

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÜZERİNE ORMANCILIK UYGULAMALARININ ETKİSİ

THE IMPACT OF FOREST MANAGEMENT PRACTICES ON CLIMATE CHANGE

Prof. Dr. Nuray MISIR

Prof. Mehmet MISIR

Gizem ÖZTÜRK

ÖZET

Sanayi devrimi sonrasında yaşanan ve son yıllarda adeta takip edilemez boyuta ulaşan teknolojik gelişmeler, dengesiz nüfus artışı ve bunun neden olduğu aşırı tüketim, yeryüzünü tehdit eder hale gelmiştir. Dünya kamuoyu, sera gazlarının sebep olduğu sıcaklık artışını, yol açacağı tehlikeler düşünüldüğünde bu tehditlerin başında görmektedir. Bu amaçla karbon salınımının en aza indirilmesine yönelik, Türkiye'nin de taraf olduğu başta "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi", "Kyoto Protokolü" ve Paris Antlaşması olmak üzere son yıllarda gittikçe artan çalışma ve girişimler yapılmaktadır. AB de iklim değişikliği stratejisini 2030 yılına kadar artırarak güçlendirme yoluna gitmiştir. Hatta 2050 yılına kadar düşük karbonlu ekonomi için bir yol haritası hazırlayarak, üye ülkelerin 1990 yılına göre %80 civarında sera gazı salınımı azaltılmasını hedeflemektedir. Bu hedefteki en kritik öğeler yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ile karbon depolamasının artırılması olarak ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda Türkiye'nin de taraf olduğu antlaşma ve imzaladığı sözleşmeler gereği ormanlarında depoladığı karbon miktarı ile saldıgı sera gazı miktarını bildirme ve azaltma zorunluluğu bulunmaktadır.

Bu bildiride yapay orman alanlarının depoladığı karbon miktarının ekosistem bazında belirlenmesine yönelik metodoloji açıklanarak ormancılık uygulamalarının iklim değişikliği üzerine olan etkileri tartışılmıştır. Bu bağlamda ormanlardaki karbon miktarındaki değişimlerin nedenlerinin belirlenmesi, karbon dengesi ile iklim değişikliğinin karşı karşıya olduğu etkileri gidermek için sürdürülebilir orman amenajman uygulamalarının incelenmesi, iklim değişikliğinin azaltılması için orman amenajman politikalarının uyumlaştırılması ve iklim değişikliği indeksleri olarak kullanılabilir parametrelerin izlenmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbon depolama, iklim değişikliği, izleme, yapay orman

ABSTRACT

The technological developments, the unbalanced population increase and the excessive consumption caused by it have become threatening to the earth. Climate change has already proved itself as one of the biggest global threats to ecological and economical systems. According to IPCC, "Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. World public opinion, greenhouse gases caused by the increase in temperature, the danger that will lead to these threats is considered. For this purpose, for the minimization of carbon emissions, Turkey in particular is also part of the "Climate Change Framework Agreement", "Kyoto Protocol" and the Paris Agreement increased activities and initiatives are increasingly in recent years to be maintained. The European Union has also strengthened its climate change strategy by 2030. In fact, by preparing a road map for the low carbon economy by 2050, the aim is to reduce the greenhouse gas emissions of the member countries by around 80% compared to 1990. The most critical elements in this target are the development of renewable energy sources and the increase of carbon storage. In this context, Turkey is a signatory to the treaty and signed it with the amount of carbon stored in forest contracts should report released by the amount of the obligation to reduce greenhouse gases and convenience. This paper aims to explain methodology in relation to determining the amount of carbon stored by planted forest areas on the basis of ecosystem. Within the scope of this aim, it is aimed to determine the reasons of the changes in the carbon storage in these areas, to examine the sustainable forest management practices in order to eliminate the impacts of carbon balance and climate change, to adapt the forest management policies to reduce climate change and to monitor the parameters that can be used as climate change indexes.

Key words: Carbon storage, climate change, monitoring, planted forest

1.GİRİŞ

Ormanlar yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi olup okyanuslardan sonra en büyük karbon havuzu konumundadır. Bu nedenle ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma yoluyla orman örtüsünü arttırmanın, bir yandan yenilenebilir enerji kaynağı olarak diğer yandan büyük karbon havuzu olarak 2050 hedeflerine katkıda bulunarak düşük karbon ekonomisinde stratejik

ve çift yönlü bir rol oyması beklenmektedir. Ayrıca sera gazı emisyonlarının salınımlarıyla ilgili hesaplama kurallarının yer aldığı 529/2013 sayılı Avrupa Birliği kararında tüm arazi kullanımının bütünsel bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiği ve Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormancılığın Avrupa Birliği'nin iklim politikası dahilinde ele alınması gerektiği belirtilmektedir. Avrupa Birliği 2030 iklim ve enerji çerçevesindeki Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyon ve salınımını içeren 525/2013 nolu yönetmelik ile 529/2013 nolu kararını 2018/841 sayılı yönetmelik ile değiştirmiştir. Bu yönetmeliğe göre üye devletler, orman referans seviyeleri de dahil olmak üzere ulusal ormancılık hesaplama planlarını Komisyona sunmalıdır.

Ormanlar Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormancılık sektörünün yaklaşık %70'ini temsil etmekte olup Avrupa Birliği, sürdürülebilir hasat edilen odun üretiminin artırılmasının sadece sera gazı salınımını artırmakla kalmayıp aynı zamanda emisyonları da büyük ölçüde sınırlandırdığını fark etmiştir. Dolayısıyla sürdürülebilir orman amenajmanı, atmosferdeki Avrupa Birliği seragazı emisyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynama potansiyeline sahip olmaktadır. Bu nedenle ki Avrupa Birliği'ndeki Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımındaki Değişiklikler ve Ormancılık sektörü, Birliğin toplam seragazı emisyonlarının önemli bir bölümünü dengeleyebilecek net bir yutak olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu nedenle orman amenajmanında iklim değişikliğini azaltma ve uyum konusuna öncelik verilmektedir. Ancak, iklim değişikliğini azaltmaya yönelik olan meşcere seviyesindeki stratejilerle uyuma yönelik olanlar arasında bazı dengeler mevcuttur (D'Amato vd., 2011; Sharma vd., 2016). Söz konusu eylem ormanlardaki karbon havuzu büyüklüğünü artırarak iklim değişikliği etkisini azaltmaya odaklanmaktadır; bu dünya genelinde tavsiye edilen bir azaltma önlemidir (FAO, 2010; D'Amato vd., 2011; Jandl vd., 2015; Behera vd., 2016).

Avrupa'da karbon stoğunun muhafaza edilmesi ve ormanların karbon birikiminin artırılması Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolünün uygulanmasına katkıda bulunmaktadır. Bu aynı zamanda Avrupa ve Avrupa Topluluğundaki Ormanların Korunmasıyla ilgili Bakanlar Konferansı imzalayan devletlerin taahhütlerinden biridir (Forest Europe, 2015). İklim değişikliği yeni orman alanları oluşturarak ya da sürdürülebilir orman amenajmanı ile azaltılabilir. Dolayısıyla bu konulardaki araştırmaları ve analizleri destekleyerek, karbon stoğu ve karbon stok değişimlerinin sürdürülebilir orman amenajmanına dahil edilmesi gerekmektedir (MCPFE, 2003).

1991- 2015 dönemi boyunca toplam ormanlık alanın %7'sini oluşturan yapay ormanlar, toplam alandaki sürekli artışın neden olduğu doğal orman yutağıyla (-1.08'e karşılık -1.44 Gt CO₂/yıl) karşılaştırılabilir özellikteki küresel ortalama karbon yutağının sebebi olarak görülmektedir (Federici vd., 2015). Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Seferberliği Eylem Planı (2008-2012) ve Erozyonla Mücadele Eylem Planının (2013-2017) uygulanmasıyla birlikte 2010'dan sonra yapay ormanlar Türkiye'de %50'nin üzerinde artmıştır (FAO, 2014). FAO'ya göre yapay ormanlar 3.386.000 hektar alan kaplayarak Türkiye'deki ormanların yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır (FAO, 2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin nihai hedefine ulaşmayı hedefleyen, 2021-2030 dönemini kapsayan Türkiye Cumhuriyeti Ulusal Niyet Katkı Beyanı (INDC), diğerlerinin yanı sıra, orman yutağı alanların artırılmasına yönelik özel eylemler ile Ulusal Ağaçlandırma Seferberliği önerisi sunmaktadır. Bu eylemlerin sağlayacağı katkıya yeni orman plantasyonlarıyla ulaşılmaktadır.

Sürdürülebilir orman amenajmanı, ormanlardaki karbon stoklarını (topraküstü ve toprakaltı biyokütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak dahil olmak üzere) koruyarak ve genişleterek iklim değişikliğinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (SFC, 2010).

Yakın zaman önce AB, 20-20-20 hedefini 2030 yılına kadar 40-27-27'ye çıkararak iklim değişikliği stratejisini güçlendirmiştir. 2050'ye doğru düşük karbon ekonomisi yol haritası, Sera Gazı emisyonunu 1990 seviyelerine kıyasla %80 azaltma amacıyla temel unsurlar olarak

CO₂'nin depolanması ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının geliştirilmesiyle ilgilidir. Orman sektörü Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının net birincil kaynağıdır. Dolayısıyla, ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma yoluyla orman örtüsünü arttırmanın, bir yandan yenilenebilir enerji kaynakları sağlayıcısı olarak diğer yandan büyük karbon havuzu olarak 2050 hedeflerine katkıda bulunarak yeni düşük karbon ekonomisinde stratejik ve çift yönlü bir rol oynaması beklenmektedir. Orman koruma (veya ormansızlaşmanın önlenmesi) COP16'da resmi olarak sera gazı emisyonlarını dengeleyerek iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik Kyoto sonrası iklim politikalarının en önemli seçeneklerden biri olarak kabul edilmiştir (Ding vd., 2016).

Sürdürülebilir orman amenajmanında iklim değişikliğinin uyum ve azaltım yönlerinin birleştirilmesi, sürdürülebilir orman amenajmanı potansiyelinin tümünü kullanmak için gereklidir. Bununla birlikte, bu görevi desteklemek için yine de çok çeşitli politika önlemlerine (örneğin, ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırma girişimleri, odun kullanımını teşvik eden kamu ihalesi kuralları, inşaat sektöründe ahşap kullanımını arttıran ulusal ve bölgesel mevzuat, teknik ve biyolojik ormancılık eğitimi) ihtiyaç vardır (SFC, 2010).

Bu bildiri Türkiye'deki yapay ormanlarda uygulanan planlama yöntemlerinin ormanlarda depolanan karbon miktarı üzerine olan etkilerini değerlendirmektir. Bu çalışmada kullanılan metodoloji, CO₂ salınımı ile birikimi arasındaki dengesini iyileştirmeyi amaçlayan orman amenajmanı uygulamalarına ilişkin önlemleri test edip değerlendirmek amacıyla başka bölgelerdeki yapay ormanlar için de kullanılabilir. Bu amaç için çalışmada öncelikle ormanlarda depolanan karbon miktarı hakkında bilgi edinmek, ardından karbon depolama miktarlarındaki değişimleri izleyebilmek ve son olarak da yapay ormanların karbon miktarına ilişkin farklı orman amenajmanı uygulamalarının etkisini belirlemek hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma amacını gerçekleştirebilmek için yersel ölçümlerden oluşan bir envanter planı şarttır. Envanter çalışması her yaş sınıfından olabildiğince eşit sayıda ve aynı yaş sınıfında da her yetiştirme ortamı verim gücünden olabildiğince eşit sayıda olacak şekilde alınan örnek alanlarda yürütülür. Alanların büyüklüğü ve şekline örnekleme sırasında meşcerenin değişimine göre karar verilir. Bununla birlikte ince çaplı ağaçlar için daha küçük alan kalın çaplı ağaçlar için ise daha büyük alanlar olmak üzere genellikle 200 ile 1000 m² arasında değişmektedir. Temsili bir örnek vermek gerekirse yukarıda anlatıldığı şekilde oluşturulan katmanların her birinde ortalama 30 ağaç bulunmasına özen gösterilmektedir (ForestWorks ISC, 2014). Katmanların büyüklükleri ise Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu örnek alanlarda göğüs yüksekliğine ulaşan tüm ağaçların çapları ile 10-20 adetinin boyu ölçülür. Alan için daha önceden geliştirilmiş allometrik biyokütle ve karbon modelleri var ise yeniden allometrik model geliştirmeye gerek olmaz. Eğer alan için geliştirilmiş biyokütle ve karbon modelleri yok ise bu modellerin de geliştirilmesi gerekmektedir. Buraya kadarki işlemler topraküstü biyokütle bileşenlerinden ağaç bileşeni için gerçekleştirilmektedir. Atmosferdeki karbondioksitin depolandığı topraküstü biyokütlenin diğer bileşenleri ise dikili kuru, diri örtü, ölü odun ile ölü örtüdür. Bu bileşenler için de 1m x1m 'lik kareler alınıp (göğüs çapı 2-10 cm olan ölü odunun örnekleme alanında genellikle 10 m x 10 m kare kullanılması önerilmektedir) içine giren tüm ölü odunlar toplanır. Diri örtüler kesilerek yaş ağırlıkları arazide tartılır ve her birinden yeterli miktarda örnekler laboratuvara getirilerek ileri analizlere tabi tutulur. Bu esnada bu ögelerin tüm alana yayılma oranları da kaydedilir. Dikili kuruların ise çap ve boy ölçümleri yapılarak canlı ağaçlar için uygulanan yöntemler kullanılarak biyokütleleri ile depoladıkları karbon miktarları belirlenir. Tüm ögelerin depoladığı karbon miktarı laboratuvar ortamında bir Elemental Analiz Cihazı ile gerçekleştirilir. Farklı büyüklüklerdeki ve katmanlardaki orman zeminine düşen ögelerin (ölü örtü olarak adlandırılır) kütleleri ile karbon stoğunu tahmin etmek amacıyla 25x25 cm boyutundaki iç içe karelerden oluşan bir tasarım uygulanmaktadır.

İklim değişikliğine yönelik orman amenajmanı stratejilerinin geliştirilmesi dünya genelinde giderek önem kazanan bir konu haline gelmiştir. Mevcut durumda orman karbon depolarını arttırarak iklim değişikliğini azaltmayı amaçlayan amenajman yaklaşımları önerilmektedir (D'Amato vd., 2011). Ormanların sürdürülebilir amenajmanı, dikimi ve rehabilitasyonu orman karbon stoklarını korumanın veya hatta arttırmanın etkili yollarından olsa da ormansızlaşmanın, bozulmanın ve yetersiz orman amenajmanının karbon stoklarını azalttığına da dikkat edilmelidir (UNFCCC, 2016). Bu kapsamda azaltma faaliyetleri arasında büyük biyokütle stoklarına sahip ormanların ormansızlaşmadan ve bozulmanın korunması, yüksek miktarda karbonun atmosfere salınmasının önlenmesi ve orman amenajmanının sürdürülebilir olarak karbon birikim potansiyellerini eski haline getirecek şekilde yapılması yer almaktadır (Keith vd., 2009). Orman amenajmanında karbon birikiminin ve depolanmasının birleştirilmesi, yaş, idare süresi, meşcere yapısı ve karışımı ayrıca amenajman uygulamalarıyla ilgili pek çok konuyu gündeme getirmektedir. Ulusal veya yerel orman sistemlerinin farklı analizleri, verimli ormanlarda orman amenajmanının durdurulması sonucunda, hâlihazırda hasat edilmiş odunun ikame etkisiyle sağlananlara kıyasla çok daha düşük azaltıcı etkiler elde edileceğini ortaya koymaktadır (SFC, 2010). Karbon stokları idare süreleri uzatılarak muhafaza edilebilir ve arttırılabilir. Bu tavsiye, topraküstü karbon depolarının ve meşcere yaşının arasındaki pozitif ilişkilerin varlığının yaygın olarak belgelendirilmesiyle desteklenmektedir (D'Amato vd., 2011, Yavuz vd., 2010). Yaşları 15 ila 80 arasında değişen ormanlardaki (toprak dahil) net karbon dengesi genellikle pozitifdir ve doğal yaşlı ormanların karbon biriktirmeye devam ettiği görülmektedir (Luyssaert vd., 2008). Ancak genç ormanlarda karbon birikim oranları yüksek olup ormanlar yaşlandıkça bu oranlar azalmaktadır. Olgun ormanlar sonunda birikimin gerçekleşmediği veya çok az gerçekleştiği böylece azaltım potansiyeli ve karbon depolama kapasitesi zamanla sınırlandığı bir dengeye ulaşırlar (SFC, 2010). Ek olarak, ormanların iklim değişikliği etkilerine karşı direnci genellikle meşcere yaşı ve göğüs yüzeyi arttıkça azalmaktadır (Seidl vd., 2017). Burada değerlendirilmesi gereken kritik soru ise canlı biyokütlenin karbon stoğunun, ölü örtü karbonunun ve toprak karbonunun ne zaman değiştirilmesi gerektiğidir. Karbon havuzları ve akışlar genel olarak uygulanan idare uzunluklarına, aralama yoğunluğuna ve ormanlara ait elde edilen yaş-sınıf dağılımına göre belirlenir. Kısa idare uzunluğu karbon birikim oranını arttırsa da, biyokütlerdeki ortalama karbon stoğunun daha düşük olmasını ve diğer çatışmaların, örneğin doğanın korunmasıyla ilgili olanların nedenini açıklamaktadır (SFC, 2010). Olgun ağaçların büyük bir kısmını koruyan gençleştirme yöntemleri ve aralama işlemleri, alan dışı depolamanın düşünüldüğü durumlarda bile daha yoğun salınımlara kıyasla karbon depolarının muhafaza edilmesinde daha etkilidir (D'Amato vd., 2011). Ayrıca toprak organik maddesinin ayrışmasında artışa neden olabilen yoğun aralamalar sonrasında oluşan açık alanlarda toprak sıcaklığı artabilir. Bununla birlikte genç meşcerelerde mutedil aralamanın atmosfere net CO₂ akışına neden olduğu görülmemektedir (SFC, 2010). Dolayısıyla çok yıllık meşcereler ormanların bozulmalara karşı direncini arttırmada etkin araçlar olarak önerilmektedir (Kuuluvainen vd., 2012; Lafond vd., 2014; Seidl vd., 2017). Değişikyaşlı amenajman genel olarak daha karmaşık meşcere yapısı oluşturur ve istikrarlı bir hasılat akışı sağlar ve topraküstü karbon stoklarını korur (Sharma vd., 2016). Seçme ormanları geç ardışimsal orman karakteristiklerini ve tür topluluklarını, en azından meşcere ölçeğinde ve kısa vadede, eşityaşlı meşcerelere kıyasla daha iyi korur (Kuuluvainen vd., 2012). Hem eşityaşlı hem de değişikyaşlı amenajman seçeneklerinin üretimi ve karbon depolanmasını geliştirme potansiyeli vardır ve hiçbir eylem yapılmadığı duruma kıyasla bunlar önemli bir gelişmedir (Sharma vd., 2016). Dünyada bu konudaki araştırmaların çokluğuna rağmen yine de iklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkilerine dair pek çok belirsizlik mevcuttur. Sonuç olarak iklim değişikliği ormanları kısmen zıt şekillerde etkiler ve dolayısıyla tasarlanması ve planlanması zorlu uyum faaliyetleri gerektirebilir (Lindner vd., 2014). Karbon birikimi, iklim değişikliğiyle ilgili orman amenajmanı kararlarını yönlendiren amaçlardan yalnızca biri olmalıdır. Orman sürekliliğini en uygun şekilde çoklu fayda elde edilebilmesi için üretim ve karbon depolamasını iyileştiren ve aynı zamanda ekosistem direncini arttıran planlama stratejilerinin çeşitlendirilmesi gerekir (Lindner vd., 2014; Sharma vd., 2016). Değerlendirilmesi gereken bir diğer amenajman

uygulaması, türlerin karışımının desteklenmesidir. Karışık meşcerelerin gelişme ve orman üretimi üzerindeki etkileri 'hiç etkisi yok' ile '%50'ye ulaşan verimlilik artışı' şeklinde farklılık gösterebilmektedir çünkü türler, mevcut kaynakları alan veya zaman bakımından farklı şekillerde kullanmaktadır. Karışık meşcereler bozulmalara daha dirençlidir ve dolayısıyla uyum için daha iyi bir uygulamadır (SFC, 2010).

Envanterinin amacı, bir başlangıç durum tespiti yapmak ve değişiklikleri izlemek amacıyla karbon kaynakları, yutakları veya rezervuarları (SSR'ler) hakkında bilgi edinmektir. SSR'ler IPCC (2001) tarafından şu şekilde tanımlanmaktadır:

Kaynak: atmosfere sera gazı (CO₂), aerosol veya sera gazı veya aerosol öncüsü salan her türlü işlem, faaliyet veya mekanizma, **Yutak:** atmosfere salınan sera gazı, aerosol veya sera gazı veya aerosol öncüsünü ortadan kaldıran her türlü işlem, faaliyet veya mekanizma ve **Rezervuar:** Yukarıda adı geçen bir maddeyi (ör. Karbon, GHG veya öncü) depolama, biriktirme veya salma özelliğine sahip, atmosfer haricindeki bir iklim sistemi bileşenini ifade etmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneline (IPCC, 2006) göre orman karbon örnekleme programına dahil edilebilen başlıca 'karbon havuzları' veya rezervuarları beş tanedir:

1. Ağaç ve ağaç dışı havuzlar (ör. Odunsu diri örtü vs.) olarak ikiye ayrılan topraküstü biyokütle
2. Toprakaltı biyokütle (canlı ağaç kökleri)
3. Ölü odun (düşmüş dallar ve hasat artıkları gibi artıklar dahil olmak üzere)
4. Ölü örtü (yani düşmüş yapraklar)
5. Toprak organik maddesi

Birleşik Krallık Orman Araştırmasına (2018) göre ormancılıktaki karbon seviyeleri; ormandaki karbon stoğunun periyodik ve doğrudan ölçümleri, envanter tabanlı karbon hesaplama modelleri ve doğrudan karbon akışı ölçümleri aracılığıyla hesaplanmaktadır. Bu bildiriye sunulan yöntem, envanter tabanlı karbon hesaplama modellerini kapsamaktadır. Envanter aşağıdaki faaliyetleri içeren bir örnekleme planına dayanmaktadır:

- Ölçülecek/değerlendirilecek SSR'lerin belirlenmesi
- SSR ölçümünün/değerlendirmesinin planlanması (karbon stoğu örnekleme, sera gazı kaynaklarının ölçümü vs.)
- SSR'lerin ölçülmesi/değerlendirilmesi
- Verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması
- Biyokütle ve karbon stoklarını tahmin etmek için büyüme modellerinin geliştirilmesi/kullanılması

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Karasal yutağın ana bileşeni olarak görülen ormanlar 2004-2013 arasında yılda 9 ± 0.8 Pg karbon absorbe ederek küresel karbon döngüsünde, dolayısıyla da atmosferde antropojenik karbondioksitin artmasıyla ilişkili iklim değişikliğinin azaltılmasında hayati bir rol oynamaktadır (Le Quéré vd., 2014). Türkiye ormanlarındaki toplam karbon stoğu 2004 yılında 2251,26 Mt C olarak (Tolunay, 2011) 2015 yılında ise 2648,5 Mt C (Mısır vd., 2017) olarak hesaplanmıştır. Canlı biyokütlerdeki karbon stoğu 479,87 Mt C'dur. Canlı biyokütlerdeki karbon stoğunun %92,20'si verimli ormanlara, kalan %7,8'i ise bozuk ormanlara aittir. Kazanç-kayıp yöntemi kullanarak, Türkiye'nin ormanları 2004 yılında atmosferden yaklaşık olarak 13,68 Mg C/yıl absorbe etmiştir. Bu miktarın çoğu yani 12,63 Mg C/yıl verimli ormanlara aitken kalan 1,05 Mt C/yıl'lık kısmı bozuk ormanlara aittir (Tolunay, 2011). Ormanların karbon depolaması bir dizi faktör tarafından kontrol edilir. İlk olarak genel iklim koşulları ile değişen iklim koşullarıdır. Karjalainen vd., (2003), Kuzey Avrupa'nın soğuk ikliminden ve güney Avrupa'daki kuraklıktan dolayı Kuzey ve Güney Avrupa ormanlarındaki karbon yoğunluklarının orta Avrupa ormanlarındakinden daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir (Mısır

vd., 2018). Ayrıca, doğal faktörler (ör. yangın, böcekler, kasırğa), insanların yaptığı planlama (yani hasatla ne yapıldığı) ve ulusal ve küresel ölçekli politikalar da karbon birikimini ve depolanmasını etkilemektedir. Diğer bir deyişle ormanlar, planlamalarının nasıl yapıldığına bağlı olarak önemli karbon yutakları haline gelirler. Türkiye’de hacim artışından dolayı ormanlarda biriken karbon, amenajman planlarında belirtilen şekilde yakacak odun ve endüstriyel yapacak odun üretimi aracılığıyla ormanlardan uzaklaştırılmaktadır. Tolunay’a (2011) göre, 1990-2005 yılları boyunca endüstriyel tomruk üretimi için ortalama 7,26 milyon m³/yıl kesim yapılmışken, yakacak odun üretimi için ortalama 6,86 milyon m³/yıl kesim yapılmıştır. Ek olarak hacim artışından dolayı 18,69 m³/yıl’lık bir hacim yok edilmiştir, 2004 yılında ise Türkiye ormanlarındaki istihsal nedeniyle bu rakam 36,28 milyon m³/yıl’a ulaşmıştır. Diğer yandan baltalıkların koruya dönüştürülmesi, bozuk ormanların rehabilitasyonu ve gençliklerin artması karbon birikiminde bir artışa neden olmuştur (Tolunay, 2011). Uzun vadede büyüyen stokta biriken karbon solunum, kuruma, ölü örtü ve humusun çürümesi ve odun ürünlerinin oksitlenmesiyle salınacaktır. Birikim ve salınım arasındaki gecikme, tanım gereği geçici stok anlamına gelen birikimi ifade etmektedir. Bu bağlamda ormanlar ve odun ürünleri yalnızca, insanların neden olduğu karbon salınımlarını dengeleyen geçici karbon stokları sağlayabilir. Bununla birlikte bu stoklar uzun ömürlüdür ve planlamadan etkilenebilirler. Ormanlarda karbon depolanmasını arttırmadaki en önemli husus, binlerce yıldır sömürülen ormanların ekolojik verimliliğinin iyileştirilmesidir (Chiriaco vd., 2013). Bu bakımdan orman amenajmanı politikalarında aşağıdakiler amaçlanmalıdır:

- (1) Geçmişteki yoğun istihsal nedeniyle bozulan orman meşcerelerinin rehabilite edilmesi
- (2) Orman ağaç servetinin kademeli olarak artırılmasının desteklenmesi ve imkan dahilinde, böcekler ve çevresel faktörler bakımından düşük risk altında olan yaşlı/sağlıklı ormanlarda daha uzun idare sürelerinin uygulanması (Fares vd., 2015);
- (3) Teknik ve ekonomik olarak mümkün olan yerlerde koruların verimli orman meşcerelerine dönüştürülmesi, böylece topraküstü ve toprakaltı biyokütle birikimi üzerinde olumlu etkiler oluşturması (Ciancio vd., 2006).

Karbonun korunması ve biriktirilmesine yönelik orman amenajmanı uygulamaları dört ana kategoriye ayrılabilir (Dixon vd., 1994):

1. Mevcut karbon havuzlarının muhafaza edilmesi (yavaş ormansızlaşma ve yavaş orman bozulması)
2. Orman amenajmanı aracılığıyla mevcut karbon yutaklarının ve havuzlarının genişletilmesi
3. Ağaç ve orman örtüsünü genişleterek yeni karbon yutaklarının ve havuzlarının oluşturulması
4. Fosil yakıtlar ve fosil yakıt bazlı ürünler yerine yenilenebilir ahşap bazlı yakıtlar ve ürünler kullanılması

Yukarıdaki hususlar doğrultusunda, Climate Action Reserve’de (2012) önerildiği şekilde karbon stoğu aşağıda sayılan sürdürülebilir orman amenajmanı faaliyetleriyle artırılabilir:

- İdare süresini uzatarak orman yaşının arttırılması,
- Hastalıklı ve baskı gören ağaçları aralayarak orman verimliliğinin arttırılması,
- Rekabet eden çalı ve kısa ömürlü orman türlerinin planlanması ve
- Stokların yüksek seviyede tutulmasıdır (Bourque vd., 2007).

Bunlara ek olarak, orman amenajmanı, ormanlarda veya bu ormanlardan elde edilen ürünlerde biriken karbonun seviyesi ve süresi üzerinde önemli bir etkiye sahip olması muhtemel kararların verilmesini de gerektirmektedir (Matthews, 1996; Meng vd., 2003). Örneğin, hızlı büyüyen, idare süresi kısa meşcerelerin bulunduğu ormanlarda yüksek bir karbon alım oranı vardır

(Metting vd., 2001; Ney vd., 2002). Ormanlardaki biyokütle karbon stoklarındaki değişimin belirlenmesinde genellikle biyokütle stoğundaki değişiklikler ve yıllık hacim artışı kullanılmaktadır. Ancak orman envanterleri genellikle hacmin belirlenmesine odaklandığından ve genel olarak karbon bütçesini belirleyecek şekilde tasarlanmadığından dolayı orman biyokütlesinin bulunması önemli bir problem olarak görülmektedir (Van Camp vd., 2004; Jalkanen vd., 2005). Farklı orman amenajmanı ve farklı silvikültürel uygulamalardan dolayı toprak özelliklerinde meydana gelen değişiklikler de topraktaki karbon havuzlarını ve atmosferin karbon bütçesini etkilemektedir (Bayramzadeh, 2014). Karbonun depolanma miktarını ve süresini arttırmak için özel amenajman yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bunların rutin uygulanmakta olan orman amenajmanına potansiyel olarak dahil edilme yolları araştırılmalıdır. Ancak planlamanın yalnızca karbon depolanmasını arttırmak değil, aynı zamanda meşcerenin direncini ve iklim değişikliğine karşı uyumunu da geliştirmektir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Atmosferik CO₂'nin karasal ekosistemlerde bitki örtüsü ve topraklarda karbon olarak birikmesinden yararlanarak atmosferde birikme oranı azaltılabilir (UNFCCC, 2016). Orman amenajmanı aracılığıyla biriken veya salınan toplam CO₂, 1 ton depolanan karbonun atmosferden 3.67 ton karbon dioksitin giderilmesine karşılık geldiği göz önüne alınarak hesaplanabilir. Ancak karbon yutaklarının dinamik yapısından dolayı mevcut durumlarını değerlendirmek yalnızca bunların rolü hakkında sınırlı bilgi verebilir. 2018/841 sayılı Avrupa Birliği Yönetmeliğine göre planlaması yapılan ormanlardan salınımlar ileriye yönelik bir orman referans seviyesine göre hesaplanmalıdır. Karbon havuzlarıyla öngörülen gelecekteki salınımlar orman amenajmanı uygulamalarının ve bunların yoğunluğunun referans değerine göre ekstrapolasyonuna dayanmalıdır. Orman amenajmanı ve doğal bozulmalar, örneğin orman yangınları ve yoğun böcek istilası, orman ekosistemlerindeki karbon stoklarını etkilemektedir (NRCAN, 2016). Ormanlar karbonu, atmosferdeki karbon dioksiti yakalayıp fotosentez aracılığıyla biyokütleyle dönüştürerek ayırmaktadır. Ardından ayrılan karbon ağaç, ölü odun, ölü örtü şeklinde ve orman topraklarında biriktirilmektedir (UNECE, 2006). Orman ekosistemleri hem doğal süreçler (solunum ve oksitlenme) hem de insan faaliyetlerinin (ör. hasat, yangın, ormansızlaştırma) kasıtlı veya kasıtsız bir sonucu olarak karbon salar. Bir havuzda referans seviyesine göre meydana gelen bir azalma emisyon olarak hesaba katılmalıdır. Normalden daha az hasat yoğunluğu ve ormanların yaşlanması gibi özel ulusal durumlar ve uygulamalar da dikkate alınmalıdır (EU Commission, 2018). Karbon depolanarak sağlanan karbon salınımları hakkında ve ayrıca ormancılık uygulamalarından kaynaklanan karbon emisyonları hakkında veri toplamak için orman amenajmanının izlenmesi önerilmektedir. Doğal bozulmaların olması halinde etkilenen alana ve depolanan karbon miktarına dayanarak karbon emisyonlarının miktarı da belirlenmelidir. Ormanların karbon döngülerine yaptığı katkı, hasat edilen odunların kullanımını, örneğin belirli bir süreliğine karbon depolayan odun ürünleri veya atmosfere karbon salarak gerçekleştirilen enerji üretimi dikkate alınarak değerlendirilmelidir (UNECE, 2006). Dolayısıyla her zaman güncel bilgi sağlamak için meşcere seviyesinden, orman seviyesine ve ulusal seviyeye kadar net karbon dengesini yıllık olarak belirlemek için izleme yapılması gerekmektedir. Emisyonların ve salınımların raporlanması her bir takvim yılı için yapılmalıdır (IPCC, 2006). Dolayısıyla yukarıda açıklanan orman amenajmanına ve tahriplerin izlenmesine ait izleme sonuçlarında ve arazi kullanım değişikliği verilerinde ilgili zaman dilimi mutlaka belirtilmelidir. Büyük karasal karbon havuzlarını orman ekosistemleri olarak kabul eden Avrupa hesaplama kurallarının ülkeler için herhangi bir avantaj sağlamadığı belirtilmektedir. İklim değişikliğinin azaltılmasıyla ilgili olanlar yalnızca karasal karbon havuzundaki değişimlerdir. Ülkelerin orman örtüsünü koruması ve özel orman amenajmanlarıyla karbon havuzlarını arttırmaları gerekmektedir (Jandl vd., 2015). Bu konudaki çalışmalar orman örtüsü ile orman örtüsünde meydana gelen değişiklikleri tespit etmek için yıllık olarak incelenmelidir. Verilerin toplanmasını ve metodoloji geliştirilmesini kolaylaştırmak

için her bir arazi alanı coğrafi olarak izlenerek yani ulusal veri toplama sistemleri kullanılarak arazi kullanımı kaydedilmeli ve raporlanmalıdır. Mevcut arazi kullanım değişikliği takip programları ve anketleri en iyi şekilde kullanılmalıdır. Verilerin raporlama amacıyla paylaşılması, yeniden kullanımını ve dağıtılmasını kapsayan veri yönetimi Avrupa Komisyonunun 2007/2/EC sayılı direktifinde belirtilen şartlara uygun olmalıdır (EU Commisision, 2018). Ormanların neden olduğu karbon emisyonlarının net dengesinin negatif olduğu, yani karbon birikiminin hakim olduğu durumlarda, ormanlar hem bir karbon rezervuarı hem de ilave karbonu ayıracak bir araç işlevi görerek karbon emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunur. Karbon emisyonlarının net dengesinin pozitif olduğu durumlarda ormanlar sera gazı etkisinin ve iklim değişikliğinin artmasına katkıda bulunur (UNECE, 2006).

5. TEŞEKKÜR

Bu yayın Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından nolu kodu ile finanse edilmiştir. Bu yayının içeriğinden Karadeniz Teknik Üniversitesi sorumludur ve hiçbir şekilde Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti görüşlerini yansıtmamaktadır (Proje No: TR2013/0327.05.01—02/CCGS124).

6. KAYNAKLAR

- BAYRAMZADEH V. (2014). Does tree species composition control the soil carbon stocks of the Hyrcanian forest in the Northern Iran? (A case study in Guilan province, Iran). *Journal of Forestry Research* (2014) 25(1): 143–146.
- BEHERA, L., NAYAK, M., GUNAGA, R. ., DOBRIYAL, M. ., & JADEJA, D. (2016). Potentiality of planted forest towards carbon sequestration and climate change mitigation. *International Journal of Forest Usufructs Management*, (July 2015).
- BOURQUE, C. P. A., NEILSON, E. T., GRUENWALD, C., PERRIN, S. F., HILTZ, J. C., BLİN, Y. A., SWIFT, D. E. (2007). Optimizing carbon sequestration in commercial forests by integrating carbon management objectives in wood supply modeling. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(7), 1253–1275.
- CHIRIACO M. V., L. PERUGINI D. CIMINI E. D'AMATO R. VALENTIN, G. BOVIO P. CORONA, and BARBATI, A. (2013). Comparison of approaches for reporting forest fire-related biomass loss and greenhouse gas emissions in southern Europe. *International Journal of Wildland Fire* 22:730–738.
- CIANCIO, O., P. CORONA, A. LAMONACA, L. PORTOGHESI, and TRAVAGLINI, D. (2006). Conversion of clearcut beech coppices into high forests with continuous cover: a case study in central Italy. *Forest Ecology and Management* 3:235–240.
- CLIMATE ACTION RESERVE (2012). *Forest Project Protocol. Version 3.3*. Los Angeles. Available at <http://www.climateactionreserve.org/>
- D'AMATO A.W., J. B. BRADFORD, S. FRAVER, PALIK, B.J. (2011). Forest management for mitigation and adaptation to climate change: Insights from long-term silviculture experiments. *Forest Ecology and Management*. 262: 803–816.
- DING, H., CHIABAI, A., SILVESTRI, S., & NUNES, P. A. L. D. (2016). Valuing climate change impacts on European forest ecosystems. *Ecosystem Services*, 18, 141–153.
- DIXON R.K., A.M. SOLOMON, S. BROWN, R.A. HOUGHTON, M.C. TREXIER, WISNIEWSKI, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*. 263(5144):185-90.

- EU COMMISSION (2018). Regulation 2018/841 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU.
- FARES, S., G. SCARASCIA MUGNOZZA, P. CORONA, and PALAHI, M. (2015). Five steps for managing Europe's forests. *Nature* 519:407–409.
- FAO (2010). "Managing forests for climate change".
- FAO (2014). "Global Forest Resources Assessment", Turkey Country Report. Rome.
- FAO (2015). "Global Forest Watch data for Turkey. Monitoring forests in real time". Available at: <http://www.globalforestwatch.org/country/TUR> (Accessed: 11 March 2016).
- FEDERICI S., F.N. TUBIELLO, M. SALVATORE, H. JACOBS and SCHMIDHUBER, J. (2015). New estimates of CO2 forest emissions and removals: 1990-2015. *Forest Ecology and Management*. 352, 89–98.
- FORESTWORKS ISC (2014). "UNDERTAKE CARBON STOCK SAMPLING OF FORESTS AND". Australian Government, Department of Industry.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available at <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>
- IPCC (2003). "Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry", Intergovernmental Panel on Climate Change, Good Practice Guidelines on Land Use, Land Use Change and Forestry.
- IPCC (2001). "Annex 4: Glossary of terms and definitions", Third Assessment Report, pp. 365–388. Available at: <http://www.hse.gov.uk/radiation/rpnews/statementrpa.htm>.
- JANDL, R., BAUHUS, J., BOLTE, A., SCHINDLBACHER, A., & SCHÜLER, S.(2015). Effect of Climate-Adapted Forest Management on Carbon Pools and Greenhouse Gas Emissions. *Current Forestry Reports*, 1(1), 1–7.
- JALKANEN A, MÄKIPÄÄ R, STÅHL G, LEHTONEN A, PETERSSON H. (2005). Estimation of the biomass stock of trees in Sweden: comparison of biomass equations and age-dependent biomass expansion factors. *Ann Forest Sci* 62: 845-851.
- KARJALAINEN T, PUSSINEN A, LISKI J, NABUURS GJ, EGGERS T, LAPVETELÄINEN T, KAIPAINEN T . 2003. Scenario analysis of the impacts of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget. *Forest Policy Econ* 5:141-155.
- KEITH, H., MACKAY, B. G., & LINDENMAYER, D. B. (2009). Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(28), 11635–11640. <http://doi.org/10.1073/pnas.0901970106>
- KUULUVAINEN T., O. TAHVONEN and AAKALA, T. (2012). Even-Aged and Uneven-Aged Forest Management in Boreal Fennoscandia: A Review. *Ambio*. 41(7), 720–737.
- LAFOND, V., LAGARRIGUES, G., CORDONNIER, T., COURBAUD, B. (2014). Uneven-aged management options to promote forest resilience for climate change adaptation: effects of group selection and harvesting intensity. *Annals of Forest Science*, 71(2), 173–186.
- LE QUÉRÉ, C.(2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2:831–836.
- LINDNER, M., FITZGERALD, J. B., ZIMMERMANN, N. E., REYER, C., DELZON, S., VAN DER MAATEN, E., HANEWINKEL, M. (2014). Climate change and European

- forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management*, 146, 69–83.
- LUYSSAERT S., E. DETLEF SCHULZE, A. BÖRNER, A. KNOHL, D. HESSENMÖLLER, B. E. LAW, P. CIAIS and GRACE, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*. 455:213–215.
- MATTHEWS R. (1996). The influence of carbon budget methodology on assessments of the impacts of forest management on the carbon balance. *Forest ecosystems, forest management and the global carbon cycle NATO ASI series*. 140:233–243.
- MENG F.R, CP. A. BOURQUE, S.P. OLDFORD, D.E. SWIFT, SMITH, H.C. (2003). Combining carbon sequestration objectives with timber management planning. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 8:371–403.
- METTING F.B., J.L. SMITH, J.S. AMTHOR, IZAURRALDE, RC. (2001). Science needs and new technology for increasing soil carbon sequestration. *Climate Change*. 51:11–34.
- MISIR, N., MISIR, M. VLACHAKI, D.M., GALATSIDAS, S. (2018). Ormanlarda Karbon Birikimini Arttırmaya Yönelik Ortak Amenajman Rehberi, Development of a Common Protocol to Assess the Impact of Forest Management Practices on Climate Change (D4.5), In EuropeAid Project Reference no: TR2013/0327.05.01-02/124, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey.
- MISIR, N., YILDIRIM, S., MISIR, M. (2017). Türkiye Ormanlarının Karbon Depolama Kongresi IV. Ulusal Ormanlık Kongresi, 13-16 Kasım Antalya, Cilt I, s.381-392.
- NATURAL RESOURCES CANADA (NRSCAN) (2016). “The national forest carbon monitoring, accounting and reporting system”, Available at <https://www.nrcan.gc.ca/forests/climate-change/carbon-accounting/13087>
- NEY R.A., J.L. SCHNOOR, MANCUSO, MA. (2002). A methodology to estimate carbon storage and flux in forestland using existing forest and soils databases. *Environmental Monitoring Assessment*. 78:291–307.
- SEIDL R., D. THOM, M. KAUTZ, D. MARTÍN-BENİTO, M. PELTONIEMİ, G. VACCHIANO, J. WİLD, D. ASCOLİ, M. PETR, J. HONKANİEMİ, M. J. LEXER, V. TROTSIUK, P. MAIROTA, M. FABRIKA, T. A. NAGEL, REYER, CPO. (2017). Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7:395-402.
- SHARMA A., K. BOHN, S. JOSE, DWIVEDI, P. (2016). Even-Aged vs. Uneven-Aged Silviculture: Implications for Multifunctional Management of Southern Pine Ecosystems. *Forests*. 7(4), 86.
- STANDING FORESTRY COMMITTEE (SFC). (2010). “Climate Change and Forestry”, Retrieved from https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/fore/publi/wg3-112010_en.pdf
- TOLUNAY D. (2011). Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turk J Agric For* 35 (2011) 265-279.
- UK FOREST RESEARCH (2018). “Carbon accounting”, Available at: www.forestresearch.gov.uk/research/forestry-and-climate-change
- UNECE (2006). “Carbon sinks and sequestration“, <https://www.unece.org/forests/outlook/carbonsinks.html>
- UNFCCC (2016). “Land Use, Land-Use Change and Forestry”, Retrieved December 8, 2017, from http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/lulucf/items/1084.php

- 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 Forest Sci* 61: 677-682.
- VESTERDAL L., M. DALSGAARD, C. FELBY, K. RAULUND-RASMUSSEN, B. JØRGENSEN, B. (1995). Effects of thinning and soil properties on accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus in the forest floor of Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management*. 77:1–10.
- YAVUZ H., N. MISIR, M. MISIR, A. TUFEKCIOGLU, U. KARAHALIL, KUÇUK, M. (2010). Development of mechanistic growth models and determination of biomass and carbon sequestration of pure and mixed scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Blacksea Region, TUBITAK Project.