



Karbon Stok Değişimi; Bolu Sarıalan İşletme Şefliği Örneği

Doç. Dr. Birsen DURKAYA¹, Doç. Dr. Ali DURKAYA^{1,*}, Melih KOCAMAN¹

¹ Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, BARTIN

Öz

Küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri atmosferde yer alan karbondioksit seviyesinin olması gereken sınır değerlerinin üzerine çıkmasıdır. Atmosferdeki karbondioksitin azaltılmasında ormanlar önemli karasal ekosistemlerdir. Uluslararası anlaşmalar gereği, küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında, ülkeler orman ekosistemlerindeki tutulan karbon miktarlarını ve karbon değişimlerini belirlemeleri gerekmektedir. Karbon hesaplamalarında doğru sonuçlara ulaşabilmek amacıyla hangi metodun daha güvenilir olduğunun belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda değerlendirilen dört yöntem içerisinde FRA 2010 yönteminin, meşcere karbonunun belirlenmesinde, diğer metodlardan daha yüksek, toprak karbon hesaplanmasında ise en düşük değer verdiği görülmüştür. Sarıalan Orman İşletme Şefliğinde biyokütle eşitlik yöntemiyle stoklanan karbon miktarı 172,56 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 1986-95 plan dönemi ile 2005-2014 plan dönemleri kıyaslandığında tüm yöntemlerle ortalama %15,5 oranında stoklanan karbon miktarında artış belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon stok miktarı, küresel ısınma, biyokütle, Sarıalan Orman İşletme Şefliği, Türkiye.

Carbon Stock Change; Bolu Sarıalan Forest Enterprise

Abstract

One of the most important causes of global warming is carbon dioxide stored in the atmosphere. Forests are important terrestrial ecosystems in reducing carbon dioxide in the atmosphere. Under international agreements, in the context of combating global climate change, countries need to determine the amount of carbon retained and carbon changes in forest ecosystems. This study was conducted in order to determine which method is more reliable to achieve accurate results in carbon calculations. Among the four methods evaluated in the study, FRA 2010 method was found to be higher than other methods in determination of stand carbon and lowest value in soil carbon calculation. The amount of carbon stocked by the method of biomass equation in Sarıalan forest enterprise is calculated as 172,56 tons / ha. Moreover, when compared to the 1986-95 plan period and the 2005-2014 plan period, an increase in the amount of carbon stocks stocked on average was determined to be 15.5%.

Keywords: Carbon stock change, global warming, biomass, Sarıalan Forest Enterprise, Turkey.

1. Giriş

Küresel iklim değişiminin tanımı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) "Karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen doğal iklim değişkenlikleri ile küresel atmosferin doğal yapısını doğrudan ya da dolaylı biçimde bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişikliklerin bütünü" biçiminde yapılmıştır (IPCC,1996). İnsan faaliyetlerinin atmosfer üzerinde oluşturduğu olumsuz etki küresel iklim değişiminin sebeplerindendir. Doğal iklim değişikliğinden farklı olarak, doğaya insanın olumsuz etkisinden kaynaklanan "Yapay İklim Değişimi" 'nin tüm canlı ve cansız çevre için geri dönüşümü güç potansiyel tehlikelerle dolu olduğuna inanılmaktadır (Hertsgaard, 2001). Hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ve sanayileşmenin bir sonucu olarak insan kaynaklı kirleticilerin başında gelen karbondioksit (CO₂) sera gazlarının en tehlikelisi olarak kabul görmektedir (IPCC, 2013). Orman ekosistemleri atmosferdeki serbest karbondioksiti, fotosentez yoluyla atmosfere alarak vejetasyon içerisinde depolamaktadırlar, bu nedenle küresel iklim değişikliğinde önemli ekosistemlerdir (Dixon et al. 1994; Houghton, 1997; Goodale, 2002; Binkley,2004). Toprak üzerindeki stoklanan karbonun %80 den fazlası orman ekosistemlerinde bulunmaktadır (Jandl et. al., 2007). Bu durum, karasal ekosistemlerden olan çayır-mera ve tarım arazilerine kıyasla, orman ekosistemlerini daha değerli hale getirmektedir.

Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında, orman ekosistemlerindeki tutulan karbon miktarlarının ve karbon değişimlerinin tam olarak belirlenebilmesi gereklidir (Brown, 2002). İklim Değişikliği ile mücadele sözleşmesini imzalayan tüm ülkeler gibi, 2009 yılında Kyoto Protokolüne taraf olan Türkiye'de Ulusal Bildirimler ve Seragazı Envanterleri hazırlamaya başlamıştır.

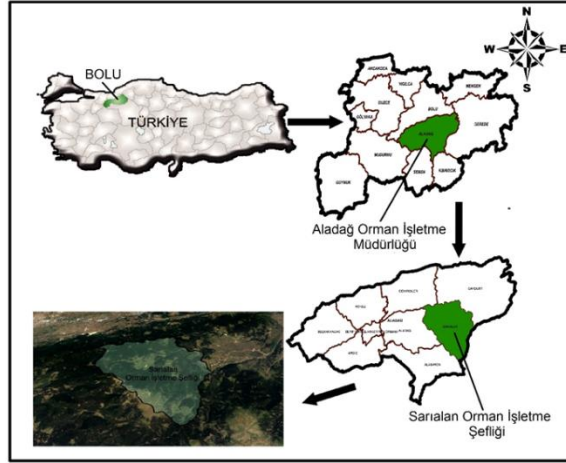
Ülkemiz ormanlarında biriken karbonun belirlenmesi için birçok çalışma gerçekleştirilmiştir ve karbon hesapları farklı bakış açılarıyla hesaplanmıştır. Karbon hesaplama yöntemlerinin en yaygın kullanılan yöntemi, biyokütlede biriken karbon değerinden tüm orman alanındaki karbon birikiminin hesaplanmasıdır. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli'nde (IPCC) karbon stok değişimlerinin belirlenmesinde orman envanterinin kullanılmasını gerektiren yöntemi öngörmesine rağmen, genellikle pratikte orman envanterleri ekonomik gerekçelerle odun hacmine odaklanmakta, biyokütle tespitine yönelik veriler içermemektedir (Coomes, et al., 2002; Durkaya,2013). Orman envanterine dayalı bir karbon hesabı yapılacaksa biomass expansion factors (BEF) kullanılarak dikili gövde hacminden toprak üstü ve altı karbon değerleri hesaplanmaktadır. Yeterli veri olması durumunda her ağaç türü için geliştirilen ve bölgeye ait biyokütle modelleri kullanılmaktadır (Schroeder et al., 1997; Van Camp et al., 2004; Vande Walle et al., 2005;Durkaya vd., 2014).

Ülkemiz ormanlarında tutulan karbonun belirlenmesi amacıyla Asan (1995;1999) tarafından iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanlar için önerilen katsayı ve formüllerle ilk hesaplamalar yapılmıştır. Ormanlarda stoklanan karbonun belirlenmesinde diğer yöntem, bozuk orman alanlarını da hesaplama dahil eden FRA 2010 klavuzunda belirtilen katsayı ve formüllerle yapılan hesaplamalardır (Yolasıgırmaz vd., 2016). Son olarak FRA 2010 esas alınarak, Tolunay (2012) tarafından geliştirilen BEF katsayılarının kullanıldığı, Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarında (ETFOP) önerilen yöntemle hesaplamalar yapılmaktadır. Yukarıda da ifade edildiği gibi ağaç türlerine ait geliştirilen biyokütle denklemleri kullanılarak da karbon stok değerlerine ulaşılmaktadır. Bahsi geçen dört farklı biyokütle eşitlik yöntemi kullanılarak yapılan hesaplamalarda sonuçlar arasında nasıl farklılıklar gözlenmektedir? Sorusunun cevabını belirlemek için, bu çalışmada Bolu Sarıalan Orman İşletme Şefliği'nin 1986-95 plan dönemi ve 2005-2014 plan dönemine ait karbon stok miktarı dört farklı yöntem kullanılarak belirlenmiş ve yöntemlerin kendi arasında ve plan dönemleri arasındaki farkları ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Sarıalan OİŞ'ne ait 1986-95 ve 2005-2014 amenajman planlarından yararlanılmıştır. Araştırma alanı, Bolu Orman Bölge Müdürlüğüne (OBM) bağlı Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) sınırlarında yer alan Sarıalan Orman İşletme Şefliği (OİŞ)'dir. 1986-95 plan döneminde Sarıalan ve Elmalıdere (OİŞ) iki ayrı seri olarak işletilmektedirken, 2005-2014 plan döneminde birleştirilerek Sarıalan OİŞ olarak isimlendirilmiştir. (Şekil 1). 1986-95 plan döneminde; Sarıalan OİŞ orman amenajman planı saf sarıçam ve karışık (Sarıçam-Göknaar) işletme sınıfı olarak planlanmıştır. Elmalıdere OİŞ'gi ise saf sarıçam işletme sınıfı olarak planlanmıştır. 2005-2014 plan döneminde ise Sarıalan OİŞ A; sarıçam işletme sınıfı, B; sarıçam-göknaar karışık işletme sınıfı, C; seçme işletme sınıfı, D; doğayı koruma işletme sınıfı, E; Rekreatyon işletme sınıfı olarak ayrılmıştır. 1986-95 plan dönemlerinde; Sarıalan OİŞ 3.735,5 ha verimli ve 284 ha bozuk orman toplam 4.019,5 ha ormanlık alan ve 1.048,5ha ormansız alan olmak üzere toplam 5.068,0 ha'dır. Aynı plan döneminde, Elmalıdere OİŞ ise 3.218,5 ha verimli ve 283,5 ha bozuk orman 3.501,5 ha ormanlık ve 1.368,0 ha ormansız alan olmak üzere toplam 4.887,5 ha'dır (OGM, 1986a;1986b). 2005-2015 plan 7.466,3 ha verimli, 460,4 ha

verimsiz olmak üzere 7926,7 ha orman alanı ve 1.978.5 ha ormansız alan olarak toplam toplam 9.905,2 ha büyüklüğündedir (OGM,2005). Sarıalan OİŞ Aladağ OİM'nün sekiz şefliğinden birisidir, coğrafi konum olarak 31044'07"-31052'47" doğu boylamları ile 40033'43"-40040'57" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. İşletme şefliğinin toplam alanı 9955.5 ha olup, % 76 lık kısmı orman alanıdır (OGM,2005). 1986 orman amenajman planında Sarıalan serisi 21, Elmalidere serisi 15 farklı meşcere tipi ile tanımlanmaktadır (OGM1986 a; 1986 b). 2005 planında ise 39 farklı meşcere tipi ile tanımlanmıştır (OGM, 2005).



Şekil 1. Sarıalan Orman İşletme Şefliği'nin coğrafi konumu.

2.2. Metot

Karbon stok değişiminin hesaplanmasında literatürden yararlanılarak dört farklı yöntem kullanılmıştır. Yöntemlere ait formüller çeşitli kaynaklardan temin edilmiştir ve excel ortamında hesaplamalar yapılarak sonuçlara ulaşılmıştır.

Biyokütle eşitlik yöntemi; çalışma alanı sarıçam ve göknar ağaç türlerinden oluşmaktadır. Bu türlere ait Durkaya vd. (2010;2013) tarafından geliştirilen tüm ağaç biyokütle denklemlerinden yararlanılmıştır. Tek ağaç fırın kurusu ağırlık değerleri, meşcere tanıtım tablosundaki her ağaç türünün çağ sınıfları ortasındaki çap ve ağaç sayısı ile ilişkilendirilerek, ağaç türünün hektardaki toprak üstü fırın kurusu ağırlığına (toprak üstü biyokütle) ulaşılmıştır. Meşcere tipinin toplam toprak üstü biyokütlesi meşcere tipinin toplam alanı ile çarpılarak o meşcere tipi için şeflik alanındaki toprak üstü biyokütle değerine ulaşılmıştır. Toprak üstü biyokütle değerleri iğne yapraklılar için 0,29 katsayısı ile çarpılarak toprak altı biyokütleye ulaşılmıştır. Toprak üstü ve toprak altı biyokütle değerlerinin % 50 sinin karbon olduğu varsayımından hareketle 0.5 ile çarpılarak toplam karbon değerine ulaşılmıştır. Bozuk meşcerelerde meşcere tanıtım tablolarında yalnız servet değerleri bulunduğu için bu alanların hesabında Durkaya (2013;2015) servetten tüm ağaç biyokütle denklemleri kullanılarak hesaplamalar yürütülmüştür. Ölü odun, ölü örtü ve organik topraktaki karbon ve Sarıalan OİŞ'nin tüm orman alanının toplam karbon miktarlarının hesaplanmasında ETFOP yöntemindeki basamaklar kullanılmıştır.

ETFOP yöntemi; Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar Yönetmeliğindeki orman alanlarının karbon miktarının hesaplamasına dair katsayı ve formüllerden yararlanılmıştır (OGM,2014). Bu yöntemde meşcere tipindeki ağaç türlerinin servetlerinden yararlanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 1'de yöntemin aşamaları verilmiştir.

Tablo 1. ETFOP'a göre karbon hesaplaması.

	Verimli orman	Bozuk orman
Toprak Üstü Biokütle (TÜB)	DGHx0,446x1,212	DGHx0,446x1,212
Toprak Üstü Karbon (TÜK)	TÜB x 0,51	TÜB x 0,51
Toprak Altı Biokütle (TAB)	TÜB x 0,29	TÜB x 0,40
Toprak Altı Karbon (TAK)	TAB x 0,51	TAB x 0,51
Ölü Odundaki Karbon (ÖÖK)	TÜB x 0,01 x 0,47	TÜB x 0,01 x 0,47
Ölü Örtüdeki Karbon (ÖÖK)	Alan x 7,46	Alan x 1,86
Topraktaki Karbon	Alan x 76,56	Alan x 19,14
TOPLAM KARBON	TÜK+TAK+ÖÖK+ÖÖK+Toprak Karbon	

FRA 2010 yöntemi; Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından hazırlanmış olan FRA 2010 kılavuzunda öngörülen katsayılar ve hesaplama yöntemi kullanılmıştır (FRA, 2010;Yolasığmaz, 2016). Tablo 2’de yöntemin aşamaları verilmiştir.

Tablo 2. FRA 2010’a göre karbon hesaplaması.

	Verimli orman	Bozuk orman
Toprak Üstü Biokütle (TÜB)	DGHx0,496x1,22	DGHx0,496x1,22
Toprak Üstü Karbon (TÜK)	TÜB x 0,51	TÜB x 0,51
Toprak Altı Biokütle (TAB)	TÜB x 0,29	TÜB x 0,40
Toprak Altı Karbon (TAK)	TAB x 0,51	TAB x 0,51
Ölü Odundaki Karbon (ÖÖK)	TÜK x 0,01	TÜK x 0,01
Ölü Örtüdeki Karbon (ÖÖK)	Alan x 22	Alan x 6
Topraktaki Karbon	Alan x 34	Alan x 34
TOPLAM KARBON	TÜK+TAK+ÖÖK+ÖÖK+Toprak Karbon	

Asan yöntemi; Bu yöntemde Asan tarafından (1995;2002) önerilen formüller ve katsayılar kullanılmıştır. Tablo 3’de yöntemin detayları verilmiştir.

Tablo 3. Asan’a göre karbon hesaplaması.

	Verimli orman
Toprak Üstü Biokütle (TÜB)	DGHx0,473x1,20
Toprak Üstü Karbon (TÜK)	TÜB x 0,45
Toprak Altı Biokütle (TAB)	TÜB x 0,20
Toprak Altı Karbon (TAK)	TAB x 0,45
Toprak üstü ölü-diri örtüdeki biyokütle (TÜÖDB)	(TÜB+ TAB) x 0,40
Toprak üstü ölü-diri örtüdeki karbon (TÜÖDK)	TÜÖDBx0,45
Topraktaki Karbon	TÜB+TAB+TÜÖDB x 0,45x 0,58
TOPLAM KARBON	TÜK+TAK+ TÜÖDK +Toprak Karbon

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonucunda, Sarıalan ve Elmalidere serilerine ait 1986-95 amenajman planı verileri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı yöntemlerle 1986-95 plan dönemi için karbon stok miktarları.

1986-95 Plan Dönemi		Hesap	ETFOP	FRA2010	ASAN
		Sarıalan ve Elmalidere toplamaları			
TÜK	İğne yapraklı	444.839,2	419.935,2	470.095,8	389.071,6
	Bozuk	2.520,6	2.472,4	2.767,8	2.290,7
	Toplam	447.359,8	422.407,7	472.863,5	391.362,3
TAK	İğne yapraklı	129.003,4	121.781,2	136.327,8	778.14,3
	Bozuk	1.008,2	989,0	1.107,1	458,1
	Toplam	130.011,6	122.770,2	137.434,9	78.272,5
Toplam karbon	İğne yapraklı	573.842,6	541.716,5	606.423,6	466.886,0
	Bozuk	3.528,8	3.461,4	3.874,9	2.748,9
	Toplam	577.371,4	545.177,9	610.298,4	469.634,8
Ölü odun karbon		4.205,2	3.892,8	4.728,6	0,0
Toprak üstü ölü-diri örtü karbon		5.2927,7	5.2927,7	156.379,0	187.853,9
Toprakta karbon		543.212,4	543.212,3	255.697,0	381.343,5
Alandaki toplam karbon		1.177.716,6	1.145.210,7	1.029.192,7	1.038.832,2

Tablo 4 incelendiğinde; FRA 2010 yönteminin meşcere karbon hesabında diğer yöntemlerden daha yüksek değer verdiği görülmektedir. Toprak üstü toplamında bağlanan karbon 472.863,5 ton olurken biyokütle eşitlik en yakın 2. değer olarak 447.359,8 ton olarak hesaplanmıştır. Meşcerenin toprak altı ve toprak üstünde biriken toplam karbon miktarı FRA 2010 yöntemi ile 610.298,4 ton; biyokütle eşitlik ile 577.371,4 ton; ETFOP yöntemi ile 545.177,9 ton ve Asan yöntemi ile 469.634,8 ton belirlenmiştir. Toprak üstü ölü odun karbonu, toprak üstü biyokütleden hesaplandığından toprak üstü karbon değerlerine paralel olarak sıralama 4.728,6

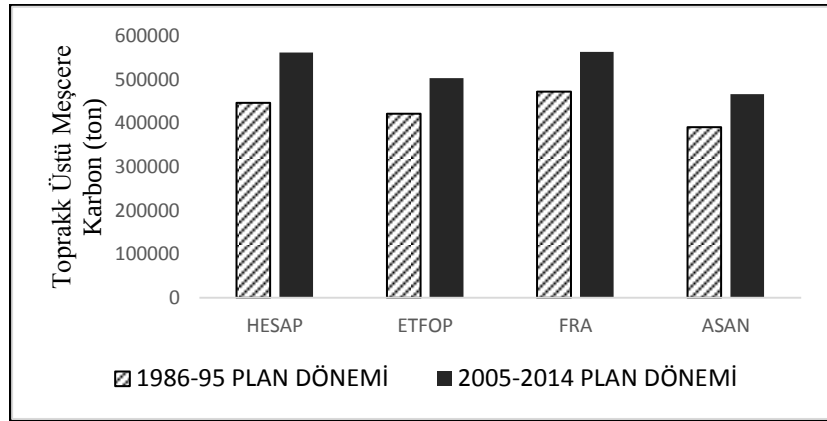
ton(FRA 2010 yöntemi); 4.205,2 ton (Biyokütle eşitlik); 3.892,8 ton (ETFOP yöntemi) şeklindedir. Asan yönteminde ölü odun içindeki karbon hesabı ayrı olarak yapılmamaktadır, bunun yerine toprak üstündeki ölü-diri örtü birlikte hesaplanmaktadır. Dolayısıyla Asan yöntemi ile bulunan 187.853,9 ton karbon değerine ölü odun karbon değeri de dâhildir. Toprak üstü ölü örtü olarak hesaplanan değerler kıyaslandığında biyokütle eşitlik ile ETFOP yöntemi aynı katsayılar kullanılarak hesaplandığı için aynı sonucu vermiştir. Asan yöntemi dışındaki yöntemlerde ölü örtüde biriken karbonun hesabında verimli orman alanları için kullanılan katsayılar kullanılmaktadır Asan yönteminde ise toprak üstü ve altı toplam biyokütleden toprak üstü ölü-diri örtü karbon değerlerine ulaşılmıştır. Topraktaki karbon değerlerinde ise biyokütle eşitlik ve ETFOP yöntemi beklenildiği üzere aynı sonucu verirken (543.212,4 ton), Asan yöntemi ikinci sırayı (381.343,5 ton) ve son olarak ta FRA 2010 yöntemi (255.697,0 ton) son sırayı almıştır. 1986-95 plan dönemi için Sarıalan OİŞ'nin tüm alanında biriken karbon miktarları birbirine yakın değerler vermektedir. Biyokütle eşitlik (1.177.716,6 ton), ETFOP yöntemi (1.145.210,7 ton), Asan Yöntemi (1.038.832,2 ton) ve FRA 2010 (1.029.192,7 ton) yöntemi şeklinde sıralanmaktadır.

Sarıalan OİŞ 2005-2014 amenajman planına göre elde edilen sonuçlar Tablo5'te verilmiştir. Tablo5 incelendiğinde 1986-95 planındaki ne benzer sıralamaların olduğu görülmektedir. Meşcere toprak üstü karbon değerlerinde 563.802,9 ton ile FRA 2010 en yüksek, biyokütle eşitlik yöntemi 562.289,5 ton ile ikinci, ETFOP yöntemi 503.643,5 ton ile üçüncü ve Asan yöntemi 466.620,0 ton ile son sıradadır. Meşcere toplam karbonu için benzer sıralama söz konusu olup değerler sırasıyla 727.553,9 ton; 725.579,1 ton; 649.921,9 ton ve 559.944,0 ton şeklindedir. Bu sıralamanın bozulduğu yer topraktaki karbonun hesabıdır, bu hesaplamada FRA 2010 diğer metodların gerisinde kalmaktadır. 2005-2014 amenajman planına göre Sarıalan OİŞ'nin tüm alanında biriken karbon miktarları en yüksek olarak biyokütle eşitlik yöntemi ile 1.367.851,6 ton olarak belirlenmiştir. İkinci sırayı ETFOP yöntemi 1.291.550,2 ton ile alırken, üçüncü ve dördüncü sırayı 1.238.596,2 ton ve 1.171.703,7 ton ile Asan yöntemi ve FRA 2010 yöntemi almaktadır.

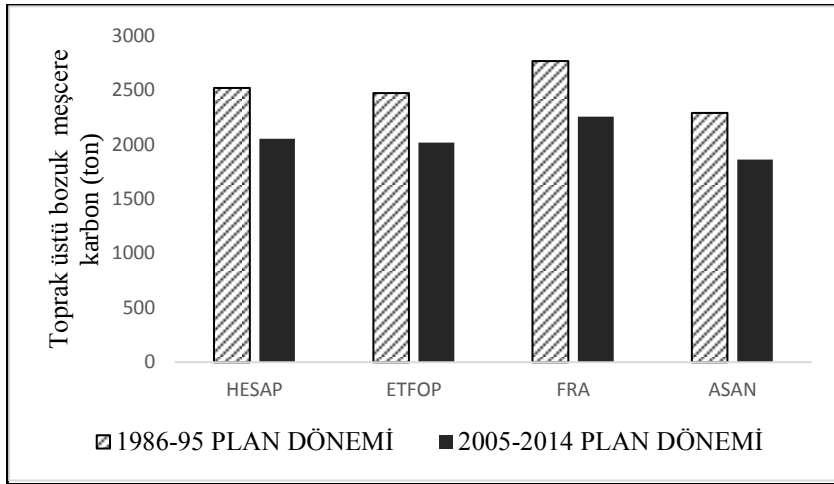
Tablo 5. Farklı yöntemlerle 2005-2014 plan dönemi için karbon stok miktarları.

2005-2014 Plan Dönemi		Hesap	ETFOP	FRA2010	ASAN
TÜK	İğne yapraklı	560.238,7	501.628,0	561.546,5	464.760,3
	Bozuk	2.050,9	2.015,6	2.256,3	1.859,8
	Toplam	562.289,5	503.643,5	563.802,9	466.620,0
TAK	İğne yapraklı	162.469,2	145.472,1	162.848,5	92.952,1
	Bozuk	820,4	806,2	902,5	372,0
	Toplam	163.289,6	146.278,3	163.751,0	933.24,0
Toplam karbon	İğne yapraklı	722.707,9	647.100,1	724.395,0	557.712,3
	Bozuk	2.871,2	2.821,8	3.158,8	2.231,7
	Toplam	725.579,1	649.921,9	727.553,9	559.944,0
Ölü odundaki karbon		5.285,5	4.641,4	5.638,0	0,0
Toprak üstü ölü-diri örtüdeki karbon		56.554,9	56.554,9	167.021,0	223.977,6
Topraktaki karbon		580.432,0	580.432,0	269.507,8	454.674,5
		1.367.851,	1.291.550,	1.171.703,	1.238.596
Alandaki toplam karbon		6	2	7	,2

Toprak üstü biyokütleden biriken karbon miktarları görüleceği gibi, FRA 2010 yöntemi, diğer yöntemlerden daha yüksek çıkmıştır (Şekil 2). Her iki plan dönemi birlikte değerlendirildiğinde kullanılan yöntemlere göre farklılık göstermekle birlikte, ortalama %20 oranında toprak üstünde biriken karbon değeri 1986 planına göre 2005 planında artış göstermektedir. Verimli orman alanı 2005 plan dönemi 1986 plan dönemine göre 512,8 ha artış göstermiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi bozuk meşcerelerin toprak üstü biriken karbon miktarlarında 1986 yılı plan verilerine göre 2005 orman amenajman planında miktar olarak bir azalma tespit edilmiştir. Ortalama % 18 bozuk meşcerede stoklanan karbon miktarında düşüş belirlenmiştir. Yine bir önceki plan döneminde göre bozuk alanlarda biriken karbon miktarında 106,6 ha alan azalmasına bağlı olarak ortalama %20 oranında azalma olmuştur.

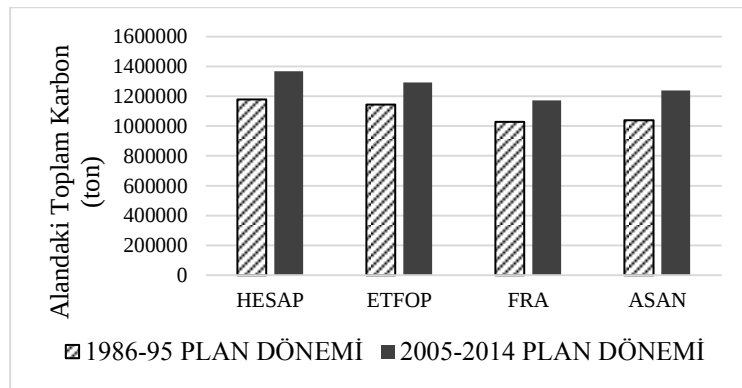


Şekil 2. Plan dönemlerine göre meşçere toprak üstü karbon stok miktarı.



Şekil 3. Plan dönemlerine göre bozuk meşçere toprak üstü karbon stok miktarı.

Çalışma alanında, toplam karbon stok değerleri incelendiğinde, her iki plan dönemi için en yüksek toplam karbon değeri ilk yöntem olan biyokütle eşitlik yöntemi ve ardından sırasıyla ETFOP, Asan ve FRA2010 yöntemleri ile belirlenmiştir. Şekil 4’de görüleceği üzere incelenen ilk plan döneminden ikinci plan dönemine göre alanın karbon stok miktarları artış göstermektedir. Bu artış miktarları tüm yöntemler için ortalama %15,5’dir.



Şekil 4. Plan dönemlerine göre toplam karbon stok miktarı.

4. Sonuç ve Öneriler

Orman alanlarında biriken karbon stokunun belirlenmesi, küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemlidir. Çünkü ormanlar okyanuslar gibi karbondioksiti atmosferden çekerek bünyelerinde uzun süreler depolamaktadırlar. Doğru ve en güvenilir şekilde biriken karbonun saptanması gereklidir. Bu amaçla, çeşitli

katsayılara bağlı farklı yöntemler geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan dört farklı yöntemden biyokütle eşitlik hariç diğerleri servetlerin kullanılmasıyla hesaplamalarını gerçekleştirmektedir. Biyokütle eşitliknde ise ağaç türlerinin kendilerine ait biyokütle denklemlerinden karbon değerlerine ulaşılmaktadır. Bu anlamda özellikle meşcere karbon değerinin belirlenmesinde daha doğru sonuç vereceği düşünülmektedir. Biyokütle eşitlik yönteminde meşcere hesabı haricindeki hesaplamalar uygulamada yürütülmekte olan ETFOP yöntemindeki şekilde belirlenmiştir.

2005-2014 Amenajman planından belirlenen sonuçlar incelendiğinde; meşcere karbon hesabında en yüksek değerleri veren FRA 2010 yöntemi baz alınır, biyokütle eşitlik yöntemi % 0,2, ETFOP Yöntemi %10, Asan yöntemi %17 daha düşük değerlerde toprak üstü meşcere karbonu belirlemiştir. Aynı plan dönemi için, FRA 2010 hesap değerine kıyasla biyokütle eşitlik yöntemi % 0,2, ETFOP yöntemi % 10 ve Asan yöntemi % 43 oranında daha düşük meşcere toprak altı karbon değeri vermektedir. Benzer şekilde Yolaşmaz vd.(2016) tarafından yapılan çalışmada FRA 2010 yöntemi Asan yöntemi ile kıyaslanmış ve Asan yönteminin toprak üstü biyokütleden biriken karbon miktarı Asan yöntemiyle %29 oranında düşük bulunmuştur. Asan yönteminde bozuk-verimli orman alanı ayrımı yapılmamaktadır. Toprak üstü biyokütleden toprak altına dönüşümde ve yine biyokütleden karbona dönüşümde kullanılan katsayıların daha küçük olması farkın yüksek çıkmasına sebep olmaktadır.

2005-2014 planı için, FRA 2010 yöntemiyle Sarıalan orman işletme şefliğinin biriktirmiş olduğu karbon stok miktarı hektarda 147,8 ton/ha olarak belirlenmiştir. Benzer çalışmada Yolaşmaz vd. (2016) Artvin orman işletme şefliğinde aynı yöntemle hektarda karbon stok miktarını 135,66 ton/ha olarak bulmuştur.

Biyokütle eşitlik yönteminin FRA 2010 yöntemine meşcere karbonunun belirlenmesinde daha yakın sonuçlar vermesinin yanında, ölü odundaki, toprak üstü ölü-diri örtüdeki, topraktaki karbon hesaplamaları ETFOP ile benzer işlemlerle yürütüldüğünden, biyokütle eşitlik yöntemiyle Sarıalan orman işletme şefliğinin biriktirmiş olduğu karbon stok miktarı 172,56 ton/ha'dır. FRA 2010 yöntemi toprakta biriken karbon değerinin hesabı diğer yöntemlere kıyasla kullanılan katsayılarından dolayı daha düşük değer vermektedir. Bunun sonucu olarak tüm alan karbon hesabında meşcere karbonuna kıyasla yöntemlerin sıralamalarını değiştirmiştir.

Çalışma sonucunda her ağaç türü için geliştirilecek olan biyokütle denklemleri kullanılarak yapılan hesaplamaların gerçeğe daha yakın değerler vereceği söylenebilir. Şu unutulmamalıdır ki tüm bu yöntemler istatistiki olup, her birinin hata payı mevcuttur.

Kaynaklar

1. **Asan Ü, Destan S, Özkan Y U (2002).** İstanbul Korularının Karbon Depolama, Oksijen Üretme ve Toz Tutma Kapasitesinin Kestirilmesi, Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 194-197.
2. **Binkley D, Stape J L ve Ryan M G (2004).** "Thinking about efficiency of resource use in forests". Forest Ecol.Manag., vol. 193, pp. 5-16.
3. **Brown S (2002).** Measuring carbon in forests: current status and future challenges. Environmental Pollution, 116, 363-372.
4. **Coomes D A, Allen R B, Scott N A, Goulding C, and Beets P, (2002).** Designing systems to monitor carbon stocks in forests and shrublands, For. Ecol. Manage. 164 89-108.
5. **Dixon R K, Trexler M C, Wisniewski J, Brown S, Houghton R A ve Solomon A M (1994).** "Carbon pools and flux of global forest ecosystems", For. Sci. vol.263, no 3, pp. 185-190.
6. **Durkaya A, Durkaya B, Atmaca S (2010).** "Predicting the Above-ground Biomass of Scots Pine (Pinus sylvestris L.) Stands in Turkey". Energy Sources, Part A, 32:485-493, DOI:10.1080/15567030802612473.
7. **Durkaya A, Durkaya B, Makineci E, Orhan İ (2015).** "Turkish Pines' Aboveground Biomass and Carbon Storage Relationships" Fresenius Environmental Bulletin Vol:24 (11), pp. 3573-3583.
8. **Durkaya B, Durkaya A, Varol T, Kaptan S (2013).** Orman Ekosistemlerinde Karbon Stok Değişimlerinin Belirlenmesinde BEF Katsayılarının Kullanımı ve Uygunluklarının Değerlendirilmesi. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslar arası Sempozyumu Bildiriler Kitabı,:451-465, 26-28 Kasım, ANTALYA
9. **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. Vol:22 (2), pp. 428-434
10. **Durkaya B, Varol T, Durkaya A (2014).** "Determination of carbon stock changes: biomass models or biomass expansion factors" Fresenius Environmental Bulletin. Vol:23 (3), pp. 774-781.

11. **FRA (2010).** Country Report, Turkey, pp.37-39
12. **Goodale C L, Apps M J, Birdsey R A, Field C B, Heath L S, Houghton R A, Jenkins J C, Kohlmaier G H, Kurz W, Liu S, Nabuurs G J, Nilsson S ve Shvidenko A X (2002).** “Forest carbon sinks in the Northern Hemisphere”, *Ecol. Appl.* Vol.12, no 3, pp. 891–899,
13. **Hertsgaard M (2001).** Yeryüzü Gezgini, Çevresel Geleceğimizin Peşinde Dünya Turu. İstanbul. TEMA, Yayın No. 34,
14. **Houghton J T, Meira Filho L G, Lim B, Treanton K, Mamaty I, Bonduki Y, Griggs D J ve Callander B A (1997).** Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA,
15. **IPCC (1996).** Climate Change 1995 The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I. Cambridge University Press, New York,
16. **IPCC (2013).** Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
17. **Jandl R, Lindner M, Vesterdal L, Bauwens B, Baritz R, Hagedorn F, Johnson D W, Minkinen K ve Byrne K A (2007).** “How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?”, *Geoderma.* vol.137, pp. 253-268.
18. **OGM (1986 a).** Orman Genel Müdürlüğü, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Abant Orman İşletme Müdürlüğü, Sarıalan Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı 1986-1995.
19. **OGM (1986 b).** Orman Genel Müdürlüğü, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Abant Orman İşletme Müdürlüğü, Elmalıdere Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı 1986-1995.
20. **OGM (2005).** Orman Genel Müdürlüğü, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Abant Orman İşletme Müdürlüğü, Sarıalan Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı 2005-2014.
21. **OGM (2014).** Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajmanı Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar. OGM
22. **Schroeder P, Brown S, Mo J, Birdsey R, Cieszewski C (1997).** Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data, *For. Sci.* 43 424–434.
23. **Van Camp N, Vande Walle I, Mertens J, De Neve S, Samson R, Lust N, Lemeur R, Boeckx P, Lootens P, Beheydt D, Mestdagh I, Sleutel S, Verbeeck H, Van Cleemput O, Hofman G, Carlier L (2004).** Inventory-based carbon stock of Flemish forests: a comparison of European biomass expansion factors, *Ann. For. Sci.* 61 677–682.
24. **Vande Walle I, Van Camp N, Perrin D, Lemeur R, Verheyen K, Van Wesemael B, Laitat E (2005).** Growing stock-based assesment of the carbon stock in the Belgian forest biomass. *Ann.For.Sci.* 62, 853-864.
25. **Yolasığmaz H A, Çavdar B, Demirci U ve Aydın İ Z (2016).** “İki farklı yöntemle göre karbon birikiminin tahmin edilmesi: Artvin Orman İşletme Şefliği örneği”, *Türkiye Ormancılık Dergisi* cilt 17, sayı 1, s.43-51.