

İki farklı yöntemle göre karbon birikiminin tahmin edilmesi: Artvin Orman İşletme Şefliği örneği

H.Ahmet Yolasığmaz^a, Burak Çavdar^{a,*}, Ufuk Demirci^a, İnci Zeynep Aydın^a

Özet: Artan nüfus, sanayileşme ve doğal kaynakların tahribi neticesinde karbon salınımının kritik seviyeye gelmesiyle küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi küresel sorunlar ortaya çıkmıştır. Bu sorunların baş sorumlusu olarak havadaki zararlı gazlar ve özellikle de karbondioksit gösterilmektedir. Karbondioksitin başlıca bileşeni olan karbon toprakta, suda ve ormanlarda depolanmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile mücadele sözleşmesi gereği imza atan pek çok ülke orman alanlarında depoladığı ve havaya saldığı kirletici gazların miktarının hesaplamak durumundadır. Konu gündeme geldiğinden bu yana ormanlarda tutulan karbon miktarı; biyokütle hesabına dayanılarak hesaplanmaktadır. Ülke çapında hesaplanan ilk veriler ASAN tarafından ülkemizin de yer aldığı küresel konuma bağlı olarak iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanlar için ayrı ayrı geliştirilen katsayılardan yararlanılarak hesaplanırken, son dönemde ise bu veriler FRA-2010 kılavuzuna göre benzer yaklaşımla bozuk alanların ayrı bir kalem olarak hesaba dahil edilmesiyle hesaplanarak ilgili mercilere sunulmuştur. Ülkemizde orman alanlarının artması, yapısal anlamda iyileşmesi bir yana orman alanlarında tutulan karbon miktarında da çok ciddi bir artış olduğu görülmektedir. Her iki yöntem arasındaki farklılıkları göstermek isteyen bu çalışmada Artvin Orman İşletme Şefliğinde, farklı formüllerin ve katsayıların toplam karbon birikim miktarı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak, her iki yöntemle dayalı olarak araştırma alanı karbon birikimi hesaplanmış önemli farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Verimli ve bozuk ormanlar için farklı katsayılar kullandığında, toplam biyokütledeki karbon miktarı yaklaşık %54 daha fazla iken, orman toprağındaki karbon yaklaşık % 65 azalmaktadır.

Anahtar kelimeler: Karbon birikimi, Biyokütle, Artvin Orman İşletme Şefliği

Estimation of carbon sequestration based on two different methods: A case study of Artvin Forest Sub-District Directorate

Abstract: Growing population, industrialization and destruction of natural sources have caused carbon emission to reach critical threshold, which accordingly resulted in global problems such as; global warming and climate change. Main sources of these problems are hazardous gases on the air, particularly; carbon dioxide. The main component of carbon dioxide, carbon is stored in the soil, water and forests. According to the agreement against global climate change, most of the countries that signed the agreement are expected to measure gas amounts that they save in their forest areas and the amount of contaminating gases that are exhausted to the atmosphere. Since the subject was under debate, carbon amounts kept in the forest areas are measured by biomass calculations. The first data measured all across the country were calculated by ASAN using indices that were developed for coniferous and broad-leaved forests separately; recently, these data are measured by including damaged areas as a separate item, similar to the approach in FRA-2010 guide. It can be seen that there is a significant increase in the carbon amounts kept in the forest areas in Turkey along with increasing number of forest areas and recovery in structure. This study, which aims to show the differences between the two methods, seeks to identify the effects of different formulas and indices on total amount of carbon stocks in Artvin Forest Sub-district Directorate. As a result, carbon amounts in the study area were calculated with each method and there were significant differences found between the two methods. When different indices are used for productive and damaged areas, the approximate increase in carbon amount is 54% with an approximate 65% decrease in carbon amount in forest soil.

Keywords: Carbon sequestration, Biomass, Artvin Forest Sub-district Directorate

1. Giriş

Doğal kaynaklara olan talep, dünya nüfusunun artması ve sanayileşmeye bağlı olarak hızla artış göstermiştir. Talebi karşılamak için doğal kaynaklar bilinçsizce kullanılmaya ve tahrip edilmeye başlanmış, kirlilik, çölleşme, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi pek çok çevresel sorun ortaya çıkmıştır.

İklim değişikliği, insanoğlunun son yüzyılda karşı karşıya kaldığı en önemli çevresel sorunların başında gelmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) iklim değişikliği, "karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliklerine ek olarak, doğrudan veya dolaylı, olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri

✉ ^a Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): burakcavdar60@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 02.10.2014, **Accepted** (Kabul tarihi): 29.09.2015



Citation (Atıf): Yolasığmaz, H.A., Çavdar, B., Demirci, U., Aydın, İ.Z., 2016. İki farklı yöntemle göre karbon birikiminin tahmin edilmesi: Artvin Orman İşletme Şefliği örneği. Turkish Journal of Forestry, 17(1): 43-51. DOI: 10.18182/tjf.20323

sonucunda iklimde oluşan bir değişikliktir" şeklinde tanımlanmaktadır (UN, 1992).

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazı yoğunluğu, özellikle 1850'li yıllarda başlayan sanayi devrimi ve bunun bir sonucu olarak artan enerji talebini karşılamak amacıyla fosil yakıtların yoğun olarak kullanılması, ulaştırma, arazi kullanım değişikliği ve tarımsal etkinlikler neticesinde Çizelge 1'de görüldüğü üzere ciddi şekilde artış göstermiştir (IPCC, 2007a; 2013).

Nordhaus (1991)'e göre küresel ısınma ve beraberinde iklim değişikliği üzerinde etkisi en çok olan sera gazı CO₂'dir. Sera gazlarının küresel ısınmaya olan etki oranları ve bu gazların emisyon kaynakları Çizelge 2'de gösterilmiştir (Görücü ve Eker, 2009).

Çizelge 3'te karbon döngüsünde yer alan kaynaklar ve karbon emisyonuna olan etkileri gösterilmiştir (Broadmeadow ve Matthews, 2003). Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli (IPCC) raporlarına göre 1993-2003 döneminde 3,3 Gt CO₂/yıl karasal ekosistemlerde karbon depolanması ve arazi kullanım değişikliğine bağlı olarak 5,8 Gt CO₂/yıl emisyon gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Dünya yüzeyinin yaklaşık olarak üçte birini oluşturan ormanlar, en büyük karasal karbon deposu olarak dünya iklimini düzenlemede önemli bir işleve sahiptir. Ormanların, 2050 yılına kadar yıllık ortalama 5,38 Gt CO₂/yıl azaltım potansiyeline sahip olması nedeniyle, küresel karbon döngüsünde ve doğal olarak iklim değişikliği ile mücadele önemli bir yeri bulunmaktadır (IPCC, 2001; 2007a; 2007b).

Çizelge 1. Temel sera gazlarında artış miktarı

| Sera Gazı | 1850 öncesi | 2011 | Artış oranı |
|------------------|-------------|----------|-------------|
| CO ₂ | 280 ppm* | 391 ppm | %40 |
| CH ₄ | 715 ppb** | 1803 ppb | %152 |
| N ₂ O | 270 ppb | 324 ppb | %20 |

* ppm: parts per million (milyonda bir anlamına gelen kütleli yoğunluk birimi)

** ppb: parts per billion (milyarda bir anlamına gelen kütleli yoğunluk birimi)

Çizelge 2. Sera gazları etki oranları ve emisyon kaynakları

| Sera Gazları | Etki oranları (%) | Emisyon kaynağı |
|------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Karbondioksit | 53,2 | Fosil yakıtlar ve ormansızlaşma |
| Metan | 17,3 | Biyolojik ve tarımsal faaliyetler |
| Kloroflorokarbon | 21,4 | Endüstriyel üretim |
| Azot Oksitler | 8,1 | Enerji ve gübre kullanımı |

Çizelge 3. 1990'lı yıllarda ortalama yıllık küresel karbon dengesi

| Etkenler | Salınan (kaynak) (Gt) | Tutulan (yutak) (Gt) |
|--|-----------------------|----------------------|
| Fosil yakıt kullanılması | 6,3 | |
| Arazi kullanım değişikliği (ormansızlaşma) | 1,6 | |
| Bitki büyümesi | | 3,0 |
| Okyanus-atmosfer dengesi | | 1,7 |
| Toplam | 7,9 | 4,7 |
| Denge | 3,2 | |

Ormanlar;

- Fotosentez yoluyla atmosferden CO₂'yi uzaklaştırdığı için yutak olarak,
- Karbonu ağaçların gövdelerinde, yapraklarında, dallarında, köklerinde, ölü ve diri örtüde ve orman toprağında saklamak suretiyle hazne (rezervuar) olarak,
- Fosil yakıtlara alternatif, temiz enerji kaynağı olarak,
- Yandıklarında veya tahrip edildiklerinde CO₂ kaynağı olarak,
- İklim değişikliğiyle mücadelede çok önemli bir rol üstlenirler (OGM, 2010; UN, 2010).

İklim değişikliği ile mücadele sözleşmesine imza atan ülkeler BMİDÇS kapsamında düzenli olarak İklim Değişikliği Ulusal Bildirimleri ve her yıl Ulusal Sera Gazı Envanterleri hazırlamakla yükümlüdür. Ülkemiz de, bu kapsamda bu yükümlülüğü üstlenmiştir. Kyoto Protokolü kararları gereğince, ilk yükümlülük döneminde (2008-2012) sayısallaştırılmış sera gazı emisyon azaltım yükümlülüğü almamasına rağmen 2010 yılından itibaren Ulusal Bildirimler ve Sera Gazı Envanterleri hazırlanmaya başlanmış ve bu faaliyetler kapsamında ormanlarımızdaki yıllık karbon stok değişimini belirleme amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Bu kapsamda 23 Mart 2007'de BMİDÇS Sekreteryası'na sunulan Birinci Ulusal Bildirim Raporu'nda 1990-2007 yılları arasında Türkiye ormanlarındaki brüt ve net karbon stoku hesaplanmıştır. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO) Çalışma Grubu Raporu 2007 yılı verilerine göre; ülkemiz ormanlarında tutulan yıllık net karbon miktarının 14 milyon 541 bin ton olduğu, bu miktarın ise 53 milyon 319 bin ton karbondioksit miktarına eşdeğer olduğu tahmin edilmektedir. Orman alanlarındaki toplam karbon tutunumu hesaplamaları, IPCC'nin geliştirdiği Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişiklikleri ve Ormancılık için İyi Uygulamalar (GPG-LULUCF) kılavuzuna göre ormanlarda biriken karbon miktarı ve bunun yıllık değişimleri 5 başlık altında; yer üstü canlı, yer altı canlı, ölü odun, ölü örtü ve organik toprak itibarıyla hesaplanmaktadır (IPCC, 2004; OGM, 2009).

Ülkemiz ormanları için karbon birikiminin hesaplanması ile ilgili birçok çalışma gerçekleştirilmiş ve karbon hesaplamaları farklı bakış açılarıyla ele alınmıştır. Karbon hesaplama yöntemlerinin en yaygını biyoküttele biriken karbon miktarından yola çıkarak, ormanlardaki toplam karbon birikiminin hesaplanmasıdır. Bu çalışmalarda ulusal orman envanteri temel alınarak ormanlardaki karbon birikimi ve bilançosu, orman alanları üzerindeki bitkisel kütleli ağaç türleri itibarı ile dağılımını ve bunların fırın kurusu maddeye dönüştürülmüş miktarlarına dayanarak hesaplanmaktadır. Bahsi geçen çalışmalarda iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaçlar için belirlenen katsayılarla toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları çok genel olarak hesaplanmaktadır. Yine bu çalışmalarda ülkemiz ormanlarının içinde yer aldığı enlem derecesine bağlı olarak elde edilen katsayılar kullanılmakta ve bu yolla ormanlarda depolanan toplam karbon miktarı ülke geneli ve farklı çalışma alanları için hesaplanmaktadır (Asan, 1995; 1999; 2011; Asan vd., 2002, Güner vd., 2010; Polat vd., 2011; Tolunay, 2011:).

Ayrıca karbon hesaplamalarında daha net sonuçlar elde edebilmek amacıyla farklı ağaç türleri için bazı çalışmalar gerçekleştirilmiş ve bu türler için karbon depolama katsayıları bulunarak modeller geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda her bir ağaç türünde gövde, dal, ibre ve kabuk gibi değişik bileşenlerdeki karbon oranları da belirlenmiştir. *Pinus sylvestris*'te (Tüfekçioğlu ve Küçük, 2010; Tüfekçioğlu vd., 2010, Tolunay, 2009; Çömez, 2012), *Pinus brutia*'da (Carus ve Çatal, 2011a) ve *Pinus nigra*'da (Özçelik ve Eraslan, 2011, Carus ve Çatal, 2011b) karbon depolama ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Benzer şekilde *Picea orientalis*'te (Tüfekçioğlu vd., 2004) ve *Fagus orientalis*'te (Carus ve Çatal, 2010; Tüfekçioğlu vd., 2004) karbon depolama ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Dünya genelinde de tür bazında karbon hesaplamaları ile ilgili birçok çalışma yer almaktadır. Çam, ladin ve göknarın alt türlerinde, huş vb. ağaç türlerinde karbon depolama kapasitelerini belirlemeye yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir (Laiho ve Laine, 1997; Mund, 2002; Peichl ve Arain, 2006; Parajuli ve Chang, 2012).

Karbon hesaplama yöntemlerinden biri de; amenajman planı verileri ve haritalarından yola çıkarak karbon depolama kapasitesinin belirlenmesidir. Balcı planlama birimi örneği (Yolasığmaz, 2004), Türkoğlu planlama birimi örneği (Sivrikaya ve Bozali, 2012) ve Artvin ile Camili planlama birimleri özelinde (Sivrikaya vd., 2007) bu kapsamda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Yukarı Seyhan Havzası Katran Çukuru mevkiinde bazı meşcerelerde (Yılmaz, 2006), Artvin Orman İşletme Şefliği özelinde (Yolasığmaz vd., 2010), KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Ormanı özelinde (Bülbül, 2012) ve Edremit- Gürgendağ Planlama Birimi özelinde karar destek sistemleri kullanılarak (Keleş vd., 2011) karbon depolama kapasitesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Bunların yanı sıra, küresel ısınmada ormanların karbon tutumuna etkisini Karabucak OİŞ özelinde ele alan (Polat vd., 2011), Türkiye ormanlarındaki yıllık karbon stok değişimi trendinin irdeleyen (Asan, 2011), karbon depolama kapasitesinin genel olarak belirlenmesini amaç edinen (Mısır vd., 2011b), Türkiye orman ekosistemlerindeki toplam karbon stoku ve canlı ağaç bitkisel kütledeki karbon birikimini hesaplamayı amaçlayan (Tolunay, 2011) çalışmalar da mevcuttur.

Karbon hesaplamaları Türkiye'de Orman Amenajman Planlama Model Yazılımının geliştirilmesi kapsamında da yer almış ve planlama biriminde depolanan karbon miktarını belirlemek için programa modül eklenerek (Sivrikaya, 2008) ve orman amenajman planlarının hazırlanmasına yönelik prototip model oluşturularak karbon depolama hesaplara dahil edilmiştir (Keleş, 2008). Ayrıca, orman amenajman planının Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) karar destek sistemleri (modelleme) ile hazırlanması kapsamında simülasyon modelinde senaryolara göre karbon birikimi değerlerinin periyotlara göre değişimi Kızılcasu Planlama birimi (Değirmenci, 2010, Başkent vd., 2011), Uğurlu Planlama birimi (Kadıoğulları, 2009) ve Köprülü Kanyon Milli Parkı (Karahalil, 2009) özelinde çalışılmıştır.

Bununla birlikte karbon depolama kapasitesinin uzaktan algılanma yöntemleriyle belirlenmesine yönelik Landsat 7 Etm ve uydu görüntüleri kullanılarak çalışma yapılmıştır (Mısır vd., 2011a). Benzer şekilde, Düzdağ OİŞ (Gülsunar,

2011) ve Artvin özelinde (İnce, 2011), uzaktan algıma yöntemleri kullanılarak karbon depolama kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca toprak üstü karbon miktarının belirlenmesi ve haritalanmasına yönelik LİDAR verileri kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Nelson vd., 2004; Patenaude vd., 2004; Garcia vd.,2010; Gonzalez vd.,2010; Asner vd., 2011; Mascaro vd., 2011).

İklim değişikliği sözleşmesine imza atan ülkemiz, ormanlarında tuttuğu karbon miktarını hesaplamak için Orman Bakanlığı düzeyinde çalışmalara başlamıştır. Bu amaçla üniversitelerle de işbirliği yapmış ve hesaplanan ilk değerleri Asan (1999) tarafından ülkemizin de yer aldığı küresel konuma bağlı olarak iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanlar için ayrı ayrı geliştirilen katsayılardan yararlanılarak hesaplanmıştır.

2000 yılların başından itibaren ormancılık yapılanmasında teknik, idari ve uygulama ayaklarında değişime giden ve kendini geliştiren Türkiye ormancılığı orman alanlarında depoladığı karbon miktarını daha doğru hesaplayabilmek için farklı projelere de destek vermiştir/vermektedir. Son dönemde ağaç türü bazında detaylı çalışmalar ortaya konulsa da FRA-2010 kılavuzuna göre benzer yaklaşımla bozuk alanların ayrı bir kalem olarak hesaba dahil edilmesiyle yeni karbon değerleri hesaplanmıştır (Asan, 2011). Ülkemizde orman alanlarının artması, yapısal anlamda iyileşmesi bir yana orman alanlarında tutulan karbon miktarında da çok ciddi bir artış olduğu görülmektedir.

Bu artışın yöntemden mi yoksa ormancılıktaki ve orman alanlarındaki iyileşmelere mi bağlı olduğunu test etmeyi hedefleyen bu çalışmada; her iki yöntem arasındaki farklılıkları göstermek için uygulama alanı olarak Artvin Orman İşletme Şefliğinde (OİŞ) seçilmiştir. Araştırma alanı orman amenajman planı verilerinden yararlanılarak, şeflik sınırları içerisinde yer alan tüm orman alanlarının karbon birikimi iki farklı yöntemle göre hesaplanarak, farklılıklar sayısal olarak ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen Artvin OİŞ, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü'ne (OBM) bağlı Artvin Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışmanın ana materyalini Artvin OİŞ'nin 2006-2025 yılları arasını kapsayan amenajman planlarından elde edilen veriler oluşturmaktadır. Çalışmada farklı yöntemlere dayalı olarak ormanlardaki karbon birikimi hesapları gerçekleştirildiğinden, ilgili formüllerin yer aldığı makalelerden ve bilimsel eserlerden de çalışma kapsamında istifade edilmiştir.

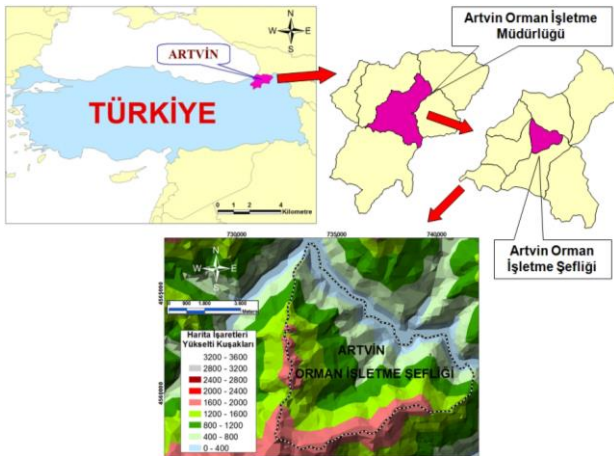
Diğer yandan; ormanlık alanlar, karbon tutma gibi konular hakkında yazılmış veya yayınlanmış çeşitli kitap, makale, bildiri ve tezler ikincil veri olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda konuyla ilgili kurum ve kuruluşların internet sayfalarından da yararlanılmıştır.

2.2. Araştırma alanının tanıtımı

Artvin OİŞ, Artvin OİM'nin sekiz şefliğinden birisidir. Coğrafi konum olarak 41°07'57" ile 41°13'33" kuzey enlemleriyle 41°45'48" ile 41°52'57" doğu boylamları arasında kalmaktadır. F47-c1 ve F47-c2 paftaları içinde yer almaktadır (OGM, 2006). Artvin OİM'nin toplam alanı 109.299,3 ha olup, bunun 5.225,2 hektarını Artvin OİŞ oluşturmaktadır (Çizelge 4). Toplam alanın %77'si ormanlarla kaplıdır (OGM, 2006; AOİM, 2011).

Bağlı şefliklerden biri olan Artvin OİŞ; 119 bölmeden oluşan bir planlama birimi olup, meşcere tipleri itibarıyla; orman alanlarında 50, ormansız alanlarda ise 8 ve toplamda 58 farklı meşcere tipi ile tanımlanmaktadır. Orman alanları için ortalama eğim %57,57'dir. Yerleşim alanları da dikkate alındığında bu oran %53,98 olarak hesaplanmıştır. Araştırma alanının yaklaşık %2,57'si düz, az ve orta meyilli, geriye kalan yaklaşık %97,00'lik kısım ise çok meyilli, dik ve sarp alanlardan oluşmaktadır (Şekil 1).

Mevcut amenajman planı verilerine göre, Artvin OİŞ'nin toplam alanı 5225,2 ha olup, alanının 3130,5 ha'ı verimli orman alanı ve 938,7 ha'ı bozuk orman alanından oluşmaktadır (Çizelge 5). Toplam ormanlık saha 4069,2 ha, ormansız alan (açıklık saha) 1156,0 ha'dan oluşmaktadır (OGM, 2006; Yolasığmaz vd., 2010).



Şekil 1. Artvin Orman İşletme Şefliği'nin coğrafi konumu

2.3. Yöntem

Çalışmada, Artvin OİŞ sınırları içerisinde yer alan ormanlardaki karbon birikimi potansiyelini hesaplamak amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmada iki farklı hesaplama yöntemi kullanılmış ve bu yöntemler arasındaki farklılık belirlenmeye çalışılmıştır.

İlk yöntemde; Asan (1995; 1999) tarafından ortaya konulan formüller kullanılmıştır (Çizelge 6). Bu yöntemde öncelikle toprak üstündeki biyokütle miktarı ve buna bağlı olarak toprak altı biyokütle ile genel biyokütle belirlenir. Daha sonra fırın kurusu ağırlığını karbona dönüştürme katsayısı kullanarak biyokütledeki toplam karbon miktarı hesaplanır. Aynı zamanda orman toprağındaki karbon miktarı da hesaplanarak ormanlardaki toplam karbon birikimi tahmin edilmeye çalışılır.

Yukarıda ifade edilen yöntemde, toplam karbon birikim miktarı hesaplamaları yapılırken sadece biyokütle hesaplamalarında geniş yapraklı ve iğne yapraklı ayırımına gidilmiştir. Sadece önceden tespit edilmiş genel katsayılar yöntemi ile yaklaşık bir değer hesaplanmaya çalışılmıştır.

Fakat zaman içerisinde hem dünyada hem de ülkemizde karbon birikimi ile ilgili detaylı bilimsel çalışmalar yapılmış ve katsayılar yeniden belirlenerek daha doğru değerler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından hazırlanan FRA-2010 kılavuzuna bağlı olarak ve IPCC tarafından hazırlanan GPG-LULUCF kılavuzuna uygun olarak hesaplamalar yapılmıştır. Bu kılavuzlarda belirtildiği üzere, hesaplamalar için her ülkenin kendi katsayılarını tespit etmeleri öngörülmektedir.

İkinci yöntem olarak bu çalışmada kullanılan hesaplamalarda bu katsayılar yine Asan 2010'un çalışmalarından elde edilmiştir. Bu hesaplamada eski hesaplamalara göre en önemli fark, verimli ve bozuk ormanlar için ayrı ayrı katsayıların kullanılarak hesaplamaların yapılmasıdır. Bu yöntemin aşamaları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. Artvin OİM'ye bağlı Orman İşletme şeflikleri ve alanları

| Şeflik adı | Şefliğin durumu | Ormanlık alan (ha) | Açıklık alan (ha) | Toplam alan (ha) |
|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Artvin | İşletme | 4.069,2 | 1.156,0 | 5.225,2 |
| Atıla | Milli Park | 3.180,0 | 3.730,0 | 6.910,0 |
| Madenler | İşletme | 17.729,5 | 6.393,0 | 24.122,5 |
| Ortaköy | İşletme | 15.958,6 | 7.726,9 | 23.685,5 |
| Saçınka | İşletme | 10.994,7 | 3.138,3 | 14.133,0 |
| Taşlıca | İşletme+Milli Park | 10.477,5 | 1.101,3 | 11.578,8 |
| Tütüncüler | İşletme+Milli Park | 7.761,7 | 1.532,3 | 9.294,0 |
| Zeytinlik | İşletme | 10.898,7 | 3.451,6 | 14.350,3 |
| Genel Toplam | | 81.069,9 | 28.229,4 | 109.299,3 |

Çizelge 5. 2006–2025 yılı orman amenajman plan verilerine göre araştırma alanının durumu

| Orman Alanı | Alan (Ha) | Ormansız Alan | Alan (Ha) |
|---------------|-----------|---------------|-----------|
| Verimli Orman | 3.130,5 | OT | 123,0 |
| Bozuk Orman | 938,7 | OT-T | 19,5 |
| | | T | 35,4 |
| | | Z | 271,0 |
| | | Z-İs | 290,6 |
| | | İs | 130,9 |
| | | Su | 174,3 |
| | | Oc | 111,3 |
| Toplam | 4.069,2 | | 1.156,0 |

Çizelge 6. Birinci yönteme göre toplam karbon miktarının hesaplanması (Asan, 1995; 1999)

| Karbon Havuzu | Ağaç Türü | Hesaplama Yöntemi ve Katsayılar |
|------------------------------|----------------|--|
| TÜBK | Geniş Yapraklı | DGH x 0,640 x 1,25 |
| | İğne Yapraklı | DGH x 0,473 x 1,20 |
| TABK | Geniş Yapraklı | TÜBK x 0,15 |
| | İğne Yapraklı | TÜBK x 0,20 |
| TÜÖDBK | | (TÜBK + TABK) x 0,40 |
| TGBK | | TÜBK + TABK +TÜÖDBK |
| Biyokütlerdeki toplam karbon | | TGBK x 0,45 |
| Orman toprağındaki karbon | | TGBK x 0,45 x 0,58 |
| Toplam Karbon | | Biyokütlerdeki toplam karbon + orman toprağındaki karbon |

TÜBK: Toprak üstü biyokütle; DGH: Dikili gövde hacmi; TABK: Toprak altı biyokütle;
TÜÖDBK: Toprak üstü ölü ve diri örtüye ait biyokütle; TGBK: Toplam genel biyokütle

Çizelge 7. İkinci yönteme göre toplam karbon miktarının hesaplanması

| Karbon Havuzu | Ağaç Türü | Hesaplama Yöntemi ve Katsayılar | |
|-------------------|----------------|---|---|
| | | Verimli orman | Bozuk orman |
| TÜB | İğne yapraklı | DGH x 0,496 x 1,22 | DGH x 0,496 x 1,22 |
| | Geniş yapraklı | DGH x 0,638 x 1,24 | DGH x 0,638 x 1,24 |
| TAB | İğne yapraklı | TÜB x 0,29 | TÜB x 0,40 |
| | Geniş yapraklı | TÜB x 0,24 | TÜB x 0,46 |
| TÜK | İğne yapraklı | TÜB x 0,51 | TÜB x 0,51 |
| | Geniş yapraklı | TÜB x 0,48 | TÜB x 0,48 |
| TAK | İğne yapraklı | TAB x 0,51 | TAB x 0,51 |
| | Geniş yapraklı | TAB x 0,48 | TAB x 0,48 |
| Ölü Odunda Karbon | İğne yapraklı | TÜK x 0,01 | TÜK x 0,01 |
| | Geniş yapraklı | TÜK x 0,01 | TÜK x 0,01 |
| Ölü Örtüde Karbon | İğne yapraklı | A ₁ x 22 | A ₃ x 6 |
| | Geniş yapraklı | A ₂ x 13 | A ₄ x 2 |
| Topraktaki karbon | | (A ₁ + A ₂) x 34 | (A ₃ + A ₄) x 34 |
| Toplam karbon | | TÜK + TAK + Ölü odunda karbon + Ölü örtüde karbon | |

TÜB: Toprak üstü biyokütle; TÜK: Toprak üstü biyokütlerdeki karbon; TAB: Toprak altı biyokütle; TAK: Toprak altı biyokütlerdeki karbon;
A₁: ibrelili ve verimli orman alanı; A₂:geniş yapraklı ve verimli orman alanı; A₃: ibrelili ve bozuk orman alanı; A₄:geniş yapraklı ve bozuk orman alanı

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Orman işletme şefliği ile ilgili bulgular

Artvin Orman İşletme Şefliği'ne ait orman amenajman planına göre şeflik sınırları içinde 119 bölme ve 57 farklı meşcere tipi bulunmaktadır. OİŞ'nin ibrelili-geniş yapraklı karışım durumu oransal olarak hemen hemen eşit düzeydedir. Bu karışımında 8 yaş sınıfı belirlenmiş ve her yaş sınıfında alanlar mevcuttur. Genellikle ladin ve göknar karışık meşcerelerinden oluşan 7 ve 8. yaş sınıfında toplam alanın %36'sı kadar bir alan bulunmaktadır. İşletme şefliği ormanlarının verim gücü açısından düşük olduğu, daha çok 4 ve 5. bonitette alanların bulunduğu görülmektedir (Şekil 2).

Ayrıca işletme şefliği ormanlarının yapısında hemen her çağ sınıfından alan bulunmakla birlikte, cd ve d çağında alanların oransal olarak kayda değer olduğu görülmektedir. İşletme şefliği orman amenajman planı hazırlanırken

amaçlar ve hedefler çeşitlendirilmiş, yaklaşım fonksiyonel olarak ele alınmış ve orman işletme şefliği için 5 işletme sınıfı belirlenmiştir. Bunlardan A; Odun üretimi (Ladin), B; Hidrolojik, C; Rekreasyon, D; Bilimsel, E; Doğa koruma işletme sınıflarıdır (Şekil 3).

3.2. Karbon hesaplamaları ile ilgili bulgular

Çalışmanın yöntem kısmında açıklanan ilk yönteme göre Artvin OİŞ sınırları dahilinde yer alan ormanlardaki biyokütle ve karbon hesaplamaları Çizelge 8'de gösterilmiştir. Buna göre çalışma alanındaki toplam biyokütle 873.693,7 ton, toplam karbon miktarı ise 621.196,2 ton olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada dikkat çekici olan husus, orman toprağında biriken karbon miktarının biyokütlerde biriken karbondan daha fazla olmasıdır.

İkinci yönteme göre hesaplanan karbon birikimi ise Çizelge 9'de gösterilmiştir. Buna göre toprak üstü ve toprak

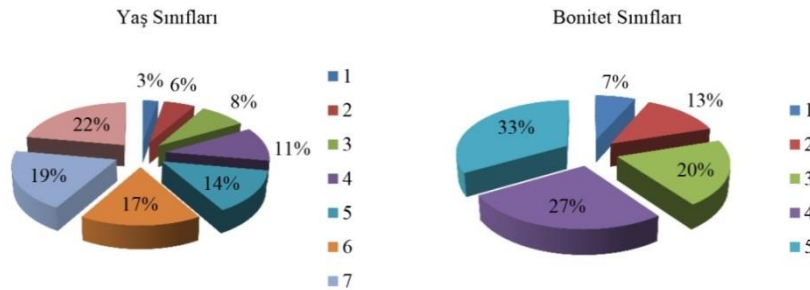
altı biyokütledeki toplam karbon miktarı 350.525,2 ton, Artvin OİŞ ormanlarındaki toplam karbon birikimi ise 552.059,7 ton olarak hesaplanmıştır.

İki yöntem sonucu elde edilen bulgular kıyaslandığında biyokütledeki karbon ile toplam karbon birikimini miktarlarında önemli farklılık söz konusudur. Verimli ve bozuk ormanlar için farklı katsayılar kullanarak hesaplanmanın yapıldığı ikinci yöntemde, toplam biyokütledeki karbon miktarı, ilk yöntemde göre yaklaşık %54 daha fazla, orman toprağındaki karbon ise yaklaşık %65 daha az bulunmuştur. Ormanlardaki toplam karbon birikimi ise, orman toprağındaki karbon miktarının daha düşük hesaplanmasından dolayı ikinci yöntemde %11 daha az hesaplanmıştır.

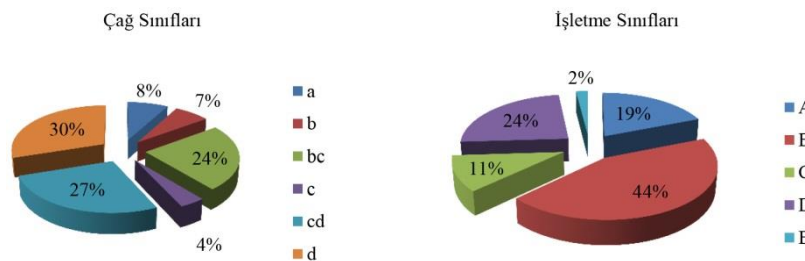
4. Sonuç ve öneriler

Ormanlar, diğer ekosistemlere oranla daha fazla CO₂ tutarak iklim değişikliği ile mücadelede önemli rol üstlenmektedir. Bu nedenle son yıllarda ormanlarda biriken karbon miktarı ve bunun yıllık değişimleri hesaplamaları üzerine çalışmalar giderek önem kazanmakta ve yeni yöntemler geliştirilmektedir. Artvin OİŞ sınırları içerisinde yer alan ormanlardaki karbon birikimini hesaplamak amacıyla yapılan bu çalışmada, iki farklı hesaplama yöntemi kullanılmış ve bu yöntemler arasındaki farklılık belirlenmeye çalışılmıştır.

Sonuç olarak, farklı yöntemlerle yapılan hesaplamalarda ormanlarda biriken karbon miktarları arasında önemli farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Oluşan bu farklılığın temel nedenleri, farklı yöntemlerde farklı katsayıların kullanılması ile hesaplamaların tür bazından ziyade ibreli-geniş yapraklı ve verimli-bozuk orman gibi çok genel sınıflamalardaki katsayıların kullanılmasıdır. Çalışmada ele alınan ilk yöntemde sadece ibreli-geniş yapraklı ayırımına gidilmişken, ikinci yöntemde ise ormanların verimli ve bozuk olmasına bağlı olarak belirlenen ibreli-geniş yapraklı ormanlar için katsayılar kullanılarak karbon miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 2. Artvin OİŞ ormanlarının yaş ve bonitet sınıfları dağılımı



Şekil 3. Artvin OİŞ ormanlarının çağ ve işletme sınıfları dağılımı

Çizelge 8. Birinci yöntemde göre karbon birikimi

| Karbon Havuzu | Ağaç Türü | Karbon Birikimi (ton) |
|--|----------------|-----------------------|
| Toprak üstü biyokütle | Geniş yapraklı | 175.583,7 |
| | İğne yapraklı | 351.788,1 |
| | Toplam | 527.371,8 |
| Toprak altı biyokütle | Geniş yapraklı | 70.357,6 |
| | İğne yapraklı | 26.337,6 |
| | Toplam | 96.695,2 |
| Toprak üstü ölü ve diri örtüye ait biyokütle | | 249.626,8 |
| Toplam genel biyokütle | | 873.693,7 |
| Biyokütledeki toplam karbon | | 228.034,1 |
| Orman toprağındaki karbon | | 393.162,2 |
| Toplam karbon | | 621.196,2 |

Çizelge 9. İkinci yöntemde göre karbon birikimi

| Karbon Havuzu | Ağaç Türü | Karbon Birikimi (ton) |
|----------------------------------|----------------|-----------------------|
| Toprak üstü biyokütle | İğne yapraklı | 375.042,3 |
| | Geniş yapraklı | 173.634,7 |
| | Toplam | 548.677,0 |
| Toprak altı biyokütle | İğne yapraklı | 108.838,3 |
| | Geniş yapraklı | 42.503,0 |
| | Toplam | 151.341,4 |
| Toprak üstü biyokütledeki karbon | İğne yapraklı | 191.271,6 |
| | Geniş yapraklı | 83.344,7 |
| | Toplam | 274.616,2 |
| Toprak altı biyokütledeki karbon | İğne yapraklı | 55.507,6 |
| | Geniş yapraklı | 20.401,5 |
| | Toplam | 75.909,0 |
| Ölü odunda karbon | | 2.746,2 |
| Ölü örtüde karbon | İğne yapraklı | 47.302,1 |
| | Geniş yapraklı | 15.001,7 |
| | Toplam | 62.303,8 |
| Topraktaki karbon | | 136.484,5 |
| Toplam karbon birikimi | | 552.059,7 |

Ancak bu katsayılar çok genel olup, ormanlardaki karışım durumu göz önüne alınmamış ve karışık meşcereler için özel katsayılar belirlenmemiştir. Bunun yanı sıra, ilk yöntemde ölü odunda karbon hesaplaması yer almazken, ikinci yöntemde ise ölü odundaki karbon miktarı da değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca, ağaç türlerinin servet ve artım değerleri farklılık göstermesine rağmen, bu yöntemlerde ağaç türü bazında katsayı belirlenmemekte ve hesap yapılmamaktadır. Benzer şekilde, artım ve servet değerleri farklılık gösteren değişik yaş sınıfları ve bonitet sınıfları için de katsayılar geliştirilmemiştir.

Yukarıda ifade edilen nedenlerden ötürü, biyokütle miktarından yola çıkarak ormanların karbon depolama kapasitelerini belirlerken öncelikle her bir ağaç türü için biyokütle dönüşüm katsayıları belirlenmeli ve buna bağlı olarak biyokütledeki karbon miktarları hesaplanmalıdır. Bu hesaplamalarda toprak üstü biyokütlenin sadece alanın sahip olduğu ağaç servetinden değil, ormandaki her nevi çalı ve bitkilerden de oluştuğu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca ormanlardaki karışım durumu göz önüne alınarak karışık meşcerelerde karışım oranlarına bağlı yeni katsayılar da geliştirilebilir. Benzer durum değişik yaş sınıfları ve bonitet sınıfları için de geçerlidir. Bunun için, planlama birimlerinde bonitet ayrımlarının daha net olarak ortaya konulması gerekmektedir.

Kaynaklar

- AOİM, 2011. Artvin Orman İşletme Müdürlüğü 2011 yılı Eylem Planı, Artvin.
- Asan, Ü., 2011. Türkiye Ormanlarındaki Yıllık Karbon Stok Değişimi Trendinin İrdelenmesi ve 2023 Yılındaki Durumun Kestirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, s. 930-944.
- Asan, Ü., 1995. Global İklim Değişimi ve Türkiye Ormanlarında Karbon Birikimi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 45(1-2):23-37.
- Asan, Ü., 1999. Climate Change, Carbon Sinks and The Forests of Turkey. Proceedings of the International Conference on Tropical Forests and Climate Change: Status, Issues and Challenges (TFCC '98), Phillippines, pp.157-170.
- 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, s., 194-197, İstanbul.
- Asner, G.P., Mascaro, J., Landau, H.C., Vieilledent, G., Vaudry, R., Rasamoelina, M., Hall, S.J., Breugel, M., 2011. A universal airborne LiDAR approach for tropical forest carbon mapping, *Oecologia* 168:1147-1160
- Başkent, E.Z., Keleş, S., Değirmenci, A.S., Akgül, C., 2011. Cide-Kızılcasu Planlama Birimi Orman Amenajman Planının ETÇAP Karar Destek Sistemleri (Modelleme) ile Hazırlanması. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, s. 1345-1355.
- Broadmeadow, M., Matthews, R., 2003. Forests, Carbon and Climate Change: the UK Contribution, Information Note, Forestry Commission, Edinburgh.
- Bülbül, E., 2012. KTÜ Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı Saf Ladin Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Carus, S., Çatal, Y., 2010. Doğu Kayını'nın Kabuk Kalınlığında Ağaç Yaşı, Göğüs Çapı ve Ağaç Boyunun Etkisi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, s.372-380.
- Carus, S., Çatal, Y., 2011a. Conservation, Ecology, Restoration and Management of Mediterranean Pines and Their Ecosystems: Challenges Under Global Change. MEDPINE 4: 4th International Conference on Mediterranean Pines. June, 6-10, Petit Louvre, Avignon, France. P2-07.
- Carus, S., Çatal, Y., 2011b. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold)'da Yıllık Halka Kalınlığının Gövde İçerisindeki Düşey Değişimi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Bildiriler Kitabı, Kahramanmaraş, s.589-596.
- Çömez, A., 2012. Sündiken Dağları'ndaki (Eskişehir) Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi (ODC: 180). TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, OGM, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:6, Eskişehir.
- Değirmenci, A.S., 2010. Kızılcasu Planlama Biriminin ETÇAP Planlama Yaklaşımıyla Planlanması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Garcia, M., Riano, D., Chuvieco, E., Danson, F.M., 2010. Estimating Biomass Carbon Stocks For A Mediterranean Forest in Central Spain Using Lidar Height And Intensity Data, *Remote Sensing Of Environment*, 114:816-830.
- Gonzalez, P., Asner, G.P., Battles, J.J., Lefsky, M.A., Waring, K.M., Palace, M., 2010. Forest Carbon Densities and Uncertainties From Lidar, Quickbird, And Field Measurements in California. *Remote Sensing Of Environment*, 114:1561-1575.
- Görücü, Ö., Eker, Ö., 2009. Kahramanmaraş Ayvalı Baraj Havzasında Karbon Emisyonu ve Ekonomisi Üzerine Araştırmalar. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat 2009, Isparta, s. 3-12.
- Gülsunar, M., 2011. Ormanların Karbon Depolama Kapasitesinin Uzaktan Algılama Yöntemi İle Belirlenmesi: Düzdağ Orman İşletme Şefliği Örneği. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., Küçük, M., 2010. Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının ve Bitişindeki Otlak Alanların Toprak Üstü Biyokütle, Kökkütlesi, Kök Üretimi ve Karbon Depolama Yönlerinden Karşılaştırılması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, s.1045-1055.

- IPCC, 2001. Technical and Economic Potential of Options to Enhance, Maintain and Manage Biological Carbon Reservoirs and Geo-Engineering in Mitigation 2001. The IPCC Third Assessment Report, [Metz, B., et al., (Eds.)], Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- IPCC, 2004. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC, 2007a. Summary for Policy Makers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- IPCC, 2007b. Forestry In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- 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 (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA
- İnce, K., 2011. Uzaktan Algılama Yöntemiyle Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesi: Artvin Örneği. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kadıoğulları, A.İ., 2009. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasında Konumsal Yapının Kombine Optimizasyon Teknikleri İle Kontrolü: Konumsal Planlama. Basılmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleş, S., 2008. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelinin Geliştirilmesi. Basılmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Keleş, S., Başkent, E. Z., Karahalil, U., Günlü, A., 2011. Ormanların Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlanmasında Karar Destek Sistemleri: Edremit-Gürgendağ Planlama Birimi Örneği. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, s. 1377-1388.
- Laiho, R., Laine, J., 1997. Tree Stand Biomass and Carbon Content in an Age Sequence of Drained Pine Mires in Southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 93:161-169.
- Mascaro, J., Detto, M., Asner, G.P., Landau, H.C., 2011. Evaluating Uncertainty in Mapping Forest Carbon With Airborne Lidar. *Remote Sensing Of Environment*, 115:3770-3774.
- Mısır, M., Mısır, N., Bulut, A., 2011a. Karbon Depolama Kapasitesinin Landsat ETM+ Uydu Görüntüsüyle Belirlenmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, s. 532-538.
- Mısır, N., Mısır M., Ülker C., 2011b. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, s. 524-531.
- Nelson, R., Short, A., Valenti, M., 2004. Measuring biomass and carbon in delaware using an airborne profiling LIDAR, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19:500-511.
- Mund, M., Kummetz, M., Heina, G.A., Schulze, D., 2002. Growth and Carbon Stocks of a Spruce Forest Chronosequence in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 171(3):275-296.
- Nordhaus, W.D., 1991. To Slow or Not to Slow: The Economics of the Greenhouse Effect. *The Economics Journal*, 101:920-937.
- OGM, 2006. Orman Genel Müdürlüğü, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Artvin Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı 2006-2025.
- OGM, 2009. Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Plan (2010-2014). Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2010. İklim Değişikliği Kapsamında Ormanların Önemi. Kopenhag Müzakere Sonuçları, İklim Değişikliği ve Biyoenerji Çalışma Grubu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Özçelik, R., Eraslan, T., 2011. Two-Stage Sampling to Estimate Individual Tree Biomass. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 389-398.
- Parajuli, R., Chang, S., 2012. Forest Policy and Economics: Carbon Sequestration and Un-Even Aged Management of Loblolly Pine Stands In The Southern USA: A Joint Optimization Approach, (2):65-71.
- Patenaude, G., Hill, R.A., Milne, R., Gaveau, D.L.A., Briggs, B.B.J., Dawson, T.P. 2004. Quantifying Forest Above Ground Carbon Content Using LIDAR Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*, 93:368-80.
- Peichl, M., Arain, M.A., 2006. Above and Belowground Ecosystem Biomass and Carbon Pools in an Age-sequence of Temperate Pine Plantation Forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 140:51-63.
- Polat, O., Polat, S., Akça, E. 2011. Küresel Isınmada Ormanların Karbon Tutulumuna Etkisi: Tarsus-Karabucak Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı: 313-319.
- Sivrikaya, F., Keleş, S., Çakır, G., 2007. Spatial Distribution and Temporal Change of Carbon Storage in Timber Biomass of Two Different Forest Management Units, *Environmental Monitoring and Assessment*, 132: 429-438.
- Sivrikaya, F., 2008. Türkiye’de Orman Amenajman Planlama Model Yazılımının Geliştirilmesi. Basılmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sivrikaya, F., Bozali, N., 2012. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14:69-76.

- Tolunay, D., 2009. Carbon Concentrations of Tree Components, Forest Floor and Understorey in Young Pinus Sylvestris Stands in North-Western Turkey. Scandinavian Journal Of Forest Research, 24(5):394-402.
- 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.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Küçük, M., 2004. Root Biomass and Carbon Storage in Oriental Spruce An Beech Stands in Artvin, Turkey. J. Environ. Biol., 25(1):317-320.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., 2010. Saf Sarıçam Meşcerelerinde Kök Kütlesi, Kök Üretimi ve Kök Karbon Depolama Miktarlarının Yaş Sınıflarına Göre Değişimi. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, s.1030-1037.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., Kırış, K., Zengin, O., 2010. Saf ve Karışık Sarıçam Meşcerelerinde Kalın Kök Kütlesi Miktarı ve Bunu Etkileyen Etmenler. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, s.1038-1044.
- UN, 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations, Fccc/Informal/84, Ge. 05-62220.
- UN, 2010. The Forest Sector in the Green Economy, Geneva Timber and Forest Discussion Paper 54, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Geneva, Switzerland.
- Yılmaz, E., 2006. Yukarı Seyhan Havzası Katran Çukuru Mevkiindeki Bazı Orman Meşcerelerinin Verimliliği ile Karbon Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Yolasiğmaz, H.A., 2004. Orman Ekosistem Amenajmanı Kavramı ve Türkiye’de Uygulamaları. Basılmamış Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yolasiğmaz, H.A., Şahin, A., Öztürk, A., Keleş, S., 2010. Ekonomik, Ekolojik ve Sosyal İşlevleriyle Artvin Orman İşletme Şefliği Ormanları. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, s.348-357.