

Orman Ekosistemlerinde Karbon Hesapları

Dr. Aydın ÇÖMEZ

Orman ekosistemlerinde karbon stoğu veya karbon birikiminin hesaplanabilmesi için öncelikle bitkisel kütle bilinmelidir. Orman envanter sistemi doğrudan bitkisel kütle belirlenmesine yönelik olarak düzenlenmediğinden, çoğunlukla ağaçların kabuklu gövde hacmi üzerine odaklandığından gövde hacminin bitkisel kütleye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, önce hacim ağırlığından yararlanılarak gövde kütlesi hesaplanmakta, gövde kütlesi bitkisel kütle genişletme faktörleri (BEF) ile çarpılmak suretiyle ağaçların toprak üstü kısımlarının kütlesi bulunmaktadır. Toprak üstü kütle ise kök/sak oranı ile çarpılarak kök kütlesi hesaplanmaktadır. Bu şekilde elde edilen ağaç kütlesi, karbon oranı ile çarpılarak ağaçlardaki karbon stoğu hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalarda kabuklu gövde hacmi yerine hacim artımı kullanıldığında sonuçta karbon stoğu yerine karbon birikimi belirlenebilmektedir. Bu hesaplamalarda kullanılacak katsayılar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye’deki bazı ağaç türlerinin karbon stoklarının hesaplanmasında kullanılacak katsayılar (Tolunay 2011’den alınmıştır)

AĞAÇ TÜRÜ	HACİM AĞIRLIĞI t/m ³ (a)	BEF ₁ (b)	KÖK/SAK ORANI (c)	KARBON İÇERİĞİ % (d)
<i>Pinus brutia</i>	0,478	1,319	Toprak üstü kütle <50 t/ha ise <u>0,40</u> 50-150 t/ha ise <u>0,29</u> >150 t/ha ise <u>0,20</u>	51
<i>Pinus nigra</i>	0,470	1,071		
<i>Pinus sylvestris</i>	0,426	1,243		
<i>Pinus pinea</i>	0,470	1,195*		
<i>Abies sp.</i>	0,350	1,195*		
<i>Picea orientalis</i>	0,358	1,132		
<i>Cedrus libani</i>	0,430	1,195*		
<i>Juniperus sp.</i>	0,460	1,195*		
<i>Quercus sp.</i>	0,570	1,324	Toprak üstü kütle <75 t/ha ise <u>0,46</u> 75-150 t/ha ise <u>0,23</u> >150 t/ha ise <u>0,24</u>	48
<i>Fagus orientalis</i>	0,530	1,228		
<i>Castanea sativa</i>	0,480	1,320		
<i>Carpinus orientalis</i>	0,630	1,230*		
<i>Alnus sp.</i>	0,407	1,103		
<i>Fraxinus sp.</i>	0,562	1,230*		
<i>Populus sp.</i>	0,350	1,230*		

*ibreli veya yapraklılar için hesaplanmış genel katsayılar

Ağaç kütlelerinin karbon stoğunun ve yıllık birikiminin hesaplanması:

$$\text{Karbon stoğu (t/ha)} = \text{Servet (m}^3/\text{ha)} \times a \times b \times (1+c) \times (d/100)$$

$$\text{Yıllık karbon birikimi (t/ha/yıl)} = \text{Artım (m}^3/\text{ha/yıl)} \times a \times b \times (1+c) \times (d/100)$$

Orman ekosistemlerindeki bitkisel kütle, orman envanteri verilerinden yararlanılarak hesaplandığı gibi bitkisel kütle denklemlerinden ya da tablolarından da hesaplanabilmektedir. Bu amaçla kullanılacak denklemler Tablo 2’de verilmiştir. Kütle denklemleri ile hesaplanan kütlelerin karbon içeriği (Tablo 1’in d sütunundaki değerler ya da araştırma sonucu bulunmuş değerler) ile çarpılması sonucu ağaçlardaki karbon stoğu belirlenebilmektedir.

Toprak ve ölü örtü karbon stoklarının belirlenebilmesi için çok daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmalar yapılan kadar Türkiye orman toprakları için yapılmış araştırmaların sonuçlarından elde edilmiş değerler hesaplamalarda kullanılabilir. Buna göre ortalama olarak Türkiye ormanlarında toprakta 78 t/ha, ölü örtüde ise 5,8 t/ha karbon stoğunun bulunduğu bildirilmektedir (Tolunay ve Çömez 2008). Ağaç türlerine göre karbon stokları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Tek ağaçların kütlelerinin tahmin edilmesinde kullanılabilecek denklemler

AĞAÇ TÜRÜ	Toprak Üstü Ağaç Kütleli	Gövde Kütleli	Kabuk Kütleli	Dal Kütleli	Yaprak Kütleli	Kök Kütleli	Kaynak
<i>Pinus brutia</i>	$K=0,128d^{2,267}$	$K=0,092d^{2,3085}$		$K=0,0218d^{2,2225}$	$K=0,0142d^{1,8352}$		Sun ve diğ. (1980)
	$K=1,072 \times e^{-1,92352+2,243357 \times \ln(d)}$	$K=1,091 \times e^{-2,521163+2,339236 \times \ln(d)}$		$K=1,476 \times e^{-4,99881+2,558273 \times \ln(d)}$	$K=1,181 \times e^{-2,27693+1,565827 \times \ln(d)}$		Ünsal (2007)
<i>Pinus nigra</i>	$K=-106,555+(10,61818 \times d)+(0,100728 \times d^2)$	$K=-103,221+(9,773876 \times d)+0,103305 \times d^2$		$K=-5,8478+(15,72827 \times \ln(d))$	$K=-0,709426+(0,002182 \times d^2)$		Durkaya ve diğ. (2010)
<i>Pinus sylvestris</i>	$K=0,049 \times d^{2,667}$	$K=0,013 \times (d^2 h)^{1,02}$	$K=0,006 \times (d^2 h)^{0,839}$	$K=0,002 \times d^{2,95}$	$K=0,013 \times d^{2,087}$	$K=0,008 \times d^{2,682}$	Çömez (2012)
	$K=4,9289-(1,2465 \times d)+(0,226 \times d^2)$	$K=-6,358+0,139 \times d^2$	$K=1,186+0,05 \times d^2$	$\ln(K)=1,1311 \times (4,6431-48,739/d)$	$\ln(K)=1,1062 \times [-0,837+0,265 \times \ln^2(d)]$		Aydın (2010)
	$K=12,581-(5,359 \times d)+(0,565 \times d^2)$	$K=21,969-(6,025 \times d)+(0,518 \times d^2)$	$\ln(K)=\ln(0,013+2,089 \times \ln d)$	$\ln(K)=\ln(0,709+\ln(1,102 \times d))$	$\ln(K)=\ln(1,045+\ln(1,086 \times d))$		Ülker (2010)
	$K=-406,27916+(26,13597 \times d)$	$K=-246,33506+(17,65814 \times d)^*$		$K=-122,26086+(6,33718 \times d)$	$K=-31,96482+(1,79766 \times d)$		Uğurlu ve diğ. (1976)
<i>Picea orientalis</i>	$K=0,2973 \times d^{2,1381}$	$K=0,2852 \times d^{2,1129}$		$K=0,0099 \times d^{2,3505}$	$K=0,0064 \times d^{2,3493}$		Özkaya (2004)
<i>Cedrus libani</i>	$K=37,21449-(8,08322 \times d)+80,644812 \times d^2$	$K=-31,0516+(0,303619 \times d^2)$	$K=-0,7153+(0,056879 \times d^2)$	$K=-34,7618+(1,974415 \times d)$	$K=0,817584+(0,019014 \times d^2)$		Ülküdür (2010)
<i>Juniperus sp.</i>							
<i>Quercus sp.</i>	$K=-302,193+26,56569 \times d$	$K=-207,805+19,03314 \times d$		$K=-71,4148+5,555544 \times d$	$K=-20,9482+1,822555 \times d$		Durkaya (1998)
<i>Fagus orientalis</i>	$K=10^{2,86264+(0,012441 \times d)+(-14,90987/d)}$	$K=10^{2,829691+(0,012535 \times d)+(-16,31951/d)}$		$K=10^{1,841547+(0,011374 \times d)+(-10,26364/d)}$	$K=10^{1,15892+(0,00634 \times d)+(-12,63969/d)}$		Saracoğlu (1998)
<i>Castanea sativa</i>	$K=-376,794+28,7981 \times d$	$K=-309,205+22,9622 \times d$					İkinci (2000)
<i>Alnus sp.</i>	$K=-27,076+0,261 \times d^2+3,234 \times h$	$K=-30,817+0,225 \times d^2+3,034 \times h$	$K=1,429+0,02 \times d^2+0,119 \times h$	$K=0,643+0,011 \times d^2+0,135 \times h$	$K=1,669+0,005 \times d^2-0,054 \times h$		Saracoğlu (2000)

K: Kütle (kg/ağaç), d: ağaçların 1,3 m yükseklikteki çapı (cm), h: ağaç boyu (m)

Tablo 3. Türkiye orman toprakları ve ölü örtüsünün karbon stoğu (t/ha) (Tolunay ve Çömez 2008)

Ağaç Türü	Toprak	Ölü Örtü
İbrelî (doğal)	77,1	7,8
Yapraklı	80,4	3,1
İbrelî karışık	62,2	7,2
İbrelî-yapraklı karışık	70,8	7,0
İbrelî (ağaçlandırma)	83,2	7,1
Yapraklı karışık	161,4	6,4
Ağırlıklı ortalama	78,0	5,8

Kaynaklar:

Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. IX+55 s.

Ünsal, A., 2007. Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü Kızılcım Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. XI+51 s.

Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi. Orman Genel Müdürlüğü Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Yayın Nu: 6, Teknik Bülten Nu: 2, 123 s.

Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. XVII+110 s.

Durkaya, A., Durkaya, B., Çakıl, E., 2010. Predicting the above-ground biomass of crimean pine (*Pinus nigra*) stands in Turkey. Journal of Environmental Biology, 31: 115-118.

İkinci, O., 2000. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü kestane meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 86 s.

Özkaya, M.S., 2004. Artvin-Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lipsky) Ormanlarında Toprak Üstü Biyokütlenin Belirlenmesi. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 93-100.

Saraçoğlu, N., 2000. Sakallı Kızılcım (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Biyokütle Tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24: 147-156.

Sun, O., Uğurlu, S., Özer, E., 1980. Kızılcım (*P. brutia* Ten.) Türüne Ait Biyolojik Kütlenin Saptanması. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi No: 104. 32 s. Ankara.

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: 265-279.

Tolunay, D., Çömez, A., 2008. Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim 2008, Hatay, 750-765.

Uğurlu, S., Araslı, B., Sun, O., 1976. Stepe Geçiş Yörelerindeki Sarıçam Meşcerelerinde Biyolojik Kütlenin Saptanması. Ormanlık Araş. Ens. Yayınları Teknik Bülten Nu: 80, 37 s, Ankara.

Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi (Kunduz Örneği). KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. IX+54 s.

Ülküdür, M., 2010. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Sedir Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. XVI+147 s.