

KAHRAMANMARAŞ AYVALI BARAJ HAVZASINDA KARBON EMİSYONU VE EKONOMİSİ ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

Özden GÖRÜCÜ¹

Ömer EKER²

¹Prof.Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
Orman Ekonomisi Anabilim Dalı, Bahçelievler Yerleşkesi, 46060, Kahramanmaraş E-posta:
ogorucu@ksu.edu.tr

²Yrd.Doç.Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü,
Orman Ekonomisi Anabilim Dalı, Bahçelievler Yerleşkesi, 46060, Kahramanmaraş E-posta:
omereker@ksu.edu.tr

Özet

Yirminci Yüzyılın son çeyreğinde sanayileşme ve aşırı nüfus artışı, çevreyi, özellikle insan ve hayvan yaşam alanlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Doğal kaynakların tahribi canlıların yaşam alanlarını hızla daraltırken, ekosistemlerin ve bu bağlamda orman ekosistemlerinin çevre ve topluma sağlamış olduğu faydalar daha fazla ön plana çıkmıştır. Ormanlar odun üretimi, rekreasyon, av ve yaban hayatı barınağı, su üretimi, erozyon kontrolü gibi birçok işlevleriyle birlikte karbon emisyonunu indirgeyerek sera gazları etkisi ve dolayısıyla küresel iklim değişiminin olumsuz etkilerinin azalmasında da önemli rol üstlenmektedir.

Bu araştırmada Ayvalı Baraj Havzasında yer alan, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı, Elmalar Orman İşletme Şefliği'nin 731, 732 ve 733 nolu bölmelerindeki üçüncü bonitet sınıfına ait kızılçam meşcereleri karbon emisyonu ve ekonomisi açısından analiz edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan parametrelerin en önemlileri; kızılçam kuru odun kütleindeki karbon miktarı, 1 kg kızılçam odununun bağladığı CO₂ miktarı ve karbonun fiyatıdır.

Anahtar Kelimeler: Karbon, emisyon, net bugünkü değer

The Researches on Carbon Emission and Economics in the Watershed of Kahramanmaraş Ayvalı Dam

Abstract

During the last quarter of the 20th century the environment in general and the habitats of both humans and animals specifically were adversely impacted by industrialization and rapid human population growth. While the degradation of natural resources was rapidly constricting the habitat of living things, the importance of ecosystems and specifically forest ecosystems in terms of providing benefits to the environment and society has come into the forefront. Besides providing wood production, recreation, game and wildlife shelter, water production, and erosion control forests also play an important role in reducing carbon emissions and decreasing the negative effects of green house gases and global climate change.

In this study Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) stands, site class III, in compartment 731, 732 and 733 located in the boundary of Elmalar Forest District, in Kahramanmaraş Forest Administration at Ayvalı Watershed were analyzed with regard to carbon emission and economics. The most important parameters used in the calculations are: carbon amount in dry mass of Turkish red pine, amount of CO₂ fixed in 1 kg of Turkish red pine timber and the price of carbon.

Keywords: Carbon, emission, net present value

1. Giriş

Çevre ve çevresel faktörleri holistik (bütüncül) yaklaşım içerisinde, etkileşim süreçlerini de göz önünde bulundurarak anlayabilmek için, çevreyi oluşturan organizma ve organizasyonlar ile bunların yaşam ortamlarını analiz etmek büyük önem taşımaktadır.

Çevresel ortamlardaki tüm organizmalar enerji yüklemekte ve bu enerjilerini bir şekilde (endojen ya da eksojen) kullanmaktadır. Bilimsel araştırmaların bir kısmı bu noktada, enerjinin nasıl kullanıldığına ve hangi şekillerde transfer edildiğine odaklanmaktadır. Çünkü organizmalarda olduğu gibi ekosistemlerde de yüksek düzeylerde enerji ve malzeme hareketi gözlenmektedir.

Söz konusu enerji ve malzeme hareketi, çevrede biyokimyasal döngüler içerisinde bazen de hal değiştirerek (transformasyon) gerçekleşmektedir. Bu durum biyolojik, kimyasal ve fiziksel olayları doğurmakta ve olası zincirler gerçekleşmektedir. Bu tür olay ve zincirlerin etmenleri elementler ve besin maddeleridir. Zira, örneğin su dünyamızda yaşamın dayandığı birinci etmendir. Su, hayatın-çevrenin en önemli parçasıdır. Suyun atmosferde güneş ışınlarıyla girdiği reaksiyonla oluşan su buharı bulutları en önemli sera gazıdır. Bunun yanı sıra su, ekosistemdeki tüm döngülerin ayrılmaz parçası ve en önemli aktördür. Ekosistemdeki suyun karbon döngüleri ile etkileşimi ve bunun sonucunda oluşan zincirlerin biyokimyasal olgusu ne kadar önemli ise, bundan daha da önemlisi bu zincirin üretim, tüketim, paylaşım ve sürdürülebilir çevreci sosyoekonomik refah üzerindeki etkisidir (Görücü, 2002).

İnsanın söz konusu karbon döngüsü üzerindeki etkisi şüphesizdir, ancak asıl önemli olan bu etkinin paralandırılması ve ölçülebilir birimlerle ifade edilmesidir. Dünyada son on yılda gelişen “Karbon Pazarları” ve “Karbon Ekonomisi” bunun açık göstergeleridir.

Ekosistemde karbon üretimi ve karbon döngüsünü çözümlyerek anlamaya çalışmanın iki temel nedeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi tüm organik maddelerin karbon içermesi, ikincisi ise karbonun fizikokimyasal çevredeki çok önemli etkisidir. Karbon, oksidasyonun bir çıktısı olarak genellikle karbondioksit formunda bulunmaktadır. Bir başka ifade ile fosil yakıtların yanma işlemi sonucu veya canlıların solunumu neticesinde karbondioksit döngüsünün bir sonucu olarak açığa çıkmaktadır. Karbondioksitin de su buharı gibi bir sera gazı olması nedeniyle yerküre ve iklim üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır.

Karbon, karbondioksit döngüsü içerisinde iki şekilde bulunmaktadır. Bunlardan biri gaz, diğeri katı haldeki karbondur. Gaz hali, en iyi bilinen formdur, fakat metan veya karbonmonoksit gibi bileşik halde de bulunabilmektedir. Bilindiği gibi karbonmonoksit fotosentez yoluyla bitkilerde katı haldeki karbona dönüşmekte ve bileşik halde glikoz ($C_6H_{12}O_6$) formunda depolanabilmektedir.

Konunun bir diğer boyutu ise karbondioksitin kaynağı açısından yapılan incelemedir. Bu açıdan bakıldığında ise, enerji kaynağı olarak fosil yakıtların yanması neticesinde, yakılan katı yakıtın (örneğin kömür) miktarından çok daha fazla miktarda CO_2 atmosfere gaz halinde salınmaktadır ve salınan bu miktar her geçen gün artarak büyümektedir. Atmosfere salınan CO_2 gazı, bilinen fotosentez reaksiyonunda su ile tepkimeye girmekte, ışık ve klorofil katalizörlüğünde glikoz ve odunun hammaddesi selüloza dönüşmektedir.

Bu araştırmada CO_2 'in ikinci süreci, yani atmosferde gaz halinden oduna dönüştürme reaksiyonunun bazı ormancılık parametreleri (idare süresi, faiz oranı, biyokütle miktarı ve alan) açısından değerlendirmesi yapılarak kızılçam ormanlarının CO_2 bağlama ve ekonomik değere dönüştürme mantıksal matematiksel ekonomi bağlamında ele alınmıştır. Karbon emisyonu ve ekonomisi konusu ülkemizde yenidir ve bazı yaklaşımlarla ekonomik değeri ile sosyal faydaları sürdürülebilirlik kriterleri bazında incelenmeye başlanmıştır (Görücü, 1997).

2. Ormanların Küresel Isınmayı Azaltmadaki Rolü

Yeryüzünde tüm bitkiler tarafından tutulan karbonun %75'i ormanların yeşil bünyesinde depolanmaktadır. Örneğin, iyi gelişmiş 100 yaşındaki bir kayın ağacı fotosentez aracılığıyla 40 milyon m³ havayı yapraklarıyla emerek, bu hava içerisindeki 1200 m³ karbondioksiti, biyokimyasal dönüşümle 6 ton karbon olarak bağlayabilmektedir. Bir ormanın, bir hektarda yıllık mutlak kuru biyolojik kütle üretimi için 13–30 ton karbondioksit bağladığı ifade edilmektedir (Anonim, 2005). Yukardaki örnekler orman ekosistemlerinin küresel ısınmaya en çok neden olan CO₂ gazını tutarak çevreye ve topluma sağladığı ekolojik faydanın ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Nordhaus (1991)'un, küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının etki oranları ile bunların emisyon kaynaklarını gösteren araştırması Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Sera Gazları Etki Oranları ve Emisyon Kaynağı

Sera Gazları	Etki oranları (%)	Emisyon kaynağı
Karbondioksit	53,2	En çok fosil yakıtlar
Metan	17,3	Çeşitli biyolojik ve tarımsal faaliyetler
Kloroflorokarbon	21,4	Endüstriyel üretim
Azot Oksitleri	8.1	Enerji ve gübre kullanımı
Toplam	100	

Küresel ısınmada en fazla paya sahip olan gaz karbondioksit olduğundan, bilimsel araştırmalar daha çok bu gazın indirgenmesine veya bağlanmasına odaklanmaktadır. Sedjo (1989)'nun ağaçlandırmaların yaygınlaştırılarak genişletilmesine ilişkin önerisi, iklim değişimi ve karbondioksit emisyonunun azaltılmasına yönelik politikalar kapsamında önemli bir adımdır. Cline (1992) ağaçlandırma vasıtasıyla;

- 1) Karbon dışı enerji kaynakları teknolojilerinin kullanımına geçme sürecinde 30 ya da 40 yıl kadar zaman kazanılacağını,
- 2) Ormanlarda yüksek seviyede depolanan karbonun küresel ısınmanın şiddetindeki belirsizlikler karşısında daha fazla esneklik sağlayacağını (örneğin, küresel ısınmanın şiddeti az ise ağaçlar odun hammaddesi olarak pozitif marjinal değer oluşturacaktır),
- 3) Fosil yakıtların yenilenebilir biyokütle enerjisiyle yer değiştirerek küresel ısınma sorununu çözebileceğini, belirtmektedir.

Yürütülen araştırmalar ve yapılan tahminlere göre 1860 yılından bu yana yeryüzünde arazi kullanımındaki değişimler sonucu 150 ile 250 milyon ton karbonun atmosfere salındığı tahmin edilmektedir. Yapılan tahminde aralığın geniş olması arazi kullanımındaki değişim nedeniyle salınan karbonun sayısallaştırılmasının zor olmasıyla açıklanmaktadır (Trexler, 1991). Arazi kullanımındaki değişimlere neden olan en önemli iki faktör; hızlı nüfus artışı ve yerleşim alanlarının genişlemesidir. Ayrıca, insanların besin ihtiyacı nedeniyle orman alanlarını tarımsal amaçlara yönelik kullanımı da değişimin önemli nedenlerindedir (Richards, 1990). Johnson (1991) araştırmasında, tropiklerdeki ormansızlaşmaya; %64 tarımsal, %18 ticari odun üretimi, %10 yakacak odun ve %8 çiftçilerin kullanımının neden olduğunu belirtmektedir. Oysa tropikal ormanlar diğer ekosistemlerle kıyaslandığında daha fazla karbon depo etmektedir. 1 hektarlık tarım arazisi aynı alandaki tropikal ormana göre 44 kat daha az karbon depolanmaktadır (Cairns ve Meganck, 1994) (Tablo 2).

Tablo 2. Bazı ekosistemlerin Karbon Depolama Kapasiteleri

Ekosistem	Karbon depolama (t C/ha)
Tropikal ormanlar	220
Ilıman ormanlar	150
Kuzey ormanları	90
Çayır ve meralar	15
Tarım alanları	5

3. Materyal ve Metot

Bu araştırmada Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı, Elmalar Orman İşletme Şefliğinin sınırları içerisinde yer alan 731, 732 ve 733 nolu bölmelerdeki üçüncü bonitet sınıfına ait kızılçam meşcereleri karbon emisyonu ve ekonomisi açısından analiz edilmiştir. Söz konusu kızılçam meşcerelerine ait saha döküm bilgileri Elmalar Orman İşletme Şefliği Amenanjan Plan verilerinden alınmıştır (Tablo 3) (Anonim, 2002). Hesaplamalarda kullanılan parametrelerin en önemlileri kuru odun kütleindeki karbon miktarı, 1 kg odunun bağladığı CO₂ miktarı ve karbonun fiyatıdır. Ayrıca, fotosentez denkleminde de faydalanılarak,

$$M_d \times N_c \times R_c \quad [1]$$

formülü türetilmiştir (Anonim, 2008).

Formülde;

M_d: 1 kg kuru odun kütlesi ağırlığı

N_c : 1 kg kuru odun kütleindeki karbon miktarı = 0,45

R_c : 44 atomik kütle birimine sahip CO₂'in, 12 atomik kütle birimine sahip Karbon'a oranı (44/12) = 3,66

Yukardaki formül gereğince 1 kilogram odun kütleinde bağlanan CO₂ miktarı 1,65 kg çıkmaktadır (Anonim, 2008).

Bununla birlikte bağlanan CO₂'in bugünkü ekonomik değerini hesaplayabilmek üzere; faiz oranı, idare süresi, karbon fiyatının girilerek, başlangıçtan itibaren bağlanan CO₂'in bugünkü net değeri bulunmaya çalışılmıştır. Karbonun değerinin hesaplanması ve parasal değer olarak karbon pazarına referans olabilecek baz değerlerin belirlenmesi açısından elbette farklı yöntem ve yaklaşımlar izlenebilmektedir. Bu çalışmada üzerinde durulan nokta, kuru madde ağırlığı ve karbonun odun dönüşüm oranları yönünden fiyatlandırmasıdır.

Tablo 3. Elmalar Orman İşletme Şefliği Saha Döküm Tablosu

Bölme No	Meşcere Tipi	ORMANLIK					ORMANSIZ			Toplam Gerçek Alan (ha)
		İşletme Sınıfı	Yaş Sınıfı	Bonitet Sınıfı	Gerçek Alan (ha)	Redüktif Alan (ha)	Sembol	İşletme Sınıfı	Alanı (ha)	
731	Çzb2	A	II	III	3	3	Z	A	5,5	
	Çzbc1	A	IV	III	12,5	12,5				
	Çzbc3	A	IV	III	32,5	32,5				
	BÇz-1	A			5,5					
	BÇz-2	A			1,5					
TOPLAM				55	5,5				60,5	
732	Çzb1	A	IV	III	1,5	1,5	OT	A	4,0	
	Çzb2	A	II	III	2,5	2,5				Z
	Çzb3	A	II	III	5,5	5,5				
	Çzbc1-1	A	IV	III	1,5	1,5				
	Çzbc1-2	A	II	III	3,5	3,5				
	Çzbc1-3	A	IV	III	10,0	10,0				
	Çzbc2	A	IV	III	1,5	1,5				
	Çzbc3	A	IV	III	19,0	19,0				
	BÇz	A			3,5					
TOPLAM				48,5				18,0	66,5	
733	Çzb1	A	II	III	2,5	2,5	OT	A	3,0	
	Çzb2	A	II	III	5,5	5,5				
	Çzbc1	A	IV	III	3,0	3,0				
	Çzbc3-1	A	II	III	5,0	5,0				
	Çzbc3-2	A	IV	III	18,5	18,5				
	Çzc2	A	IV	III	5,5	5,5				
	Çfa	A	I	III	20,5	20,5				
TOPLAM				60,5				3,0	63,5	

Kaynak: Kahramanmaraş Elmalar Orman İşletme Şefliği, Orman Amenajman Planı

Odunun kuru kütle ağırlığı çam türleri için hektarda ortalama 5 ila 8 ton arasında değişmektedir (Kalıpsız, 1982) (Tablo 4).

Tablo 4. Ormanlar ile diğer bitki topluluklarının üretim güçlerinin karşılaştırılması (yıllık en yüksek bitkisel kuru madde ağırlığı ton/ha)

Bitki topluluğu	Yıllık üretim (ton/ha)	Bitki topluluğu	Yıllık üretim (ton/ha)
Ladin	8-14	Ilıman bölge ormanı	13
Kayın	7-12	Kuzey ibreli ormanı	8
Çam	5-8	Bahçe ve tarla bitkileri	6,5
Şekerpancarı	12	Çalı bitkileri	6
Hububat	4-10	Ilıman bölge çayırıkları	5
Patates	4-8	Dağlık meralar	1,4
		Orman gülü alanları	2

Kaynak: Kalıpsız 1982

4. Bulgular

Araştırma alanındaki kızılçam meşcerelerinin tamamı üçüncü bonitette olup, 731 nolu bölmede 55 hektar, 732 nolu bölmede 48,5 hektar ve 733 nolu bölmede 60,5 hektar dağılım göstermektedir. Kalıpsız'ın kızılçamlar için oluşturduğu hasılat tablosunda (Tablo 5) bir ve ikinci yaş sınıflarına ait hektardaki ortalama hacim miktarı yer almadığından ve büyüme çağında enterpolasyon yönteminin uygulanmasının yıllık artımı önemli ölçüde değiştirebileceği nedeniyle hesaplamalara sadece dördüncü yaş sınıfındaki kızılçamlar dahil edilmiştir.

Tablo 5. Kızılçam Hasılat Tablosu

Yaş (yıl)	Üst boy (m)	Göğüs y. m ² /ha	Orta çap cm	Hacim m ³ /ha	Ortalama yıllık artım m ³ /ha	Kuruyan hacim m ³ /ha	Genel hacim
30	8,3	18,8	10,1	98	5,4	10	108
40	10,2	22,9	13,7	121	5,6	32	163
60	12,4	26,3	21,0	144	4,6	77	263
80	13,7	26,2	27,6	152	3,7	72	343
100	14,5	25,9	32,7	154	3,2	66	410
120	15,0	25,5	35,9	153	3,0	61	471
140	15,3	25,0	37,7	152	2,8	58	528

Kaynak: Kalıpsız, 1982.

Tablo 3'ten faydalanılarak dördüncü yaş sınıfındaki kızılçam meşcerelerinin kapladığı alanın 105,5 hektar olduğu görülmektedir. Kalıpsız'ın dördüncü yaş sınıfındaki kızılçamlar için hazırlanmış olduğu hasılat tablosunda hektardaki ortalama servet 121 m³'tür. Dolayısıyla 105,5 hektarlık deneme alanında dördüncü yaş sınıfındaki kızılçam dikili ağaç serveti:

$$121 \times 105,5 = 12\ 765 \text{ m}^3 \text{ tür.}$$

İbrelilerde tepe tacı gövde hacminin %20'sini oluşturur ve karbon hesaplamalarında da bu %20'lik tepe tacı hacminin dikili gövde servetine eklenmesi gerekmektedir. Bunu eklemek amacıyla 1.2 çarpanı dikili gövde servetiyle çarpılır ve toplam tepe tacıyla birlikte toplam yeşil servet değeri bulunur. Bu çarpana kısaca dallar ve tepe çarpanı da denilebilir. İbrelilerde kök odun miktarı dikili ağaç servetinin %15'ini oluşturduğundan toplam yeşil servet 1.15 ile çarpılarak toplam ağaç hacmi elde edilir. Toplam biyokütlenin kuru ton ağırlığını bulmak için de toplam yeşil servet değeri ibreliler için 0,6 ile çarpılır. Daha sonra tüm ağaç hacminin toplam kuru biyokütlesi ibreliler için 0,6 çarpanı kullanılarak ton birimiyle hesaplanır (IPCC, 1996). Bu aşamalardan sonra depo edilen karbon miktarını bulmak için Formül 1'den faydalanılarak toplam kuru biyokütle 0,45 ile çarpılır. Atmosferden tutulan CO₂ miktarı ise yine Formül 1'deki 3.66 kütle çevirim faktörü kullanılarak ton cinsinden hesaplanır ve bu şekilde Tablo 6 oluşturulmuştur.

Dolayısıyla, kök ve dallarıyla 17 616 m³'lük hacme sahip, 105,5 hektarlık sahada dağılım gösteren, dördüncü yaş sınıfına dahil kızılçam kuru kütlesi 4 756 ton karbon depo etmekte ve atmosferden 17 408 ton karbondioksit tutmaktadır.

Tablo 6. Tutulan toplam karbon ve karbondioksit miktarı

Kızılçam yaş (yıl)	Alan (ha)	Hacim (m ³ /ha)	Toplam gövde hacmi (m ³)	Toplam yeşil servet (m ³)	Toplam ağaç hacmi (m ³)	Toplam Kuru biyokütle (ton)	Toplam C Miktarı (ton)	Toplam CO ₂ miktarı (ton)
40	105,5	121	12 765	15 318	17 616	10 569	4 756	17 408

Buradan, tutulan karbondioksitin parasal değerini ortaya çıkarmak amacıyla Karbonun uluslararası platformda değeri ile ilgili araştırmalardan yararlanılmıştır. Örneğin, 1996 yılında

düzenlenen İklim Değişimi Üzerine Hükümetlerarası Panel (IPCC)'ce karbonun değeri 5\$ – 125\$ /tC arasında tahmin edilmektedir. Ayrıca, İngiltere Hükümeti Ekonomi Servisi (GES)'nin 2002 yılında yaptığı “Estimating the Social Cost of Carbon Emissions” adlı araştırması bu değerlerin 35\$ - 140\$ /tC arasında değişebileceğini göstermektedir (Clarkson ve Deyes, 2002). Çalışma iklim değişiminin şiddetinin artacağını varsayarak bu değerlerin her yıl 1 ton karbon için 1\$ arttırılabileceğini de vurgulamaktadır. Ancak ülkemizde henüz karbonun fiyatının oluşmaması ve pazarının bulunmamasından dolayı karbon fiyatı GES'in önerdiği minimum değer olan, 35 \$ olarak alınmış ve aktüel durumda toplam kuru kütlelerin atmosferden soğurduğu CO₂'in parasal değeri 609 280 \$ (17 408 ton x 35 \$) olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca, tutulan karbondioksitin ve depolanan karbonun idare süresi ile ilişkisini ortaya koymak bakımından kızılçam meşcerelerinde 30-40-50 ve 60 yıl idare süreleri için Net Bugünkü Değer (NBD) hesaplarının farklı faiz oranları bakımından incelendiği çalışmalardan yararlanılmıştır (Görücü; 2004). Yukarıdaki verilerden hareketle ülkemizde, idare süresi ortalama 40 yıl olan kızılçamların tuttuğu brüt karbondioksit değeri aşağıdaki formül aracılığıyla hesaplanmaya çalışılmıştır (Eker, 1997). Hesaplamalarda iskonto oranı % 5 alınmıştır (Price ve Willis, 1993; Newell ve Stevens, 1999; Obersteiner ve ark, 2007).

$$T_{MAI} \times P_c \times N_c \times R_c \times D \quad [2]$$

T_{MAI} : Toplam ortalama yıllık artım

P_c : Karbon fiyatı (35 \$/t C)

N_c : 1 kg kuru odun kütleindeki karbon miktarı = 0,45

R_c : Kütle çevirim faktörü = 3,66

D : $\{(1/r) \times [1-1/(1+r)^t]\}$ dönem için iskonto faktörü.

Formülde r iskonto oranı t ise süreyi göstermektedir.

Tablo 5’de üçüncü bonitet, dördüncü yaş grubuna dahil kızılçamların hektardaki ortalama yıllık artımı 5,6 m³ olarak verilmiştir. Bu değer esas alınarak, 105,5 hektardaki toplam ortalama yıllık artım;

5,6 x 105,5 = 590,8 m³ olarak hesaplanmıştır.

Değerler formülde yerine konulduğunda, 40 yıllık idare süresince tutulan karbonun toplam brüt değeri;

$$590,8 \times 35 \times 0,45 \times 3,66 \times \{1/0,05 \times [1-1/(1+0,05)^{40}]\}$$

$$= 584 412 \$'dır.$$

Bu değer daha önce hesaplanan aktüel durumda toplam kuru kütlelerin 40 yıllık idare süresince atmosferden soğurduğu CO₂'in parasal değerine (609 280 \$) yakındır.

Karbonun Net Bugünkü Değeri (NBD_c)’ni hesaplayabilmek için karbon depolanmasına yönelik yapılan ağaçlandırma masrafları (C_a)’nın da hesaba eklenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ağaçlandırmanın bir başka ve önemli boyutu olan küresel ısınma ve iklim değişiminin önüne geçme amaçlı yapıldığı düşünülmüştür. Ormana idare süresi boyunca başka teknik müdahalelerde bulunulmadığı varsayılmıştır. Elmalar Orman İşletme Şefliğinden elde edilen verilere göre 1 hektar alanın ibreliler için ağaçlandırma masrafı 2008 fiyatlarıyla 5 249 TL (OGM, 2008); yani yaklaşık 3 450 \$’dır (1\$=1,5 TL). Toplam 105.5 hektarlık alanın ağaçlandırma masrafı ise 2008 fiyatlarıyla 363 975 \$’dır. Formülde ağaçlandırma masraflarının tümünün 2008’de yapıldığı düşünülmüş, yani ağaçlandırma için t=0 alınarak net bugünkü değer hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned} \text{NBD}_c &= T_{\text{MAI}} \times P_c \times N_c \times R_c \times D - C_a / (1+r)^t & [3] \\ \text{NBD}_c &= 584\,412 - 363\,975 \\ \text{NBD}_c &= 220\,437 \$ \end{aligned}$$

Elde edilen değerden görüldüğü üzere 105,5 hektarlık alanı kaplayan, dördüncü yaş sınıfına ait kızılçamların 40 yıllık idare süresi sonunda sağlayacağı gelirin net bugünkü değeri yaklaşık 220 437 \$'dır. Tablo 5'den yararlanılarak benzer şekilde üçüncü bonitet grubundaki kızılçam türlerinin 60, 80 ve 100 yaş dönemleri için atmosferden bağlayacağı karbondioksitin parasal değerlerini hesaplamak mümkün görülmektedir (Tablo 7).

Tablo 5 incelendiğinde kızılçamlarda 40 yaş sonrası ortalama yıllık artımın düştüğü görülmektedir. Örneğin; 100 yaşında hektarda ortalama yıllık artım 3,2 m³'tür. Dolayısıyla bağlanan karbon miktarı da azalan artımla doğru orantılı olarak 40 yaş sonrası azalmaktadır.

Tablo 7. Kızılçamda ileri yaş gruplarında karbonun NBD sonuçları

Yaş (yıl)	Ortalama Yıllık Artım (m ³ /ha)	Toplam ortalama yıllık artım (m ³ /ha)	Depolanan karbonun net bugünkü değeri (\$)
40	5,6	590,8	220 437
60	4,6	485,3	165 594
80	3,7	390,4	77 115
100	3,2	337,6	22 286

Kaynak: Kalıpsız 1982

Bu nedenle, karbondioksit bağlamak amacıyla kurulan ormanların idare süresine kadar sahada tutulması, idare süresinden sonra hasat yapılarak yeniden ağaçlandırmaya gidilmesi döngünün sürdürülebilmesi için önem taşımaktadır.

5. Sonuç ve Öneriler

Araştırma alanı olarak seçilen Ayvalı Baraj Havzasında, Kahramanmaraş Elmalar Orman İşletme Şefliği'ne bağlı 731, 732 ve 733 no'lu kızılçam bölmelerinde karbon ekonomisini belirlemeye yönelik yapılan ekonomik analizden elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Bölmelerdeki dördüncü yaş sınıfına dahil, 105,5 hektarlık alanda 17 616 m³ toplam kızılçam ağaç hacminin depoladığı toplam karbondioksit miktarı 17 408 tondur. Buradan, 1 hektarlık sahada tutulan karbondioksit miktarı yaklaşık 167 ton olarak hesaplanmaktadır.

- İklim Değişimi Üzerine Hükümetlerarası Panel tarafından önerilen karbon ve karbondioksit tutulmasına yönelik hesaplama yöntemi esas alınarak yapılan ekonomik analizde, 10 569 ton kuru kütleyle sahip kızılçam meşcerelerinin 4 756 ton karbon depo ettiği ve atmosferden 17 408 ton karbondioksit tuttuğu belirlenmiştir.

- İngiltere Hükümeti Ekonomi Servisi ve İklim Değişimi Üzerine Hükümetlerarası Panel'in karbon fiyatlandırmasına yönelik önerileri göz önünde bulundurularak, 1 ton karbonun topluma yüklediği maliyet 35\$ alınmış ve 40 yıllık idare süresi için Elmalar Serisinin söz konusu, üç bölmesinde kızılçam meşcereleri tarafından bağlanan CO₂'in toplam brüt değeri 584 412\$ olarak hesaplanmıştır. Kızılçam meşcerelerinin bulunduğu araştırma alanında 105,5 hektar sahanın 40 yıllık idare süresi boyunca karbon ekonomisine katkısının net bugünkü değeri 220 437 \$ olarak hesaplanmıştır.

- Yaş Sınıfı ve Artım Tablosu göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalara göre bağlanan karbon miktarında optimal idare süresi sonunda azalma olduğu tespit edilmiştir.

- Karbon emisyonlarının azaltılmasında sanayi kesimine ve genel olarak iş dünyasına bütçeleme ve transfer ödemeleri bakımından sorumluluklar düşmektedir.

-Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşmenin yanısıra iklim değişimi ve küresel ısınmanın olumsuz etkileriyle de değişen yeni ormancılık anlayışı çerçevesinde ormanların karbon stoğu olarak kullanılması ve bunun lokal, bölgesel, ulusal ve uluslararası ölçekte yaygınlaştırılması birçok ülke tarafından kabul görmektedir. Ancak bu hedef doğrultusunda yapılan çalışmaların hayata geçirilebilmesi için ormanların karbondioksit depolama işlevine finansal destek sağlanması ve buna ilişkin karbon piyasalarının ve borsasının oluşturulması çalışmalarına başlanması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 2002.** Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Elmalar Orman İşletme Şefliği, Orman Amenajman Planı.
- Anonim, 2004.** Social Cost of Carbon. <http://socialcostofcarbon.aeat.com/index.htm> (Ziyaret Tarihi: 16/10/2008)
- Anonim, 2005.** Orman Hayattır. Bilkent Üniversitesi, Çevre Düzenleme ve Koruma Müdürlüğü. http://www.bilkent.edu.tr/~cevre/mart_05.html (Ziyaret Tarihi: 18/10/2008).
- Anonim, 2008.** Trees and Carbon. Environmental Science Activities for the 21st Century (ESA21). <http://esa21.kennesaw.edu/activities/trees-carbon/trees-carbon.pdf> (Ziyaret Tarihi: 10/09/2008)
- Cairns, M. A. ve Meganck, R. A., 1994.** Carbons Sequestration, Biological Diversity and Sustainable Development: Integrated Forest Management. Environmental Management, 18(1): 91-110.
- Clarkson, R. ve Deyes, K., 2002.** Estimating the Social Cost of Carbon Emission. Government Economic Service Working Paper 140, İngiltere. <http://www.hm-treasury.gov.uk/d/SCC.pdf> (Ziyaret Tarihi: 10/10/2008)
- Cline, W. R., 1992.** The Economics of Global Warming. Institute for International Economic, Peterson Institute, ISBN 088132132X, 9780881321326, Washington, A.B.D., 399 s.
- Eker, Ö., 1997.** The Economics of Multiple Use of Forest with Special Reference to Turkey. Yüksek Lisans Tezi, School of Agriculture and Forest Sciences, University of Wales, Bangor, İngiltere.
- Görücü, Ö., 2004.** Orman İşletmelerinde Üretim Planlamasının Geliştirilmesi. İstanbul Üniversitesi Dergisi, Seri A, Cilt 54, (2): 25-49
- Görücü, Ö., 2002.** Sürdürülebilir Ormancılık, İspanya'daki Uygulamalar ve Türkiye ile Karşılaştırılması, KSÜ Ders Kitapları Yayın No: 12, KSÜ Rektörlüğü Yayın No: 90, Kahramanmaraş, 93 s.
- Görücü, Ö., 1997.** Criteria for Sustainable Forest Management and the Consideration in the Turkish Forestry. IUFRO Conference on Future Forest Policies and Europe – Balancing Economic and Ecological Demands, EFI Proceedings, No: 22, s. 215-222
- Kalıpsız, A., 1982.** Orman Hasılat Bilgisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 3052/328, İstanbul, s. 328.
- IPCC, 1990.** Scientific Assessment of Climate Change. World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, s. 26.
- Johnson, B., 1991.** Responding to Tropical Deforestation: An Eruption of Crises, an Array of Solutions. World Wildlife Fund for Nature, Baltimore, Maryland, 63 s.
- Newell, R. G. ve Stavins, R. N., 1999.** Climate Change and Forest Sinks: Factor Affecting the Costs of Carbon Sequestration. RFF Discussion Paper, Washington D.C. A.B.D., 31 s.
- Nordhaus, W. D., 1991.** To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. The Economics Journal, 101: 920-937.

- Obersteiner, M., Benitez, P., McCallum, I., Lexer, M., Nilsson, S., Schlamadinger, B., Sohngen, B ve Yamagata, Y., 2007.** The Role of Forests in Carbon Cycles, Sequestration, and Storage: The Economics of Carbon Sequestration in Forests. Newsletter, http://www.iufro.org/download/file/2064/3397/issue5_aug07-c.pdf (Ziyaret Tarihi: 14/10/2008)
- Sedjo, R. A., 1989.** Forests: A tool to Moderate Global Warming? *Environment*, 31: 14-20.
- Price, C. ve Willis, R., 1993.** Time, Discounting, and the Valuation of Forestry's Carbon Fluxes. *Commonwealth Forestry Review*, 72(4): 261-271.
- Richards, J. F., 1990.** Land Transformation: The Earth as Transformed by Human Action. Cambridge University Press, s. 163-178.
- Trexler, M. C., 1991.** Minding the Carbon Storage: Weighing U.S. Forestry Strategies to Slow Global warming. World Resources Institute (WRI), Washington D.C., A.B.D., 81 s.