstü ve toprak altı biyokütle denklemleri geliştirilmiştir. Çalışmada ayrıca kızılçam için odun yoğunluk oranı ve ibre kuru ağırlık oranı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** –Pinus brutia, allometrik biyokütle denklemleri, orman karbonu, ince çaplı ağaçlar, LDMC

# Young Turkish Pine Biomass Equations; Kozağacı Forest Planning Unit Example

<sup>1,2</sup>Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, Bartın, Türkiye

<sup>3</sup>Mersin Forest Regional Directorate, Bozyazı Forest Management Directorate, Mersin, Türkiye

## Article History

Received: 19.08.2022


Accepted: 07.11.2022


Published: 15.12.2022

## Research Article

**Abstract** – Calculations of the carbon storage capacities of forests have become increasingly important all over the world. International institutions that make carbon notifications want the amount of carbon stored in forest ecosystems to be determined fully and precisely based on the inventory. In order to determine the carbon stock in forest areas of the whole country, it is necessary to determine locally the amount of biomass accumulated by each tree species in different habitats and the amount of carbon they have bound. In this study, above- and below-ground biomass equations were developed for young red pines belonging to pure red pine stands in Mersin-Kozağacı Forest Planning Unit. In the study, wood density ratio and needle dry weight ratio (LDMC) were also determined for red pine.

**Keywords** – Pinus brutia, allometric biomass equations, forest carbon, small diameter trees, LDMC

<sup>1</sup>  bdurkaya@bartin.edu.tr

<sup>2</sup>  adurkaya@bartin.edu.tr

<sup>3</sup>  gulhansanverdi@gmail.com

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Birsen Durkaya

## 1. Giriş

Orman ekosistemlerinde tutulan karbon miktarlarının ve değişimlerinin belirlenmesi küresel karbon döngüsünün anlaşılması için önemlidir. Özellikle artan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarının dünyamız üzerindeki olumsuz etkisinin hafifletilmesi açısından, giderek artan bir şekilde orman ekosistemlerinde tutulan karbonun güvenilir yöntemlerle belirlenmesi önemli hale gelmektedir. Karasal karbon stok alanlarının en önemlisi olan orman ekosisteminde en büyük paya odunsu bitkiler sahiptir. Ağaç biyokütlesinde depolanan karbonun hesaplanması sadece karbon döngüsünün anlaşılmasını da değil, aynı zamanda orman alanlarındaki yanıcı maddenin tespit edilmesinden, enerji amaçlı kullanılacak kaynağın belirlenmesine ve mevcut olan verim gücünün belirlenmesine kadar birçok konuda uygulayıcılara bilgi sağlamaktadır (De-Miguel vd., 2014). Odunsu biyokütle toprak üstü ve toprak altı olarak iki ana kısımda değerlendirilmektedir. Toprak üstü odunsu biyokütlenin belirlenmesi konusunda kullanılan yöntemlerle oldukça güvenilir veriler sağlanırken, toprakaltı odunsu biyokütlenin belirlenmesine yönelik kullanılan metotlar tüm dünya için hala bazı zorlukları içermektedir (Mokany vd., 2006). Odunsu biyokütlenin en doğru sonucunu veren yöntem efektif olmamakla birlikte arazide yapılan doğrudan ölçümlerdir. Yıkıcı metot olarak ifade edilen bu yöntem yerine, farklı yaklaşımları uygulayan biyokütle belirleme yöntemleri kullanılmaktadır. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan yöntemlerden ilki; biyokütle genişleme faktörü (biomass expansion factors -BEF) ya da biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörünün (biomass conversion and expansion factors -BCEFs) kullanımınıdır (Dutca vd., 2010; Neumann vd., 2016; Durkaya vd., 2020; Mahmood vd., 2020). İkinci yöntem olarak ise, Allometrik Eşitlikler (Allometric Equation) -yani matematiksel denklemlere dayanarak kolay ölçülebilen ağaç özelliklerine dayanarak, ölçümü zor olan özelliklere ulaşımı sağlamak- öne çıkmaktadır. Ağaçların çap-boy gibi özelliklerinden hareketle biyokütle ve karbon tahminine imkân tanıyan allometrik eşitlikler, biyokütle ve karbon stoklarının sağlıklı bir şekilde belirlenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. (Ketterings vd., 2001; Aholoukpe, 2013; Durkaya vd., 2015; Durkaya vd., 2018). Yüksek hassasiyet ile ağaç biyokütlesinin belirlenmesinde allometrik eşitlikler daha kullanışlı olmasına rağmen, orman envanterine dayanan BEF and BCEFs kullanımı da yaygındır. Bunun yanında allometrik eşitlikler yönteminde veri toplama işlemlerinin büyük miktarda zaman, işgücü ve dolayısıyla masraf gerektirmesi dezavantajı olmaktadır (Poorter vd., 2015; Neumann vd., 2016). Ancak her ağaç türüne ve yetişme ortamı koşullarına göre özel olarak belirlendiğinden gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir.

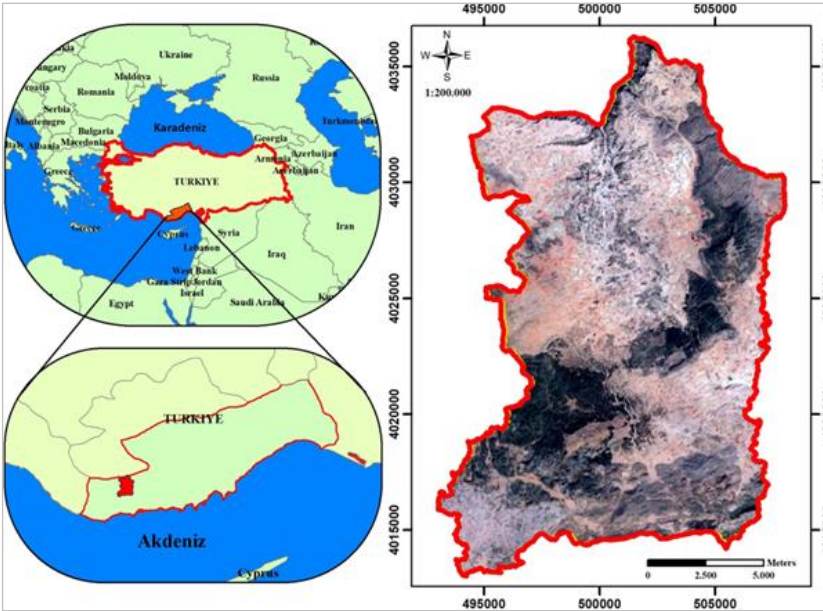
Türkiye'nin ağaç türleri arasında önemli paya sahip olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) 5.215.292 ha alana sahiptir. Bu alanın 3.407.368 ha normal kapalı, 1.807.924 ha'ı boşluklu kapalı orman vasfındadır. Ormanlık alanların asli ağaç türlerine dağılımı açısından iğne yapraklı orman ağacı türleri arasında en fazla yayılışa sahip olan kızılçam, tüm orman ağaçlarımız arasında ise %22,74 yayılış oranıyla meşe türünden sonra en fazla alana sahip türdür (Anon., 2020). Kızılçam türü için Türkiye'de çeşitli biyokütle çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Durkaya vd. (2009) tarafından Adana yöresine kızılçamlara ait allometrik biyokütle denklemleri geliştirilmiştir. Ayrıca ince çaplı kızılçamların, Sakıcı vd. (2018) tarafından ( $d_{1,30}$ ; 9-19 cm için), Bilgili ve Küçük (2009) tarafından ( $d_{1,30}$ ; 13-19 cm için), Eker ve Özçelik (2017) tarafından ( $d_{1,30}$ ; 1,5-11 cm için) ve Eker ve ark. (2017) tarafından ( $d_{1,30}$ ; 8 cm'den küçük) toprak üstü toplam biyokütlesi ve bileşenlerinin biyokütlesi için tahmin modelleri geliştirilmiştir. Güngöroğlu vd. (2018) tarafından Antalya yöresinde kızılçamın taç biyokütlesinin yanıcı madde miktarını belirleyebilmek için allometrik denklemler geliştirmişlerdir. Ağaç türlerinin farklı yetişme ortamlarındaki gelişmelerine göre ürettikleri biyokütle miktarları değişmektedir. Bu sebeple her türün lokal olarak biyokütle miktarlarının belirlenmesi, depolanan karbon miktarının daha doğru tespit edilmesinde önem arz etmektedir. Bu çalışmada Mersin Bozyazı Orman İşletme Müdürlüğü Kozağacı Orman İşletme Şefliği sınırlarındaki genç kızılçam meşcerelerinde toprak üstü ve toprak altı biyokütle belirlenmesi amacıyla allometrik biyokütle denklemleri geliştirilmiştir. Literatürde kızılçam için yapılan çalışmalar daha ziyade toprak üstüne ve yanıcı madde miktarının belirlenmesine yoğunlaşmıştır, bu çalışmada hem toprak üstü hem de toprak altı biyokütlenin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Ağaçların biyokütle değerleri karbon dönüştürme oranı ile çarpılarak, bileşenlerde depolanan karbon miktarına ulaşılabilmektedir. Türkiye'nin içerisinde bulunduğu ılıman kuşak ormanlarında iğne yapraklı orman ağaçları için bu oran 0,51 olarak önerilmektedir (IPCC, 2006). Buna göre çalışmada geliştirilen uygun biyokütle denklemleri kullanılarak alanda depolanan karbon miktarı belirlenebilecektir.

## 2. Materyal ve Yöntem

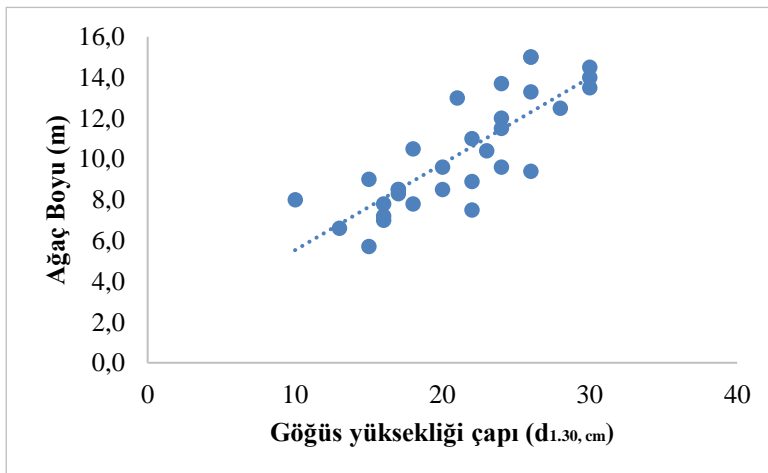
### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Mersin Bozyazı Orman İşletme Müdürlüğü Kozağacı Orman İşletme Şefliği 36° 27' 56" - 36° 15' 11" kuzey enlemleri ile 33° 05' 19" - 32° 52' 53" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Plan ünitesi Amenajman planında, Kızılcım İşletme sınıfı, Karışık (Sedir-Gökmar-Ardıç) ve Muhafaza Karakterli (Rekreasyon-Taşlık-Kayalık) İşletme Sınıflarından oluşmaktadır. Akdeniz dağ ikliminin hâkim olduğu çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık 8-12 °C, yıllık ortalama yağış 1.000-1.200 mm ve Nisan- Eylül dönemindeki bağıl nem ise %50-55 arasındadır (Anonim, 2016).



Şekil 1. Çalışma alanı

Çalışma alanındaki saf kızılçam ağaçlandırmalarından farklı çap kademelerinden 31 adet sağlıklı birey örnek ağaç olarak seçilmiştir. Örnek ağaçların çap-boy dağılımları Şekil 2'de, ölçülen değerlere ilişkin bazı istatistiksel veriler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Örnek ağaçların çap dağılımları

Tablo1

Örnek ağaçların bazı istatistiksel verileri

Ağaç Türü	Değişkenler	Çap (cm)	Boy (m)	Gövde Yaş Ağırlığı (kg)	Hacim (m <sup>3</sup> )
Kızılcıam	Minimum	10	5,7	43,30	0,054
	Maksimum	30	15,0	567,37	0,414
	Standart Sapma	5,27	2,73	132,91	0,105
	Aritmetik Ort.	21,16	10,25	190,00	0,193

Seçilen örnek ağaçlar göğüs çapı ölçümünden sonra toprağa en yakın seviyeden kesilmiş ve ölçülmüştür. Örnek ağaçların dalları gövdeden ayrılarak dallar ve ibreler ayrı olacak şekilde gruplara ayrılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından her gruptan değerlendirmeler için örnekler alınmıştır. Örnek ağaçların gövde kısmı 2,05 m'lik seksiyonlara ayrılmış ve gövde hacmini belirlemek için gövdenin uç kısmının alt çapı ve uzunluğu ile seksiyonların uçlarındaki çaplar ölçülmüştür. Örnek ağaçların gövde hacimleri Smalian formülü ile belirlenmiştir. Her seksiyonun ağırlığı belirlenmiş ve bu seksiyonların ortasından 5 cm kalınlığında gövde örnekleri alınmıştır. Daha sonra her bir ağacın temsil ettiği alanlar belirlenmiş ve kazıcı ile kök derinliğine kadar kazılmıştır. Kökler topraktan temizlendikten sonra kaba kök (>2 mm) ağırlığı belirlenmiş ve örnekler alınmıştır. İnce kök miktarı ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Örneklerin tamamı etiketlenmiş ve arazide yaş ağırlık ölçümleri yapılmış ve plastik torbalarda muhafaza edilmiştir. Laboratuvar ortamına getirilen örnekler hava kurusu hale getirildikten sonra 65±3 °C'de ağırlıkları nihai kuru ağırlıkları belirlenene kadar fırında kurutulmuştur. Çalışmada odun yoğunluğu (Brown, 1997; Porte vd., 2002), kök/sak oranı ve ibre kuru madde oranı belirlenmiştir.

## 2.2. Değerlendirme

Örnek ağaçlardan elde edilen veriler kullanılarak biyokütle modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla göğüs yüksekliğindeki çap ( $d_{1,30}$ ) ve ağaç boyu ( $h$ ) bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Uygun olan denklemin belirlenmesinde belirtme katsayısı ( $R^2$ ) (16), standart tahmin hatası ( $Se$ ) (17), F değeri (18), toplam hata (TH(%)) (19), Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (OMH (%)) (20), ortalama sapma (OS) (21) ve mutlak ortalama sapma (OMS) (22) kullanılmıştır. Bu amaçla Belirtme katsayısı ve F değeri en yüksek, standart sapma ve diğer ölçüt değerlerinin en düşük olduğu denkleme 1 değeri verilmiş ve artan sıra numarası ile numaralandırılmıştır. Ortalama mutlak fark, standart hata, toplam hata ve ortalama mutlak hata değerleri küçük, belirleme katsayısı büyük olan modeller en uygun modeller olarak seçilmiştir. Çalışmada test edilen denklemler tek girişli ve çift girişli denklemler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Çalışmada test edilen modeller

Tek girişli modeller	No
$Y = a_0 + a_1 d_{1,30} + a_2 d_{1,30}^2$	(1)
$Y = a_0 + a_1 d_{1,30}$	(2)
$Y = a_0 + a_1 d_{1,30}^2$	(3)
$Y = a_0 + a_1 \ln(d_{1,30})$	(4)
$\ln(Y) = a_0 + a_1 \ln(d_{1,30})$	(5)
$\ln(Y) = a_0 + a_1 \ln(d_{1,30}) + a_2 \ln(d_{1,30})^2$	(6)
$\ln(Y) = a_0 + a_1 d_{1,30}$	(7)
$Y = a_0 + (a_1/d_{1,30})$	(8)
$Y = a_0 + a_1 d_{1,30} + a_2 d_{1,30}^2 + a_3 d_{1,30}^3$	(9)
$\ln(Y) = a_0 + (a_1/d_{1,30})$	(10)

Tablo 2

Çalışmada test edilen modeller (devam ediyor)

Çift girişli modeller	No
$Y=a_0+a_1d_{1,30}+a_2h+a_3d_{1,30}^2+a_4h^2$	(11)
$Y=a_0+a_1d_{1,30}+a_2d_{1,30}h+a_3d^2+a_4h+a_5d_{1,30}^2h$	(12)
$Y=a_0+a_1d_{1,30}+a_2d_{1,30}h+a_3d^2+a_4d_{1,30}^2h$	(13)
$\ln(Y)=a_0+a_1\ln(d_{1,30})+a_2\ln(h)$	(14)
$\ln(Y)=a_0+a_1\ln(d_{1,30})+a_2\ln^2(d_{1,30})+a_3\ln(h)+a_4\ln^2(h)$	(15)

Y= Bileşenlerin ağırlığı (kg)

 $d_{1,30}$ = Göğüs yüksekliği çapı (cm), $h_k$ =Ağaç yüksekliğini (m) belirtmektedir. $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4$  ve  $a_5$  denklemin katsayıları

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y'_i - y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (16)$$

$$Se = \sqrt{\frac{(y'_i \cdot y_i)^2}{n - p}} \quad (17)$$

$$F = \frac{S_{reg}^2}{S_{hata}^2} \quad (18)$$

$$TH(\%) = \left[ \frac{(\sum y'_i - \sum y_i)}{\sum y_i} \right] \times 100 \quad (19)$$

$$OMH(\%) = \left[ \frac{\sum |y'_i - y_i|}{\sum y_i} \right] \times 100 \quad (20)$$

$$OS = \frac{1}{n} \sum (y'_i - y_i) \quad (21)$$

$$OMS = \frac{1}{n} \sum |y'_i - y_i| \quad (22)$$

$$\text{Odun Yoğunluğu} = \frac{\text{Gövde biyokütle}}{\text{gövde hacmi}} \quad (23)$$

$$\text{Kök/Sak Oranı} = \frac{\text{Kök biyokütlesi}}{\text{Toprak üstü biyokütle}} \quad (24)$$

$$\text{İbre Kuru Madde Oranı} = \frac{\text{İbre kuru ağırlığı}}{\text{İbre yaş ağırlığı}} \quad (25)$$

Burada  $y'_i$ =Ağaç bileşeninin regresyon denkleminde elde edilen değeri,  $y_i$ =Ağaç bileşeninin değeri,  $S_{reg}^2$ : regresyon varyansını,  $S_{hata}^2$ : hata varyansını, n: veri sayısını, p: parametre sayısını,  $y_i$ : bağlı değişkenin ölçülen değerini,  $y'_i$ : bağlı değişkenin regresyon modeli ile tahmin edilen değerlerini göstermektedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada kızılçam ağaç türü için, göğüs yüksekliğindeki çap ( $d_{1,30}$ ) ve göğüs yüksekliğindeki çap ( $d_{1,30}$ )-ağaç boyu (h) bağımsız değişkenleri kullanılarak, toprak üstü ve toprak altı ağaç bileşenlerinin biyokütle değerleri tahmin edilebilmektedir. Bu maksatla göğüs yüksekliğindeki çapından ( $d_{1,30}$ ) biyokütle gelişimini

tahmin etmek için uygun bulunan tek girişli modeller ile göğüs yüksekliğindeki çapı ( $d_{1,30}$ ) ve ağaç boyunu (h) bağımsız değişken olarak kullanarak biyokütleyi belirlemede başarılı olan çift girişli modeller Tablo 3'te verilmiştir. Çift girişli modeller arasında ibre için uygun bulunan model logaritmik model olarak belirlenmiştir. Logaritmik modeller sistematik olarak daha küçük hesaplamalar yaptığı için f düzeltme faktörü ile çarpılması önerilmektedir (Durkaya, 1998).

Tablo 3  
Biyokütle modelleri

Göğüs çapını ( $d_{1,30}$ ) bağımsız değişken olarak kullanan modeller								
	R <sup>2</sup>	F	S <sub>e</sub>	TH (%)	OMH (%)	OS	OMS	f
GÖVDE = 83,8725-11,1023 $d_{1,30}$ +0,5047 $d_{1,30}^2$	0,88	103,99	21,14	-0,017	18,15	-0,015	16,07	26
DAL = 0,432+0,0129 $d_{1,30}^2$	0,80	116,10	1,46	0,25	19,59	0,014	1,11	27
İBRE = 5,8062-0,6284 $d_{1,30}$ +0,0255 $d_{1,30}^2$	0,85	82,1	1,05	-0,227	14,73	-0,010	0,68	28
TAC = -0,694+0,0237 $d_{1,30}^2$	0,91	300,2	1,68	-0,19	12,79	-0,020	1,31	28
KÖK = 4,2147+0,0481 $d_{1,30}^2$	0,55	35,6	9,9	-0,024	23,85	-0,0067	6,5	30
TÜM AĞAÇ = 73,7466-9,7579 $d_{1,30}$ +0,5452 $d_{1,30}^2$	0,91	154,3	22,31	-0,017	13,94	-0,022	17,58	31
Göğüs çapını ( $d_{1,30}$ ) ve ağaç boyunu (h) bağımsız değişken olarak kullanan modeller								
	R <sup>2</sup>	F	S <sub>e</sub>	TH (%)	OMH (%)	OS	OMS	f
GÖVDE = 11,597+0,61554 $d_{1,30}$ -0,1 $d_{1,30}h$ -0,0574 $d_{1,30}^2$ +0,0213 $d_{1,30}^2h$	0,94	96,22	16,02	0,0074	12,32	0,0065	10,91	32
DAL = 6,964+-1,878 $d_{1,30}$ +0,1182 $d_{1,30}h$ +0,0804 $d_{1,30}^2$ -0,005 $d_{1,30}^2h$	0,87	45,2	1,22	-1,43	16,06	-0,08	0,91	33
lnİBRE = 5,2006-3,3152ln $d_{1,30}$ +0,7235ln $d_{1,30}^2$ -1,5726lnh +0,5908ln $^2h$	0,95	112	0,14	1,09	8,66	0,05	0,40	1,02
TAC = 42,8096-4,7887 $d_{1,30}$ +0,4618 $d_{1,30}h$ +0,1358 $d_{1,30}^2$ -4,1287h+-0,011 $d_{1,30}^2h$	0,96	108,0	1,28	1,48	8,71	-0,15	0,89	35
KÖK = -11,6187+1,1084 $d_{1,30}^2$ +1,068h+0,031 $d_{1,30}^2$ -0,09h <sup>2</sup>	0,56	8,47	10,2	0,18	24,36	0,04	6,64	36
TÜMAĞAÇ = 2,888-3,249 $d_{1,30}$ +0,1226 $d_{1,30}h$ +0,1668 $d_{1,30}^2$ +0,0108 $d_{1,30}^2h$	0,94	115,9	18,5	0,03	10,76	0,05	13,57	37

Çalışmada her bileşen için ayrı ayrı belirlenen biyokütle değerleri karbon dönüştürme oranı ile çarpılarak, bileşenlerde depolanan karbon miktarına ulaşılabilmektedir. Bu amaçla Türkiye'nin içerisinde bulunduğu ılıman kuşak ormanlarında iğne yapraklı orman ağaçları için bu oran 0,51 olarak önerilmektedir (IPCC, 2006). Buna göre çalışmada geliştirilen uygun biyokütle denklemleri kullanılarak alanda depolanan karbon miktarı belirlenebilir.

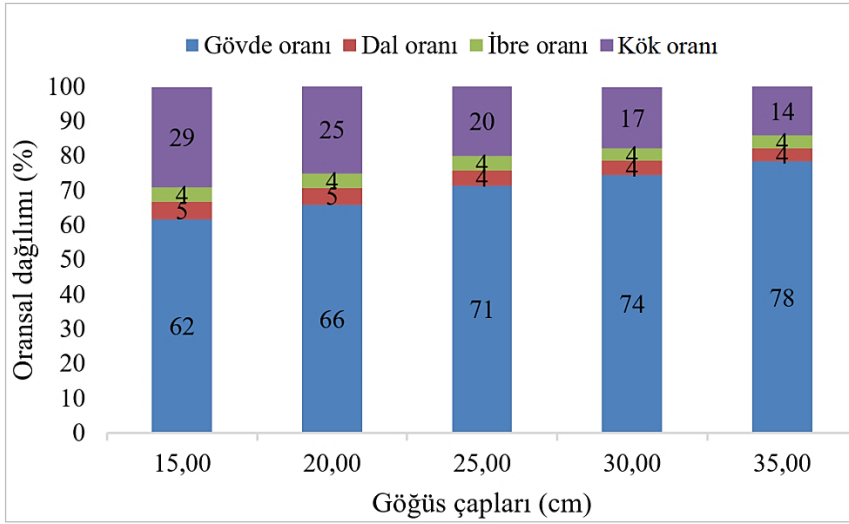
Çalışmada kızılçam gövde odun yoğunluğu ortalaması 0,434±0,022 olarak hesaplanmıştır. Kök/sak oranı ortalaması ise 0,241±0,015, ibre kuru madde oranı ortalaması ise 0,647 ±0,022 olarak hesaplanmıştır. Kızılçam bireylerinin gövde hacmi (v) ile ağaç bileşenlerinin biyokütleleri arasındaki ilişkinin karşılıklı olarak görülebilmesi için öncelikle gövde hacmi-biyokütle ilişkileri ağaç bileşenlerine göre modellenmiştir. Modeller Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4  
Gövde hacimleri ile ağaç bileşenlerine ait biyokütle miktarları arasındaki ilişki

	Denklem	R <sup>2</sup>	F	S <sub>e</sub>	TH (%)	OMH (%)	OS	OMS
<b>Gövde</b>	= -10,552+511,95(v)	0,82	132	25,5	0,000037	21,8	-0,000033	19,38
<b>Dal</b>	= 1,668+20,71(v)	0,45	24	2,4	-0,0041	35,5	0,00023	2,01
<b>İbre</b>	= 0,083+23,46(v)	0,84	156	1,07	-0,0052	17,1	0,000023	0,79
<b>Taç</b>	= 1,75+44,18(v)	0,69	64	3,14	-0,0025	24,9	0,00026	2,57
<b>Kök</b>	= 12,473+76,37(v)	0,30	12	12,3	-0,00000049	29,9	0,0000013	8,15
<b>Tüm Ağaç</b>	= 3,67+632,49(v)	0,79	107	34,9	-0,0041	21,3	0,0051	26,7

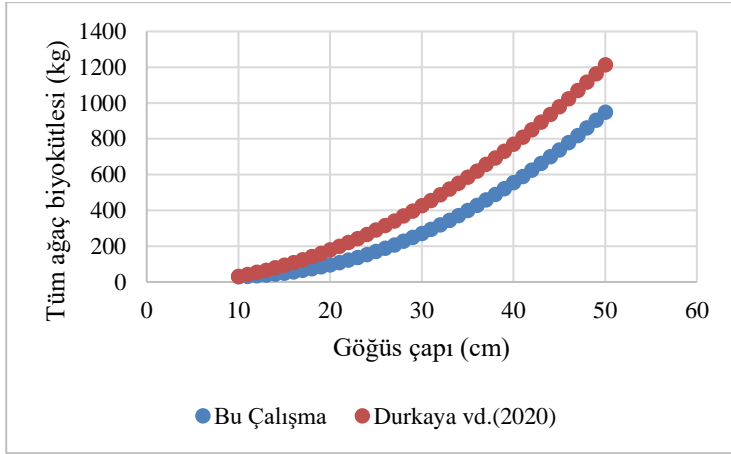
Orman alanlarında meşcerede biriken karbonun hesaplanması amacıyla, ne kadar biyokütle üretiminin gerçekleştirildiğinin bilinmesi gereklidir. Biyokütle belirlenmesinde de bu çalışmada da kullanılan allometrik ilişkilerin kullanımı sıklıkla tercih edilmektedir. Ağaçların kesilip tartılmasıyla direkt olarak biyokütle belirlenmesinin mümkün olduğu metoda göre daha kolay ve daha ucuz bir yöntemdir (St. Clair, 1993). Bu

çalışmada Mersin-Bozyaka-Kozağacı Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki kızılçam ağaçlandırmalarından alınan örnek ağaçlar kullanılarak ağaç bileşenlerine göre biyokütle miktarının belirlenmesi amacıyla, allometrik biyokütle denklemleri belirlenmiştir. Çalışmada biyokütle denklemlerine ilaveten bileşenlerin gövde hacimleri ile bileşenlerin biyokütle miktarları arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Bu sayede orman amenajman planlarında bulunan dikili gövde hacmi kullanılarak bileşenlerin ihtiva ettikleri biyokütle miktarlarına ulaşabilmek mümkün olacaktır. Sonuçlar, göğüs çapının tek olarak ve göğüs çapı ile ağaç boyunun birlikte bağımsız değişken olarak kullanılmasıyla, bileşenlerin ve tüm ağaç biyokütlesinin belirlenmesinde güvenle kullanılabilirliğini göstermektedir. Tek değişkene kıyasla iki değişkenin kullanılmasında özellikle toprak üstü bileşenlerde  $R^2$  değerlerinde önemli derecede artış gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen denklemler kullanılarak, farklı çap değerlerinde ağaç bileşenlerinin biyokütle oranlarının değişimi incelendiğinde, 15 cm çapta gövde oranı %62 iken, 35 cm çapta %78'e yükseldiği görülmektedir (Şekil 3). Bu sonuçlara benzer olarak Sakıcı vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada da ince çaptan kalın çapa gidildikçe gövde oranının arttığı görülmektedir. Bununla birlikte, dal ve ibre biyokütle oranlarında çok fazla değişiklik olmamasına karşılık kök biyokütlesinin çap artışıyla birlikte azalış gösterdiği görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Toplam biyokütlenin ağaç bileşenlerine yüzde (%) olarak dağılımı

Çalışmada kızılçam gövde odun yoğunluğu ortalaması  $0,434 \pm 0,022$  olarak hesaplanmıştır. Bu sonucun, Durkaya vd. (2020) çalışmasında kızılçam için belirlenmiş olan  $0,696 \pm 0,034$  odun yoğunluk değerinden daha düşük olduğu görülmektedir. Yine çalışmada belirlenen LDMC  $0,647 \pm 0,022$  değeri kızılçamın  $0,588 \pm 0,013$  LDMC değerinden daha düşük olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan örnek ağaçların genç olmaları, daha küçük çap ve boy değerlerine sahip olması dolayısıyla odunun teknolojik özelliklerindeki farklılıkların bu durumun oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca aynı çapta olan bireylerin yetiştirme ortamı koşullarına bağlı olarak daha iyi boy gelişmesi yapması da bu farkın oluşmasına sebep olarak görülebilir. Nitekim bu iki çalışmada toplam toprak üstü biyokütle değerleri kıyaslandığında bu çalışmada elde edilen biyokütle miktarlarının daha düşük olduğu gözlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Toprak üstü tüm ağaç biyokütlesinin kıyaslanması

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada göğüs çapı ile göğüs çapı ve ağaç boyu kullanılarak genç kızılçam meşcereleri için biyokütle denklemleri geliştirilmiştir. Toprak üstü ve toprak altı ağaç bileşenleri için geliştirilen biyokütle denklemleri kullanılarak, Mersin Bozyazı Orman İşletme Müdürlüğü Orman Kozağacı İşletme Şefliği sınırlarındaki kızılçam ağaçlandırma alanlarının biyokütleleri toprak üstü ve toprak altı bileşenleri olarak 10-40 cm göğüs çapı için güvenle tahmin edilebilir. Ancak 10 cm çapında örnek ağacın bir adet olması ve ardından gelen en kalın çaplı örnek ağacın 13 cm göğüs çapına sahip olduğu göz önüne alındığında 15-30 cm çap aralığının daha güvenle kullanılabilmesi ön görülmektedir. Ayrıca kızılçam meşcerelerinde biriken karbon stok miktarlarının belirlenmesi amacıyla, kuru ağırlık miktarları 0,51 ile çarpılarak karbon depolama değerlerine ulaşmak mümkündür. Çalışmada orman amenajman planlarında verilen hacim miktarları kullanılarak, yöre için kızılçam ağaç bileşenlerinin ne miktarda biyokütle üretimi yaptıkları da geliştirilen gövde hacimleri ile ağaç bileşenlerine ait biyokütle denklemleri ile belirlenebilecektir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada verilerin araziden elde edilmesinde destek sağlayan Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Bozyazı İşletme Müdürlüğü ve Kozağacı İşletme Şefliği'nin tüm personeline teşekkür ederiz.

#### Yazar Katkıları

Yazar Birsen Durkaya: Çalışmayı tasarlamış, verilerin laboratuvar işlemlerini gerçekleştirmiş, çalışmanın istatistiksel analizlerini yapmış ve makaleyi yazmıştır.

Yazar Ali Durkaya: Çalışmayı planlamış ve tasarlamıştır.

Yazar Gülhan Sayın: Çalışmanın arazi çalışmasında veri toplamış.

#### Kaynaklar

Aholoukpè, H., Dubos, B., Flori, A., Deleporte, P., Amadji, G., Chotte, J. L., & Blavet, D. (2013). Estimating aboveground biomass of oil palm: allometric equations for estimating frond biomass. *Forest Ecology and Management*, 292, 122-129.

Anon., (2016). Orman Genel Müdürlüğü, Mersin Orman Bölge Müdürlüğü, Bozyazı Orman İşletme Müdürlüğü, Kozağacı Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı, 2016-2035.

Anonim, (2020). Türkiye Orman Varlığı. Erişim adresi: <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-site-si/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf> (Erişim tarihi:20.06.2022)



- Bilgili, E., & Kucuk, O. (2009). Estimating above-ground fuel biomass in young Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.). *Energy & Fuels*, 23(4), 1797-1800.
- Brown, S. (2002). Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution*, 116(3), 363-372.
- De-Miguel, S., Mehtatalo, L., & Durkaya, A. (2014). Developing generalized, calibratable, mixed-effects meta-models for large-scale biomass prediction. *Canadian Journal of Forest Research*, 44(6), 648-656.
- Durkaya, A., Durkaya, B., & Ünsal, A. (2009). Predicting the above-ground biomass of calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(11).
- Durkaya, A., Durkaya, B., Makineci, E., & Orhan, I. (2015). Aboveground biomass and carbon storage relationship of Turkish pines. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(11), 3573-3583.
- Durkaya, B. (1998). *Construction of biomass tables of oak stands in Zonguldak Forest Enterprise*. ZKÜ Grad. Sch. Ap. Nat. Sci., M. Sc. Thesis, 110.
- Durkaya, B., Durkaya, A., & Kaptan, S. (2020). BEF-BCEF calculations for Turkey's important coniferous species. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(3), 1053-1060.
- Durkaya, B., Durkaya, A., Onal, G., & Kaptan, S. (2018). Evaluation of the effects of various factors on aboveground and belowground biomass storage capacity of *Rhododendron ponticum*. *Bosque*, 39(1), 95-106.
- Dutca, I., Abrudan, I. V., Stancioiu, P. T., & Blujdea, V. (2010). Biomass conversion and expansion factors for young Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) trees planted on non-forest lands in Eastern Carpathians. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(3), 286-292.
- Eker, M., Poudel, K. P., & Özçelik, R. (2017). Aboveground biomass equations for small trees of brutian pine in Turkey to facilitate harvesting and management. *Forests*, 8(12), 477.
- Eker, M., & Ozcelik, R. (2017). Estimating recoverable fuel wood biomass from small diameter trees in Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12A), 8286-8297.
- Güngöröglü, C., Güney, Ç. O., Sari, A., & Serttaş, A. (2018). Predicting crown fuel biomass of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) for the Mediterranean regions of Turkey. *Şumarski List*, 142(11-12), 601-610.
- IPCC, (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.). IGES, Japan. Erişim adresi: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> [Verified 29/10/2008].
- Ketterings, Q. M., Coe, R., van Noordwijk, M., & Palm, C. A. (2001). Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146(1-3), 199-209.
- Mahmood, H., Siddique, M. R. H., Islam, S. M., Abdullah, S. M., Matieu, H., Iqbal, M., & Akhter, M. (2020). Applicability of semi-destructive method to derive allometric model for estimating above-ground biomass and carbon stock in the Hill zone of Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 31(4), 1235-1245.
- Mokany, K., Raison, R. J., & Prokushkin, A. S. (2006). Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12(1), 84-96.
- Neumann, M., Moreno, A., Mues, V., Härkönen, S., Mura, M., Bouriaud, O., ... & Hasenauer, H. (2016). Comparison of carbon estimation methods for European forests. *Forest Ecology and Management*, 361, 397-420.
- Poorter, H., Jagodzinski, A. M., Ruiz-Peinado, R., Kuyah, S., Luo, Y., Oleksyn, J., ... & Sack, L. (2015). How does biomass distribution change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents. *New Phytologist*, 208(3), 736-749.
- Porte, A., Trichet, P., Bert, D., & Loustau, D. (2002). Allometric relationships for branch and tree woody biomass of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Forest Ecology and Management*, 158(1-3), 71-83.
- Sakici, O. E., Kucuk, O., & Ashraf, M. I. (2018). Compatible above-ground biomass equations and carbon stock estimation for small diameter Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(5), 1-10.
- St. Clair, J. B. (1993). Family differences in equations for predicting biomass and leaf area in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). *Forest Science*, 39(4), 743-755.