



## Türkiye'nin Önemli İğne Yapraklı Ağaç Türleri İçin BEF-BCEF Hesaplamaları

Birsen DURKAYA<sup>1\*</sup>, Ali DURKAYA<sup>1</sup>, Sinan KAPTAN<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

### Öz

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)'ne taraf olan ülkelerin her biri karbon stok gelişim düzeyini belirlemek amacıyla kendi ülkeleri için çeşitli ulusal raporlar hazırlamak ve iletmekle yükümlüdür. Bu amaçla kullanılan odunsu biyokütlenin hesabında genel kabul görmüş iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi, allometrik eşitlikler, ikincisi ise biyokütle belirlemede Biyokütle Genişletme Faktörleri (BEF) ya da Biyokütle Çevirme ve Genişletme Faktörlerinin (BCEF) kullanımınıdır. Türkiye'de zaman içinde çeşitli araştırmacılar tarafından BEF ve BCEF değerleri hesaplanmıştır. Fakat bu katsayılar genellikle türetilmiş tablo değerlerinden elde edilmiştir. Bu çalışmada ise Türkiye'nin önemli iğne yapraklı türleri için ağaç bileşenlerine ait BEF ve BCEF katsayıları arazi verilerinden elde edilen gerçek ölçüm değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca ibre kuru madde içeriği (LDMC) ve odun yoğunluk değerleri de (WD) hesaplanmıştır. Toprak üstü ortalama BEF değeri iğne yapraklı ağaçlar için 1,374 olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İğne yapraklı türler, biyokütle, BEF, BCEF, LDMC, WD.

## BEF-BCEF Calculations for Turkey's Important Coniferous Species

### Abstract

Countries that are parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) are obliged to prepare and deliver various national reports in order to determine the level of carbon stock development of the situation in their countries. There are two generally accepted approaches to calculate the woody biomass used for this purpose. The first is the allometric equations, the second is the use of Biomass Expansion Factors (BEF) or Biomass Conversion and Expansion Factors (BCEF) in biomass determination. BEF and BCEF values are calculated by various researchers over time in Turkey. However, these coefficients are generally obtained from derived table values. In this study, BEF and BCEF coefficients belonging to the tree components were determined using real measurement values obtained from plot data for important coniferous species of Turkey. In addition, leaf dry matter content (LDMC) and wood density values (WD) were also calculated. The average above ground BEF value was determined as 1.374 for coniferous trees.

**Keywords:** Coniferous species, biomass, BEF, BCEF, LDMC, WD.

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Birsen DURKAYA (Prof. Dr.); Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın-Türkiye. Tel: +90 (378) 223 5173  
E-mail: [bdurkaya@bartin.edu.tr](mailto:bdurkaya@bartin.edu.tr) ORCID: 0000-0002-3132-7044

Geliş (Received) : 06.10.2020  
Kabul (Accepted) : 20.11.2020  
Basım (Published) : 15.12.2020

## 1. Giriş

Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC)'ne taraf olan ülkeler, sözleşmenin gereklerini yerine getirmek ve ülkelerindeki durumun gelişim düzeyini belirlemek amacıyla çeşitli ulusal raporlar hazırlamak ve iletmekle yükümlüdür. İklim değişikliği ile mücadele sözleşmesini imzalayan tüm ülkeler gibi, 2009 yılında Kyoto Protokolü'ne taraf olan Türkiye de Ulusal Bildirimler ve Seragazi Envanterleri hazırlamaya başlamıştır.

Gerek Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişimi ve Ormancılık İçin İyi Uygulama Rehberi (Good Practise Guidance for LULUCF)'nde, gerekse 2013 yılından sonra kullanılmaya başlanan Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanım Rehberi (AFOLU)'nde ülkelerin karbon stok miktarları ve değişimlerini objektif ve uygun yöntemler kullanarak hesaplamaları istenmektedir. Her iki rehberde de ülkelerin yapmış oldukları orman envanterlerinde belirlenen ağaç serveti ve artım değerleri, çeşitli katsayıların kullanılması ile biyokütleye dönüştürülmektedir. Daha sonra ise, biyokütle değerlerinin karbon miktarlarına dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Yine bu rehberler, belirlenen değişikliklerin zaman içerisinde azaltılması yönünde önlemlerin alınmasını öngörmektedir (IPCC, 2003; IPCC, 2006).

Ormanda meşcere biyokütlesini belirlemek için en doğru sonucu veren yöntemin, doğrudan ölçüm yapmak olduğu tartışmasız bir gerçektir. Ancak bunun pratikte uygulanabilirliği olmadığından biyokütlenin belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Odunsu biyokütlenin hesabında genel kabul görmüş iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi, kolay ölçülen ağaç özelliklerini kullanarak ağaç biyokütlesinin tahminine imkân veren allometrik eşitlikler (Allometric Equation), ikincisi ise biyokütle belirlenmesinde Biyokütle Genişletme Faktörleri (Biomass Expansion Factors (BEF)) ya da Biyokütle Çevirme ve Genişletme Faktörleri (Biomass Conversion and Expansion Factors (BCEF)) kullanımınıdır (Dutca vd., 2010; Blujdea vd., 2012; Aholoukpe, 2013; Durkaya vd., 2014; Neumann vd., 2016; Mahmood vd., 2020). Allometrik denklemlerin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda veri toplama esnasında fazlaca iş gücü, zaman ve masraf gerekmektedir. Ancak ağaç türü ve yetiştirme ortamına göre belirlenmiş bu denklemlerle daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmaktadır. BEF ve BCEF kullanılarak biyokütle belirlenmesinde daha düşük hassasiyet olmasına rağmen, orman envanterine dayalı olarak geniş alanlarda BEF ve BCEF kullanımı mümkün olmaktadır (Poorter vd., 2015; Neumann vd., 2016). BEF ve BCEF kullanılarak ulusal ölçekte değerlendirmeler yaparken, hatalara neden olmamak için katsayıların yetiştirme ortamı koşullarına göre belirlenmesi önerilmektedir (Teobaldelli vd., 2009; Petersson vd., 2012).

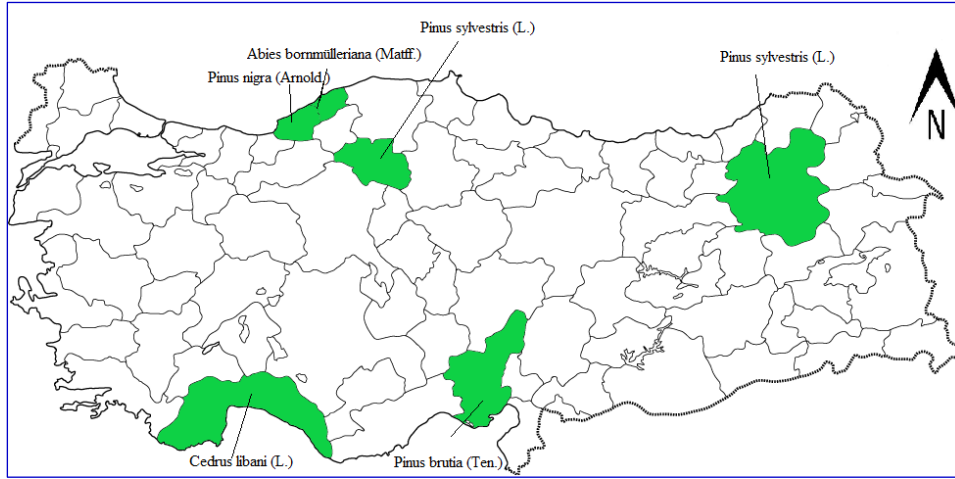
Türkiye'de karbon stok miktarlarının ve değişimlerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen ilk katsayılar Asan (1995, 2011) tarafından ortaya konulmuştur. Dikili gövde hacmine karşılık gelen gövde biyokütlesini toprak üstü biyokütleye dönüştürme katsayısı (BEF1 değeri); geniş yapraklılar için 1,24 ve iğne yapraklılar için 1,22 olarak belirlenmiştir. Ticari gövde odununu kullanarak toprak üstü biyokütleye dönüşümü sağlayan BEF2 katsayısı ise, geniş yapraklılar için 1,24 ve iğne yapraklılar için 1,26 olarak belirlenmiştir (ÇOB, 2006). Tolunay ve Çömez (2008) ile Tolunay (2011) tarafından artan biyokütle çalışmalarına koşut olarak BEF1 ve BEF2 katsayıları yenilenmiştir. Tolunay (2019) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'de yapılan çeşitli biyokütle çalışmalarından elde edilen biyokütle denklemleri ya da tabloları kullanılarak BEF1 katsayısı geniş yapraklılar için 1,310, iğne yapraklılar için 1,212, BEF2 katsayısı ise geniş yapraklılar için 1,326 ve iğne yapraklılar için 1,262 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada BCEF katsayıları bileşenlere göre iğne yapraklılar için; 0,028 ile 0,612, geniş yapraklılar için 0,039 ile 0,797 arasında hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli iğne yapraklı ağaç türlerinden *Pinus sylvestris* (L.), *Pinus brutia* (Ten.), *Pinus nigra* (Arnold.), *Abies bornmülleriana* (Matff.) ve *Cedrus libani* (L.) için ağaç bileşenlerine ait BEF ve BCEF katsayılarının arazi verilerinden elde edilen gerçek ölçüm değerleri kullanılarak yenilenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca ibre kuru madde içeriği (LDMC) ve odun yoğunluk değerlerinin (WD) hesaplanması hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışmanın hazırlanmasında, ağaç türlerinin biyokütle denklemlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmış olan çalışmaların arazi ve laboratuvar ölçümlerinin gerçek değerleri kullanılmıştır. Bu amaçla Çankırı-Çerkeş yöresi plantasyon ve doğal genç sarıçamları, Adana yöresi doğal kızılçamları, Zonguldak yöresi karaçamları, Erzurum yöresi sarıçamları, Antalya yöresi sedir ve Bartın yöresi göknar biyokütle çalışmalarının verilerinden yararlanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Örnek ağaçların alındığı yerler.

Tablo 1’de ağaç türleri ve yararlanılan kaynaklar verilmiştir. Bu türlerin seçilmesindeki en önemli unsur ağaçların gövde hacimlerinin de örnek ağaçlardan elde edilen verilerle hesaplanmış olmasıdır. Türler içerisinde yalnızca Çerkeş yöresi genç sarıçam meşcereleri için toprak altı çalışma mevcuttur. Bu nedenle toprak altı BEF ve BCEF değerleri bu tür için hesaplanmıştır.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan ağaç türleri.

Ağaç türü	Ağaç sayısı	d <sub>1,30</sub> (cm) Ort. (min-max)	Kaynak
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç- Plantasyon)	20	14,55 (5-26)	Durkaya vd. 2016
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç-Doğal)	20	15,20 (5-26)	Durkaya vd. 2016
<i>Pinus brutia</i>	39	25,51 (8-52)	Durkaya vd. 2015
<i>Pinus nigra</i>	40	28,40 (8-58)	Durkaya vd. 2015
<i>Pinus sylvestris</i>	37	30,84 (10-58)	Durkaya vd. 2015
<i>Cedrus libani</i>	36	20,97 (8-43)	Durkaya vd. 2013
<i>Abies bornmülleriana</i>	34	23,94 (6-56)	Durkaya vd. 2013

## 2.2. Metot

Türkiye’de biyokütle konusunda son yıllarda birçok çalışma yapılmaktadır. Yapılan çalışmalar toprak üstü biyokütle ağırlıklı olmakla birlikte son yapılan çalışmalarda toprak altı biyokütlesine yoğunlaşıldığı görülmektedir. Ağaçların gerçek ağırlık ve hacim değerlerinin kullanılmasıyla katsayıların hesaplanması amaçlanan bu çalışmada, hedeflenen BEF-BCEF değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Tobin ve Nieuwenhuis, 2007; Dutca vd., 2010; Güner ve Çömez, 2017). Türler için BEF katsayıları Eşitlik 1’de gösterildiği gibi bileşenlerin biyokütle değerinin (B) gövde biyokütle değerine ( $B_{gövde}$ ) oranlanarak hesaplanmıştır. Gövde hacmini doğrudan ağaç biyokütlesine dönüştüren bir katsayı olan BCEF, ağaç bileşenleri için ayrı ayrı hesaplanabilmektedir (Dutca vd., 2010; Tolunay, 2012; Luo vd., 2014; Güner ve Çömez, 2017; Jagodziński vd., 2017). Türler için BCEF değerleri ağaç bileşenlerinin biyokütle değerlerinin ( $B_i$ ) gövde hacimlerine (GH) oranıyla hesaplanmıştır (Eşitlik 2). Genç sarıçam türünün plantasyon ve doğal örnekleri için kök sak oranları belirlenmiştir.

$$BEF_i = \frac{B_i}{B_{Gövde}} \quad (1)$$

$$BCEF_i = \frac{B_i}{GH} \quad (2)$$

LDMC, bitki büyüme oranını ve karbon asimilasyonunu yansıtan, bitki ekolojisinde önemli bir özelliktir (Garnier vd., 2001; Shipley ve Vu, 2002; Ali vd., 2016; Illa vd., 2017). Yaprak kuru madde içeriği (LDMC), iğne yaprak kuru kütlelerinin yaş kütleyle oranı Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır (Zhang vd., 2017).

$$LDMC = \frac{B_{kuru\ ibre}}{B_{yaş\ ibre}} \quad (3)$$

Ağaç türlerine ait odun yoğunluk (WD) değerleri Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$WD = \frac{B_{kabuklu\ gövde}}{V_{kabuklu\ gövde}} \quad (4)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada belirlenen BEF değerleri Tablo 2’de BCEF değerleri ise Tablo 3’te verilmiştir. Ağaç türlerinin Tablo 2’deki değerleri kullanılarak ağırlıklı ortalamaları hesaplanmıştır. Buna göre  $BEF_{toprak\ üstü}$  değeri 1,374,  $BEF_{dal}$  değeri 0,382,  $BEF_{ibre}$  değeri 0,102 ve genç sarıçam için hesaplanan  $BEF_{toprak\ altı}$  değeri 0,282 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. Ağaç türleri için BEF değerleri.

Ağaç türü	$BEF_{toprak\ üstü}$	$BEF_{dal}$	$BEF_{ibre}$	$BEF_{toprak\ altı}$
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç- Plantasyon)	1,788±0,101	0,404±0,08	0,384±,040	0,308±0,024
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç-Doğal)	1,224±0,018	0,098±0,015	0,127±0,008	0,255±0,019
<i>Pinus brutia</i>	1,593±0,108	0,794±0,202	0,041±0,011	
<i>Pinus nigra</i>	1,308±0,043	0,578±0,114	0,041±0,011	
<i>Pinus sylvestris</i>	1,276±0,024	0,230±0,030	0,071±0,006	
<i>Cedrus libani</i>	1,215±0,058	0,189±0,015	0,082±0,006	
<i>Abies bornmülleriana</i>	1,319±0,025	0,202±0,016	0,118±0,010	

BCEF değerleri için belirlenen ağırlıklı ortalama değerleri ise,  $BEF_{toprak\ üstü}$  0,769,  $BCEF_{gövde}$  0,559,  $BCEF_{dal}$  0,222,  $BCEF_{ibre}$  0,061 ve genç sarıçam için hesaplanan  $BCEF_{toprak\ altı}$  değeri 0,023 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Ağaç türleri için BCEF değerleri.

Ağaç türü	$BCEF_{toprak\ üstü}$	$BCEF_{gövde}$	$BCEF_{dal}$	$BCEF_{ibre}$	$BCEF_{toprak\ altı}$
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç- Plant.)	0,818±0,049	0,468±0,023	0,179±0,037	0,171±0,017	0,140±0,011
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç-Doğal)	0,571±0,015	0,466±0,011	0,045±0,007	0,059±0,004	0,118±0,010
<i>Pinus brutia</i>	1,083±0,076	0,696±0,034	0,513±0,132	0,075±0,009	
<i>Pinus nigra</i>	0,669±0,035	0,512±0,023	0,337±0,078	0,020±0,004	
<i>Pinus sylvestris</i>	0,772±0,051	0,612±0,043	0,133±0,018	0,043±0,005	
<i>Cedrus libani</i>	0,702±0,018	0,544±0,015	0,107±0,006	0,052±0,007	
<i>Abies bornmülleriana</i>	0,685±0,023	0,525±0,019	0,101±0,008	0,059±0,005	

Yararlanılan kaynakların tümünde veriler incelendiğinde, verilerin gövde odunu-gövde kabuğu, dal odunu-dal kabuğu olarak ayrıldığı görülmektedir. Ayrıca toprak altı çalışmasının yapıldığı genç sarıçam için ise kök biyokütlesi belirlenirken, dip kütük (ana kök) odun-kabuk, yine köklerin 4 cm’den kalın ve 4 cm’den ince olarak ayrılarak odun ve kabuk ağırlıklarının ayrı ayrı belirlendiği görülmektedir. Bu ayrıntılar göz önüne alınarak BCEF değerleri odun ve kabuklar için ayrı ayrı belirlenerek Tablo 4 ve Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 4. Toprak üstü odun ve kabuk BCEF değerleri.

Ağaç türü	$BCEF_{gövde\ odun}$	$BCEF_{gövde\ kabuk}$	$BCEF_{dal\ odun}$	$BCEF_{dal\ kabuk}$
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç- Plant.)	0,411±0,019	0,056±0,004	0,133±0,027	0,047±0,009
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç-Doğal)	0,422±0,009	0,043±0,002	0,034±0,005	0,012±0,002
<i>Pinus brutia</i>	0,597±0,032	0,097±0,009	0,441±0,112	0,072±0,016
<i>Pinus nigra</i>	0,433±0,018	0,079±0,007	0,271±0,062	0,067±0,014
<i>Pinus sylvestris</i>	0,568±0,039	0,044±0,005	0,104±0,009	0,029±0,009
<i>Cedrus libani</i>	0,428±0,010	0,115±0,011	0,066±0,004	0,041±0,003
<i>Abies bornmülleriana</i>	0,449±0,015	0,075±0,006	0,074±0,005	0,027±0,003

Ortalama değerler hesaplandığında,  $BCEF_{\text{toprak üstü}} 0,769$ ,  $BCEF_{\text{gövde odun}} 0,482$ ,  $BCEF_{\text{gövde kabuk}} 0,076$ ,  $BCEF_{\text{dal odun}} 0,177$ ,  $BCEF_{\text{dal kabuk}} 0,045$  olarak hesaplanırken, toprak altı için yapılan çalışmada  $BCEF_{\text{toprak altı}} 0,129$ ,  $BCEF_{\text{dip kütük odun}} 0,057$ ,  $BCEF_{\text{dip kütük kabuk}} 0,010$  ve 4 cm'den büyük kök odunu için  $BCEF 0,035$  olarak hesaplanmıştır. Tablo 5'de görüldüğü üzere 4 cm'den büyük kök kabuk, 4 cm'den küçük kök odun ve kabuk değerleri 0,000 cm'den küçük katsayılar vermektedir.

Tablo 5. Toprak altı odun ve kabuk BCEF değerleri.

Ağaç türü	$BCEF_{\text{dip}}$	$BCEF_{\text{dip}}$	$BCEF_{4\text{cm'den}}$	$BCEF_{4\text{cm'den}}$	$BCEF_{4\text{cm'den}}$	$BCEF_{4\text{cm'den}}$
	kütük odun	kütük kabuk	büyük odun	büyük kabuk	küçük odun	küçük kabuk
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç- Plant.)	0,064±0,005	0,010±0,000	0,034±0,004	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç-Doğal)	0,050±0,005	0,010±0,001	0,035±0,005	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000

Çalışmada ağaç türlerine ait yaprak kuru madde içeriği (LDMC) ve odun yoğunluk (WD) değerleri hesaplanmış ve Tablo 6'da verilmiştir. Ağırlıklı ortalama değerleri hesaplandığında, LDMC için 0,459 ve WD için 0,559 olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Ağaç türleri için LDMC ve WD değerleri.

Ağaç türü	LDMC	WD
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç- Plant.)	0,396±0,003	0,468±0,023
<i>Pinus sylvestris</i> (Genç-Doğal)	0,426±0,004	0,466±0,011
<i>Pinus brutia</i>	0,588±0,013	0,696±0,034
<i>Pinus nigra</i>	0,456±0,015	0,511±0,023
<i>Pinus sylvestris</i>	0,418±0,005	0,612±0,043
<i>Cedrus libani</i>	0,433±0,014	0,544±0,015
<i>Abies bornmülleriana</i>	0,440±0,011	0,525±0,020

Genç sarıçam türünün plantasyon örneklerinden kök-sak oranı  $0,172 \pm 0,011$  ve doğal örnekleri için kök-sak oranı ise  $0,207 \pm 0,015$  olarak belirlenmiştir. Durkaya vd. (2019) tarafından karaçam için kök-sak oranı 0,137 olarak tespit edilmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Orman ekosistemlerinin bağlanmış olduğu karbon miktarlarının belirlenebilmesi, biyokütle miktarlarının ve değişimlerinin tam ve kesin olarak belirlenebilmesi ile mümkün olmaktadır. Allometrik biyokütle denklemlerinin her bir tür ve yetişme ortamı için belirlenmesiyle yapılacak hesaplamaların daha tutarlı sonuçlar vereceği bilinmektedir. Ancak genel kabul gören yaklaşım, envanter verilerinin doğrudan kullanımına dayanarak biyokütlenin belirli katsayılar aracılığıyla gövde hacmi üzerinden hesaplanmasıdır. Bu amaçla Türkiye ormanları için Tolunay (2012) tarafından geliştirilen BEF katsayılarının kullanıldığı, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planları (ETFOP)'nda önerilen yöntemle yapılan hesaplamaların sonuçlarına göre uluslararası karbon bildirimleri yapılmaktadır (Durkaya vd., 2017). Bu yöntemde iğne yapraklı türler için  $BEF_{\text{toprak üstü}}$  değeri 1,212 alınırken, geniş yapraklı türler için 1,310 olarak alınmaktadır. Ancak kullanılan bu katsayılar, ağaç türlerinin tablo değerleri üzerinden belirlenmiş olup, regresyon denklemleri ve bunlara bağlı olarak istatistiksel hataları da barındırmaktadır. Bu çalışmada katsayıların tablo değerleri yerine örnek ağaçların arazi üzerindeki gerçek değerlerine dayanarak hesaplanması amaçlanmıştır. Farklı ağaç bileşenlerinin hesaplandığı çalışmada toprak üstü biyokütlenin hesaplanmasında kullanılacak  $BEF_{\text{toprak üstü}}$  katsayısının en düşük değeri 1,215 ile sedir, en yüksek değerse 1,788 ile genç sarıçam türünün plantasyon sahasından alınan örneklerinden belirlenmiştir (Tablo 2). Toprak üstü ortalama  $BEF_{\text{toprak üstü}}$  değeri iğne yapraklı ağaçlar için 1,374 olarak belirlenmiştir. Durkaya vd. (2019) tarafından Kızılcahamam yöresi karaçamları için yapılan çalışmada  $BEF_{\text{toprak üstü}}$  değeri 1,343 olarak bulunmuştur.  $BEF_{\text{dal}}$  değeri en düşük genç sarıçamın doğal ağaçlarında 0,098,  $BEF_{\text{ibre}}$  ise Adana yöresi kızılçam ve Bartın yöresi karaçamlarında 0,041 olarak en düşük değer elde edilmiştir.  $BEF_{\text{dal}}$  değeri Sedir için 0,189, göknar için ise 0,202 olarak hesaplanmış olup, aynı yörelere ait biyokütle tablolarını değerlendiren, Tolunay (2019) tarafından yapılan çalışmada bu değerler sırasıyla 0,220 ve 0,224 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde bu çalışmada  $BEF_{\text{ibre}}$  sedir için 0,082, göknar için 0,118 hesaplanırken, Tolunay (2019) 0,080 ve 0,121 olarak bulmuştur (Tablo 7), ayrıca BCEF katsayıları sedir ve göknar türleri için toprak üstü, gövde, dal ve ibre bazında kıyaslandığında, Tolunay (2019) tarafından belirlenen katsayılarından farklı değerler elde edildiği Tablo 7'de görülmektedir. Her iki çalışmada

katsayılar arasında çıkan farklılıkların temel nedeni Tolunay (2019)'ın tablo değerlerini kullanmasından, yapılan bu çalışmada ise gerçek değerler üzerinden yapılan hesaplamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 7. Sedir ve göknar ağaç türleri için belirlenen BEF-BCEF katsayıların karşılaştırılması.

Ağaç türü	BEF <sub>toprak üstü</sub>		BEF <sub>dal</sub>		BEF <sub>ibre</sub>			
	Bu çalışma	Tolunay, 2019	Bu çalışma	Tolunay, 2019	Bu çalışma	Tolunay, 2019		
<i>Cedrus libani</i>	0,215	1,300	0,189	0,220	0,082	0,080		
<i>Abies bornm.</i>	1,319	1,345	0,202	0,224	0,118	0,121		
	BCEF <sub>toprak üstü</sub>		BCEF <sub>gövde</sub>		BCEF <sub>dal</sub>		BCEF <sub>ibre</sub>	
	Bu çalışma	Tolunay, 2019	Bu çalışma	Tolunay, 2019	Bu çalışma	Tolunay, 2019	Bu çalışma	Tolunay, 2019
<i>Cedrus libani</i>	0,702	0,559	0,544	0,575	0,107	0,095	0,052	0,034
<i>Abies bornm.</i>	0,685	0,471	0,525	0,473	0,101	0,078	0,059	0,059

Yıllık net kabuklu hacim artımını toprak üstü biyokütleyle dönüştürme ve genişletme katsayısı olan BCEF<sub>toprak üstü</sub> 0,769, BCEF<sub>gövde odun</sub> 0,482, BCEF<sub>gövde kabuk</sub> 0,076, BCEF<sub>dal odun</sub> 0,177, BCEF<sub>dal kabuk</sub> 0,045 olarak hesaplanırken, genç sarıçam toprak altı için yapılan hesaplamada BCEF<sub>toprak altı</sub> 0,129, BCEF<sub>dip kütük odun</sub> 0,057, BCEF<sub>dip kütük kabuk</sub> 0,010 ve 4 cm'den büyük kök odunu için BCEF 0.035 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler ortalama değerler olup, Toprak üstü BCEF değeri (0,769), Tolunay (2019) tarafından yapılan çalışmada iğne yapraklı türler için belirlenmiş olan ortalama BCEF değerinden (0,541) yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu farkın hesaplama yöntemlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Karaçam türü için BCEF toprak üstü çalışmaları incelendiğinde, Kızılcahamam yöresi karaçamları için Durkaya vd. (2019) tarafından 0,825, Güner ve Çömez (2017) tarafından karaçam ağaçlandırmaları için 0,613 olarak belirlenmiş olup bu çalışmada Bartın yöresi karaçamları için belirlenmiş olan değer her iki değer arasında kaldığı görülmektedir. Aynı ağaç türü için farklı BCEF değerlerinin belirlenmesi mümkündür. Yüksek dikili servete sahip orman alanlarının daha düşük BCEF değerini oluşturdukları, tersine düşük dikili servete sahip olan ormanların daha yüksek BCEF değeri vermektedir (Güner ve Çömez, 2017). BCEF değeri odun yoğunluk değerine oranlanarak BEF değeri hesaplanabilmektedir. Ortalama 0,6 odun yoğunluğu varsayıldığında, Asya ve Avrupa kıtası için raporlanan BCEF değeri 0,4 ile 2,4 arasında değişmektedir (Marklund vd., 2006). Çalışmada belirlenen BCEF değerleri bu sınırlar içerisinde kalmaktadır.

Yaprak kuru madde içeriğini ifade eden LDMC değeri en düşük genç sarıçam plantasyon sahası verilerinden 0,396, en yüksek ise Adana yöresi kızılçamlarından 0,588 olarak belirlenmiştir. LDMC değeri ağaç türüne, ağaç yaşına, yetiştirme ortamı koşullarına ve bakım önlemlerine göre değişiklik gösterebilir. Durkaya vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada LDMC değerinin çap grupları için farklılık oluşturduğu belirtilmiştir. Ayrıca orman gülü için yapılan çalışmada güneşli ve gölgeli bakımlar için 0,20 - 0,44 arasında değiştiği belirlenmiştir (Durkaya vd., 2018). Çalışmada aynı zamanda hesaplanmış olan WD değeri en düşük genç sarıçamın doğal meşcerelerindeki örneklerden 0,466 t/m<sup>3</sup>, en yüksek değeri ise Adana yöresi kızılçam bireylerinden 0,696 t/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. İğne yapraklı türler için ortalama odun yoğunluk değeri ise 0,559 t/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Tolunay (2012, 2019) tarafından iğne yapraklılar için belirlenmiş olan 0,446 t/m<sup>3</sup> değerinden daha yüksektir. Güner ve Çömez (2017) tarafından Karaçam ağaçlandırma alanları için yapılan çalışmada belirlenen 0,408 t/m<sup>3</sup> odun yoğunluk değeri bu çalışmada belirlenmiş olan Bartın yöresi karaçamları için belirlenen odun yoğunluk değerinden (0,456 t/m<sup>3</sup>) daha düşüktür. Kızılcahamam yöresi karaçamları için Durkaya ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan çalışmada odun yoğunluk değeri 0,622 t/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Odun yoğunluk değeri ağaç türüne, yaşına, sağlık durumuna ve yetiştirme ortam özelliklerine göre değişmektedir. Harmon vd. (1986) odun yoğunluk değerlerinin 0,3-0,7 t/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini, Penman vd. (2003) tarafından yapılan çalışmada ise ılıman iklim bölgelerinde odun yoğunluk değerlerinin 0,31 ile 0,63 t/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışmada tespit edilen odun yoğunluk değerleri sınırlar içerisinde kalmaktadır.

Türkiye için ekonomik öneme sahip Sarıçam, Karaçam, Kızılçam, Göknar ve Sedir için arazi verilerinden elde edilen gerçek ölçüm değerleri kullanılarak hesaplanan ağaç bileşenlerine ait BEF ve BCEF katsayıları örneklerin alınmış olduğu bölgeler öncelikli olmak üzere ülke genelinde kullanılabilir. Her tür için bu çalışmaların yaygınlaştırılması önerilebilir. Elde edilen değerler gerçeğe en yakın değerler olduğundan, amenajman planlarında verilen ve ulusal bildirimlerde kullanılan karbon stok değerlerinin güvenilirliğini de artıracaktır.

## Bilgi notu

Çalışmanın bir kısmı 26-29 Nisan 2018 tarihinde Kastamonu'da düzenlenen International Congress on Engineering and Life Science (ICELIS) Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özet metin olarak basılmıştır.

## Kaynaklar

1. Aholoukpe, H., Dubos, B., Flori, A., Deleporte, P., Amajdi, G., Choette, J.L., Blavet, D. (2013). Estimating above ground biomass of oil palm: Allometric equations for estimating frond biomass. *Forest Ecology and Management*, 292,122-129.
2. Ali, A. M., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., van Duren, I., Heiden, U., & Heurich, M. (2016). Estimating leaf functional traits by inversion of PROSPECT: Assessing leaf dry matter content and specific leaf area in mixed mountainous forest. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 45, 66-76.
3. Asan, Ü. (1995). Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 45(1-2), 23-38.
4. Ünal, A. (2011). Türkiye ormanlarındaki yıllık karbon stok değişimi trendinin irdelenmesi ve 2023 yılındaki durumun kestirilmesi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı* s.930-944.
5. Blujdea, V.N.B., Pili, R., Dutca, I., Ciuvat, L., Abrudan, I.V. (2012). Allometric biomass equations for young broadleaved trees in plantations in Romania. *Forest Ecology and Management*, 264:172-184.
6. ÇOB (2006). Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık (LULUCF) Çalışma Grubu Raporu, Ankara
7. Durkaya A, Durkaya, B., Ulu Say, Ş. (2016). Below-and above ground biomass distribution of young Scots pines from plantations and natural stands. *BOSQUE*, 37(3), 509-518, DOI: 10.4067/S0717-92002016000300008.
8. Durkaya, A., Durkaya, B., Makineci, E., Orhan, İ. (2015). Turkish Pines' Aboveground Biomass and Carbon Storage Relationships. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24 (11), 3573-3583.
9. Durkaya, B., Durkaya A., Kocaman M. (2017). Carbon stock change; Bolu Sarıalan forest enterprise. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 268-275.
10. Durkaya, B., Durkaya, A., Yagci, H. (2019). Biomass Equations In Natural Black Pines. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (2A/2019), 1132-1139.
11. 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.
12. Durkaya, B., Durkaya, A., Makineci, E., Karabürk, T. (2013). Estimating Above-Ground Biomass and Carbon Stock of Individual Trees in Uneven-Aged Uludag Fir Stands. *Fresenius Environmental Bulletin*. 22 (2), 428-434.
13. Durkaya, B., Durkaya, A., Makineci, E., Ülküdür, M (2013). Estimation of Above-Ground Biomass and sequestered Carbon of Taurus Cedar (*Cedrus libani* L.) in Antalya, Turkey. *iForest-Biogeosciences and Forestry*. 6:278-284. DOI:10.3832/ifer0899-006.
14. 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.
15. Durkaya, B., Varol, T., Durkaya, A. (2014). Determination of carbon stock changes: biomass models or biomass expansion factors. *Fresenius Environmental Bulletin*. 23 (3), 774-781.
16. Garnier, E., Laurent, G., Bellmann, A., Debain, S., Berthelier, P., Ducout, B., ... & Navas, M. L. (2001). Consistency of species ranking based on functional leaf traits. *New Phytologist*, 152(1), 69-83.
17. Güner, S. T., Çömez, A. (2017). Biomass Equations And Changes in Carbon Stock in Afforested Black Pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Stands in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3), 2368-2379.
18. Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., ... & Lienkaemper, G. W. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. In *Advances in ecological research* (Vol. 15, pp. 133-302). Academic Press.
19. Illa, E., Ninot, J. M., Anadon-Rosell, A., & Oliva, F. (2017). The role of abiotic and biotic factors in functional structure and processes of alpine shrub communities. *Folia Geobotanica*, 52(2), 199-215.
20. IPCC (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry.
21. IPCC (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.
22. Jagodziński, A. M., Zasada, M., Bronisz, K., Bronisz, A., & Bijak, S. (2017). Biomass conversion and expansion factors for a chronosequence of young naturally regenerated silver birch (*Betula pendula* Roth) stands growing on post-agricultural sites. *Forest Ecology and Management*, 384, 208-220.
23. Luo, Y., Zhang, X., Wang, X., & Ren, Y. (2014). Dissecting variation in biomass conversion factors across China's forests: implications for biomass and carbon accounting. *PloS one*, 9(4), e94777.

24. Mahmood, H., Siddique, M. R. H., Islam, S. Z., Abdullah, S. R., Matieu, H., Iqbal, M. Z., & Akhter, M. (2020). Applicability of semi-destructive method to derive allometric model for estimating aboveground biomass and carbon stock in the Hill zone of Bangladesh. *Journal of Forestry Research*, 31(4), 1235-1245.
25. Marklund, L. G., & Schoene, D. I. E. T. E. R. (2006). Global assessment of growing stock, biomass and carbon stock. *Forest Resources Assessment Programme Working paper*, 106.
26. Neumann, M., Moreno, A., Mues, V., Härkönen, S., Mura, M., Bouriaud, O., Lang, M., Achten, W.M.J., Thivolle-Cazat, A., Bronisz, K., Merganič, J., Decuyper, M., Alberdi, I., Astrup, R., Mohren, F., Hasenauer, H., (2016). Comparison of carbon estimation methods for European forests. *Forest Ecology and Management*, 361, 397–420.
27. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., ... & Wagner, F. (2003). Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. *Good practice guidance for land use, land-use change and forestry*.
28. 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.
29. Petersson, H., Holm, S., Ståhl, G., Alger, D., Fridman, J., Lehtonen, A., ... & Mäkipää, R. (2012). Individual tree biomass equations or biomass expansion factors for assessment of carbon stock changes in living biomass—A comparative study. *Forest Ecology and Management*, 270, 78-84.
30. Shipley, B., Vu, T. T. (2002). Dry matter content as a measure of dry matter concentration in plants and their parts. *New Phytologist*, 153(2), 359-364.
31. Teobaldelli, M., Somogyi, Z., Migliavacca, M., & Usoltsev, V. A. (2009). Generalized functions of biomass expansion factors for conifers and broadleaved by stand age, growing stock and site index. *Forest Ecology and Management*, 257(3), 1004-1013.
32. Tobin, B., Nieuwenhuis, M. (2007). Biomass expansion factors for Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Ireland. *European Journal of Forest Research*, 126(2), 189-196.
33. Tolunay, D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(3), 265-279.
34. Tolunay, D. (2012). Bolu-Aladağ'daki genç sarıçam meşcereleri için oluşturulan bitkisel kütle denklemleri ve katsayıları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 62(2), 97-111.
35. Tolunay, D. (2019). Biomass factors used to calculate carbon storage of Turkish forests/Türkiye'de ormanlardaki karbon birikiminin hesaplamasında kullanılacak bitkisel kütle katsayıları. *Forestist*, 69(2), 145-156.
36. Tolunay, D., Çömez, A. (2008). Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı*, 750-765. 22-25 Ekim 2008, Hatay.
37. Zhang, B., Lu, X., Jiang, J., DeAngelis, D. L., Fu, Z., & Zhang, J. (2017). Similarity of plant functional traits and aggregation pattern in a subtropical forest. *Ecology and Evolution*, 7(12), 4086-4098.