ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMAN AĞAÇLARINDA DEPOLANAN KARBON MİKTARININ FARKLI BİYOKÜTLE TAHMİN YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENEREK ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN ANALİZ EDİLMESİ: ALARA PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

Yusuf YAMAN

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Yusuf YAMAN tarafından hazırlanan **"Orman Ağaçlarında Depolanan Karbon Miktarının Farklı Biyokütle Tahmin Yöntemleri ile Belirlenerek Zamansal Değişiminin Analiz Edilmesi: Alara Planlama Birimi Örneği"** adlı tez çalışması 25/11/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Prof. Dr. Sedat KELEŞ

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Prof. Dr. Sedat KELEŞ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Fatih SİVRİKAYA
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Orman Ağaçlarında Depolanan Karbon Miktarının Farklı Biyokütle Tahmin Yöntemleri ile Belirlenerek Zamansal Değişiminin Analiz Edilmesi: Alara Planlama Birimi Örneği**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı'yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (25/11/2022).

Yusuf YAMAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORMAN AĞAÇLARINDA DEPOLANAN KARBON MİKTARININ FARKLI BİYOKÜTLE TAHMİN YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENEREK ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN ANALİZ EDİLMESİ: ALARA PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

Yusuf YAMAN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sedat KELEŞ

Orman ekosistemleri topluma çeşitli mal ve hizmetler sunan önemli doğal kaynaklarından bir tanesidir. Karbon depolama önemli bir orman fonksiyonu olup, günümüzde en önemli küresel ve ekolojik endişelerden biri olan iklim değişikliğini önleme ve kontrol etme açısından, orman ekosistemleri önemli bir rol ve görev üstlenmektedir. Bu çalışmada öncelikle, Türkiye'nin güneyinde yer alan Alara Orman Planlama Biriminin, 1997-2018 yılları arası arazi kullanım değişimi ile orman yapı ve kuruluşunda meydana gelen konumsal ve zamansal değişimi analiz edilmiştir. Daha sonra orman ekosisteminde meydana gelen değişimin orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarı üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Son olarak farklı biyokütle hesaplama yöntemlerine göre planlama birimi düzeyinde biyokütle ve karbon hesabı yapılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda planlama biriminde 21 yıllık süreçte; orman alanı miktarında %2,3 azalma, bozuk orman alanında %62 oranında azalma, yerleşim ve ziraat alanında %6,8 azalma ile verimli orman alanı miktarında %15'lik bir artış olduğu belirlenmiştir. Meşcere gelişim çağı ve kapalılık itibariyle orman yapısında önemli ve olumlu bir gelişimin olduğu gözlenmiştir. Orman yapı ve kuruluşundaki olumlu gelişmelere bağlı olarak, 2018 yılında 1997 yılına göre orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarında %10'luk bir artış olduğu tahmin edilmiştir. Biyokütle denklemine göre hesaplanan orman biyokütlesi miktarının, biyokütle dönüşüm katsayılarına göre %48 daha yüksek sonuç verdiği görülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, orman biyokütle ve karbon hesaplamalarında hem uzaktan algılama verilerinin hem de ağaç türü düzeyinde geliştirilmiş biyokütle denklemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağı önerilmektedir.

2022, 40 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Coğrafi bilgi sistemleri, Biyokütle, Karbon depolama, Orman yapı ve kuruluşu

ABSTRACT

Master of Science Thesis

ESTIMATION OF CARBON AMOUNTS STORED IN FOREST TREE SPECIES USING DIFFERENT BIOMASS ESTIMATION APPROACHES AND ITS TEMPORAL CHANGE ANALYSIS: A CASE STUDY IN ALARA PLANNING UNIT

Yusuf YAMAN
Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Advisor: Prof. Dr. Sedat KELEŞ

Forest ecosystems are one of the most important natural resources that provide various goods and services to the society. Carbon storage is an important forest function, and forest ecosystems play an important role in preventing and controlling climate change, which is one of the most important global and ecological concerns today. In this study, first of all, the spatial and temporal changes in the forest structure and composition with the land use change between 1997-2018 of the Alara Forest Planning Unit located in the south of Turkey were analyzed. Then, the effects of the change in the forest ecosystem structure and composition on the amount of carbon stored from the forest biomass were investigated. Finally, biomass and carbon calculations were made at the planning unit level according to different biomass calculation methods, and the results were compared. As a result of the study, in the planning unit in the 21-year period; it is found that there is a 2,3% decrease in the amount of forest area, a 62% decrease in the degraded forest area, a 6,8% decrease in the settlement and agricultural areas and a 15% increase in the productive forest area. It has been observed that there is an important and positive development in the forest structure in terms of stand development stage and canopy closure. Depending on the positive developments in forest structure and composition, it was estimated that there was a 10% increase in the amount of carbon stored in forest biomass in 2018 compared to 1997. It was observed that the amount of forest biomass calculated according to the biomass equation gave 48% higher results than the biomass conversion coefficients. According to the results of the study, it is suggested that it would be more appropriate to use both remote sensing data and biomass equations developed at the tree species level in forest biomass and carbon calculations.

2022, 40 pages

Keywords: Geographical information systems, Biomass, Carbon storage, Foreststructure and composition

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Sedat KELEŞ'e, yüksek lisans tez çalışmamın tüm aşamalarında gösterdiği samimiyeti, sabrı, rehberliği ve anlayışı için çok teşekkür ederim.

Yusuf YAMAN
Çankırı, Kasım 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **v**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
3. MATERYAL VE METOT **10**
3.1 Çalışma Alanı Tanıtımı **10**
3.2 Verilerin Elde Edilmesi **11**
3.3 Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Hesaplanması **12**
3.4 Verilerin Analiz ve Sunumu **13**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **14**
4.1 Bulgular **14**
4.1.1 Planlama biriminin arazi kullanımında meydana gelen değişim **14**
4.1.2 Planlama biriminin gelişme çağlarında meydana gelen değişim **16**
4.1.3 Planlama biriminin meşcere kapalılığında meydana gelen değişim **18**
4.1.4 Planlama biriminin yaş sınıflarında meydana gelen değişim **20**
4.1.5 Planlama biriminin ağaç servetinde meydana gelen değişim **21**
4.1.6 Planlama biriminin ağaç serveti artımında meydana gelen değişim **22**
4.1.7 Planlama biriminin orman biyokütlesinde meydana gelen değişim **23**
4.1.8 Planlama biriminin orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarında meydana gelen değişim **24**
4.1.9 Farklı biyokütle yöntemleri karbon depolama miktarları karşılaştırılması **26**
4.2 Tartışma **27**
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **33**
KAYNAKLAR **36**
ÖZGEÇMİŞ **40**

SİMGELER DİZİNİ

cm	Santimetre
d	Ağaç göğüs yüksekliği çapı
ha	Hektar
kg	Kilogram
m^2	Metrekare
t	Ton
Y	Tek ağaç gövde ve kabuk topraküstü biyokütlesi

KISALTMALAR DİZİNİ

BO	Bozuk Orman
CBS	Coğrafi bilgi sistemleri
D	Diğer
OBM	Orman bölge müdürlüğü
OİM	Orman işletme müdürlüğü
OİŞ	Orman işletme şefliği
T	Tepe
UA	Uzaktan algılama
VO	Verimli Orman
YZ	Yerleşim ve Ziraat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu……..…10
Şekil 4.1 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki arazi kullanımı……..……..15
Şekil 4.2 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki gelişim çağları dağılımı……..……17
Şekil 4.3 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki meşcere kapalılığı…….……...19
Şekil 4.4 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki sınıflandırılmış ağaç serveti dağılımı……..……..…22
Şekil 4.5 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki sınıflandırılmış ağaç serveti artımı dağılımı……..23
Şekil 4.6 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki orman biyokütlesinde depolanan karbon sıklık dağılımı……..25
Şekil 4.7 Planlama biriminin farklı biyokütle yöntemlerine göre hesaplanan biyokütle miktarları…….……..26
Şekil 4.8 Planlama biriminin farklı biyokütle yöntemlerine göre hesaplanan biyokütlede depolanan karbon miktarları…….…….27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Meşcere gelişim çağları…….....……....11
Çizelge 3.2 Meşcere kapalılık sınıfları…….....……..12
Çizelge 3.3 Meşcere yaş sınıfları…….……..…..……..12
Çizelge 4.1 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası ormanlık ve ormansız alanlarındaki zamansal değişimi……..……..…..…..……..15
Çizelge 4.2 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arasında arazi kullanım sınıflarında meydana gelen geçişler……...……16
Çizelge 4.3 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası gelişme çağları itibariyle alansal dağılımı……...……..….17
Çizelge 4.4 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arasında gelişme meydana gelen geçişler……..…….18
Çizelge 4.5 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası kapalılık itibariyle alansal dağılımı……...….19
Çizelge 4.6 Planlama biriminin 1997–2018 yılları kapalılıkta meydana gelen geçişler……..……..20
Çizelge 4.7 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası yaş sınıfları itibariyle alansal dağılımı……..…….21
Çizelge 4.8 Planlama biriminin 1997–2018 yılları sınıflandırılmış ağaç servetinin alansal dağılımı…….….22
Çizelge 4.9 Planlama biriminin 1997–2018 yılları sınıflandırılmış ağaç serveti artımının alansal dağılımı…….……..23
Çizelge 4.10 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyokütle miktarları (ton)…….……..24
Çizelge 4.11 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası toplam biyokütle sıklık dağılımı……..…….24
Çizelge 4.12 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyokütlede depolanan karbon miktarı (ton)…….…….25
Çizelge 4.13 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası biyokütlede depolanan karbon sıklık dağılımı……..……...25

1. GİRİŞ

Orman ekosistemleri topluma çok değişik fonksiyonlar sunmaktadır. Bunlar genel olarak ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel fonksiyonlar adlı başlıklarda toplanmaktadır.

Atmosferdeki karbondioksit miktarının artmasının sonucu olarak meydana gelen iklim değişikliği ile ilgili küresel ve çevresel endişeler, orman ağaçları tarafından atmosferden tutulan karbon depolama fonksiyonunun, orman amenajman planlarına bir amaç olarak entegre edilmesine yol açmıştır. Çünkü orman ekosistemleri, karbon havuzunun önemli bir parçasıdır. Diğer taraftan, orman ekosistemleri dinamik bir yapıya sahiptir (Brown *et al*. 1999, Loque 2000, Chen *et al*. 2001, Kennedy and Spies 2004, Echeverria *et al*. 2006).

Ormanların yapı ve kuruluşunda meydana gelen değişimler ormanların sunmuş olduğu fonksiyonların miktar ve kalitesini etkilemektedir. Orman ekosistemleri, doğal veya insan kaynaklı olarak meydana gelen dışarıdan müdahalelere bağlı olarak zamanla değişim göstermektedir (Matsushita vd. (2006). Ormanların yapı ve kuruluşlarında meydana gelen bu değişimin boyutu; müdahalelerin türüne, yoğunluğuna ve etkinliğine bağlı olarak sürekli bir biçimde değişmektedir. Bu önemli karbon havuzunun büyüklüğü ve verimliliğinde yapılacak değişiklikler, orman ekosistemlerinin bir karbondioksit kaynağı veya deposu olarak davranmasına neden olabilmektedir (Turner *et al*. 1996, Verburg *et al*. 1999, Wakeel *et al*. 2005).

Özellikle son yıllarda, kentleşme, arazi kullanım değişikliği, ormansızlaşma ve endüstrileşme gibi nedenlere bağlı olarak sera gazlarının yoğunluğunda gözle görülür bir artış meydana gelmiştir. Atmosferdeki sera gazlarının artması ise beraberinde birçok sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yapılan bilimsel çalışmalar, yeryüzünün gittikçe ısındığına işaret etmektedir. Küresel ısınmanın bir sonucu olarak ise gelecekte insanlarla birlikte biyolojik çeşitliliğinin olumsuz olarak etkileneceği belirtilmektedir. Bu kapsamda, atmosferdeki sera gazlarının azaltılması ve iklim değişikliğinin önlenmesi veya yavaşlatılmasında ormancılığa önemli görevler düşmektedir. Çünkü orman ekosistemleri atmosferdeki sera gazlarından özellikle karbondioksiti depolayan en önemli karbon havuzunu oluşturmaktadır. Bu yüzden orman ekosistemlerinde depolanan karbon

miktarının uygun yöntem veya yaklaşımlarla tahmin edilerek, depolanan karbonun zamansal değişiminin ortaya konulması büyük önem arz etmektedir.

Orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu tüm ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel fonksiyonlardan, toplumun en iyi şekilde yararlandırılması ve orman ekosistem dengesinin korunması orman amenajman planları ile gerçekleştirilmektedir (Keleş ve Başkent 2006, Keleş vd. 2007, Keleş 2015).

Diğer bir ifadeyle, orman amenajmanı bir düzenleme ve kontrol mekanizması görevini üstlenmektedir. Diğer taraftan, orman amenajman planları, pek çok sektör tarafından ihtiyaç duyulan önemli verileri sayısal olarak içinde barındıran önemli bir bilişim kaynağıdır. Bu planlardan elde edilen sayısal veriler yardımıyla, gerek bölgesel gerekse ülke düzeyinde orman kaynaklarında meydana gelen konumsal ve zamansal değişim incelenebilmekte ve geleceğe yönelik kararların alınması sağlanabilmektedir. Ancak tek başlarına orman kaynaklarının konumsal ve zamansal değişimini incelemek için yeterli değillerdir. Günümüzde, coğrafi bilgi sistemleri gibi bilişim teknolojileri pek çok alanda olduğu gibi ormancılıkta da yoğun ve etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Orman ekosistemlerinin konumsal ve zamansal değişiminin ortaya konulması ise bu alanlardan sadece bir tanesidir.

Buradan hareketle yapılacak olan bu tez çalışmasının diğer gerekçeleri ve önemi:

Ülkemizde yeni uygulamaya geçen ekosistem-tabanlı fonksiyonel planlama yaklaşımının bir gereği olarak, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu diğer tüm fonksiyonlar gibi karbon depolama fonksiyonunun da sayısallaştırılması ve sıklık haritalarının yapılması öncelikli konular arasında yer almaktadır.

Orman ekosistemlerinde biyokütlenin hesaplanması için günümüze kadar çok sayıda farklı yaklaşımlar geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu yaklaşımlarım birbirlerine göre hem üstünlükleri (kolaylık, hız ve maliyet gibi) hem de eksiklikleri (depolanan karbon miktarının doğru ve tutarlı tahmin edilememesi) olabilmektedir. Bu yüzden farklı yaklaşımlara göre orman biyokütlesinin ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının

tahmin edilerek bir karşılaştırmasının yapılması gerekmektedir.

Ülkemizin içerisinde bulunduğu ve birçok ülkenin ortak karar aldığı çeşitli uluslararası sözleşmeler (iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi, Kyoto Protokolü vs.) bulunmaktadır. Bu sözleşmelerin getirmiş olduğu taahhütlerin yerine getirilmesi için tüm ülkeler ulusal sera gazları envanterlerini periyodik olarak doğru bir şekilde hesaplayıp bildirmek zorundadır.

Ulusal kalkınma planlarının hazırlanması, ormancılıkla ilgili politika ve stratejilerinin geliştirilmesi, doğal kaynak planlarının düzenlenmesi ve uygulama projelerinin gerçekleştirilebilmesi için, orman kaynaklarının konumsal ve zamansal değişimini ortaya koyan çalışmaların yapılması oldukça önemlidir. Bu çalışma, bu amaçlara ulaşmak için gerekli bilişim kaynağını oluşturacağından önemli bir görev üstlenmektedir.

Toplumun orman ekosistemlerinden faydalanması insanoğlunun var olduğu günden beri devam etmektedir ve devam edecektir. Bununla birlikte insanlar tarafından ormanlara yapılan düzenli veya düzensiz müdahaleler de yine diğer taraftan devam edecektir. Düzensiz yararlanmalara bağlı olarak, oldukça karmaşık, doğaya açık ve dinamik bir sistem olan orman ekosistemlerinin yapı ve kuruluşu olumsuz yönde etkilenecek, orman ekosistem dengesi bozulacak ve ormanların sunmuş olduğu fonksiyonların kalite ve miktarı azalacaktır. Bu problemlerin çözümü ise orman kaynaklarında meydana gelen konumsal ve zamansal değişimi izlemek ve planlamayı buna göre yapmaktır.

Günümüzde orman ekosistem dengesinin korunarak, orman ekosistemlerinden toplumun ihtiyaçları doğrultusunda sürdürülebilir planlama ve faydalanma uluslararası ormancılık ilkeleri içerisinde ön sıralarda almaktadır. Ülkemizin de içerisinde bulunduğu pek çok uluslararası süreç ve sözleşmelerde, orman ekosistemlerinin sürekliliğinin garanti altına alınarak sürdürülebilir planlanması temel alınmıştır. Ormanların sürdürülebilir ölçüt ve göstergelere göre planlaması için, orman kaynaklarının konumsal ve zamansal değişiminin bilinmesi ve geleceğe yönelik kestirimlerin yapılması gerekmektedir.

Orman ekosistemlerinin geçmişteki durumunun ortaya konularak, elde edilecek olan

sonuçların geleceğe yönelik yapılacak olan planlarda dikkate alınması ile birlikte daha gerçekçi, uygulanabilir ve sürdürülebilir amenajman planlarının yapılması sağlanmış olacaktır.

Bir taraftan küresel ölçekte orman alanları gittikçe azalmakta, diğer taraftan ormanların yapı ve kuruluşları dışarıdan yapılan olumsuz müdahalelere bağlı olarak gittikçe bozulmaktadır. Bu durum ise orman ekosistemlerinin topluma sunmuş olduğu önemli ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel fonksiyonlardan yararlanmanın tam olarak yerine getirilememesine neden olmaktadır. Geçmişte yapılmış orman amenajman planlarından sağlanacak veriler yardımıyla ormanların konumsal ve zamansal değişiminin belirlenmesi, yeni yapılacak orman amenajman planlarının daha doğru, güvenilir ve sayısal değerlere dayalı çok amaçlı olarak hazırlanmasına yardımcı olacaktır.

Bu kapsamda hazırlanan tezin amaçlarını şu şekilde belirlemek mümkündür:

Örnek bir devlet orman işletmesinde (Alara Planlama Birimi), 1997-2008-2018 orman amenajman planları yardımıyla, orman ekosistem yapı ve kuruluşunun ortaya konulması ve üç dönem için konumsal ve zamansal değişiminin analiz edilmesi.

Orman ekosisteminde orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının zamansal olarak hesaplanması ve haritalanması.

Orman ekosisteminin yapı ve kuruluşunda meydana gelen zamansal değişikliklerin, orman biyokütle ve karbon depolama miktarları üzerine etkilerinin analiz edilmesi.

Orman biyokütlesini hem biyokütle dönüşüm faktörleri hem de biyokütle denklemlerine göre hesaplamak ve elde edilen sonuçları karşılaştırmak.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Prasad vd. (2002), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, arazi kullanım değişikliklerinin ekosistemde tutulan karbon miktarı üzerinde olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada uzaktan algılama verilerinden faydalanmışlar ve arazi kullanımları arasındaki geçişleri modellemişlerdir. Biyokütle ve karbon hesaplamalarında dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır.

Prasad vd. (2002), Hindistan'da örnek bir orman ekosisteminde yaptıkları çalışmada, 1996-1998 yılları arasında arazi kullanım değişikliklerinin ekosistemde tutulan karbon miktarı üzerinde olan etkilerini araştırmışlardır. Temel altlık olarak ilgili yıllara ait uzaktan algılama verilerini kullanmışlardır. Biyokütle ve karbon hesaplamalarında dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır.

Woomer vd. (2004), Afrika'da Senegal'de yaptıkları çalışmada, 1965-2000 yılları arasındaki arazi kullanım değişimleri ve karbon stokundaki değişim miktarlarını analiz etmişlerdir. Uydu görüntüleri ve orman envanter verileri temel altlık olarak kullanılmıştır. Biyokütle ve karbon miktarlarının hesaplanmasında, çalışmada alanında bulunan ağaç türleri için geliştirilmiş regresyon denklemlerini kullanmışlardır.

Liu vd. (2006), ABD'de Appalachian ormanlarında 1972-2000 yılları arasında arazi kullanım değişiklikleri ve bu ormanlarda depolanan karbon miktarlarının değişimini analiz etmişlerdir. Ayrıca çalışmada, bu süreçte ormanlara uygulanan müdahalelerin etkisi de ortaya konulmuştur. Biyokütle ve karbon hesaplamalarında, bu hesaplamaları gerçekleştirme kapasitesine sahip bir program/yazılım kullanılmıştır.

Bonino (2006) Arjantin'de oldukça büyük bir alanda yaklaşık 30 yıllık süreçte arazi kullanımında meydana gelen değişimleri ve bu değişimlerin karbon stoku üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada orman ekosisteminin bütün elemanlarında depolanan karbon miktarları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Sivrikaya vd. (2007), Türkiye'de bulunan iki orman işletme şefliği (Artvin ve Camili) sınırları içerisinde yer alan ormanların biyokütlelerinde depolanan karbon miktarlarının konumsal ve zamansal değişimini analiz etmişlerdir. Artvin Orman İşletme Şefliği için 1972 ve 2002, Camili Orman İşletme Şefliği için ise 1984 ve 2005 orman amenajman plan verilerini kullanmışlardır. Biyokütle ve karbon hesaplamaları için, orman işletme şefliklerinde yer alan ağaçlar için geliştirilmiş biyokütle ve karbon dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır. Gerekli sorgulama, analiz ve sunumların yapılmasında coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanmışlardır.

Hu ve Wang (2008), ABD Piedmont bölgesinde 1936-2005 yılları arasını kapsayan yaklaşık 70 yıllık bir süreçte, orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının değişimini analiz etmişlerdir. İlgili bölgede yer alan ormanlar için elde edilen orman envanter verileri temel altlık olarak kullanılmıştır. Orman biyokütlesinin hesaplanmasında biyokütle denklemlerinden, biyokütlede depolanan karbonun hesaplanmasında ise karbon dönüşüm katsayılarından faydalanmışlardır.

Tommervik vd. (2009) Norveç'te yer alan örnek bir orman ekosisteminde yayılış gösteren huş ormanlarının topraküstü biyokütle değişimlerini analiz etmişlerdir. 1957-2006 yılları arasını kapsayan hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden veri kaynağı olarak faydalanmışlardır.

Yolasığmaz ve Keleş (2009), Türkiye'de Balcı Orman İşletme Şefliğinde 1984-2006 yılları arasında ormanların toplam biyokütle ve kütlede depolanan karbon miktarlarını incelemişlerdir. Veri olarak ilgili orman işletme şefliğinin amenajman planlarını kullanmışlardır. Biyokütle ve karbon hesaplamalarında, şeflikte dağılış gösteren ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır. İhtiyaç duyulan veri tabanı kurulumu, sorgulama, analiz ve sunumlar CBS ile yapılmıştır.

Li vd. (2010), Güney Kore'de tüm orman ekosistemlerini kapsayacak şekilde, 1954-2007 yılları arasında orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarı değişimini analiz etmişlerdir. Çalışmada, hem ulusal orman envanteri hem de doğrudan arazi ölçümleri

sonucu elde edilen verileri temel altlık olarak kullanmışlardır. Biyokütle ve karbon hesabında ağaç türleri için geliştirilmiş denklemlerden faydalanmışlardır.

Kauppi vd. (2010), Finlandiya'da yaklaşık 387 km^2'lik bir orman ekosisteminde 93 yılda meydana gelen değişimleri ve bu değişimlere bağlı olarak orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarını analiz etmişlerdir. Çalışmada temel altlık olarak, ulusal orman envanteri verilerini kullanmışlardır. Ayrıca, çalışma kapsamı içerisinde yer alan belirli yıllara ait uydu görüntüleri de çalışmada altlık olarak kullanılmıştır.

Zheng vd. (2011), ABD'nin kuzeyinde yer alan orman ekosistemlerinde 1992-2001 yılları arasındaki arazi kullanım değişiklikleri ve üretim faaliyetlerinin orman ekosisteminde depolanan karbonun dinamik yapısı üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada uzaktan algılama verileri ile orman envanter verilerini temel altlık olarak kullanmışlardır. Biyokütle ve karbon hesaplamalarında çalışma alanında yer alan ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle ve karbon tablolarını kullanmışlardır.

Keleş vd. (2011), Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alan Torul Orman İşletme Müdürlüğü'nde yayılış gösteren ormanların 1984-2005 yılları arası konumsal ve zamansal değişimini analiz ederek, karbon depolama kapasitelerini belirlemişlerdir. Orman kaynaklarının konumsal ve zamansal değişiminin analizi için orman amenajman planlarından, karbon depolama miktarlarının hesaplanmasında ise biyokütle ve karbon dönüşüm faktörlerinden faydalanmışlardır. Veri tabanlarının kurulması, sorgulama, analiz ve sunum için CBS kullanmışlardır.

Sivrikaya ve Bozali (2012), Türkiye'de örnek bir planlama biriminde 1991-2002 yılları arasında topraküstü ve altı biyokütlede depolanan karbon miktarının konumsal ve zamansal değişimini analiz etmişlerdir. Gerekli veri tabanı kurulumu, sorgulama, analiz ve sunum için CBS'den faydalanmışlardır. Biyokütle ve karbon hesabında ilgili ağaç türleri için geliştirilmiş dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır.

Sivrikaya vd. (2013), Türkiye'de örnek bir planlama biriminde, 1991-2002 yılları arasında arazi kullanımında meydana gelen değişiklikleri analiz etmişler ve bu

değişikliklerin orman ekosisteminde depolanan karbon miktarı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada orman envanter verileri temel altlık olarak kullanılmış, biyokütle ve karbon hesaplamalarında ilgili ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle ve karbon dönüşüm faktörlerinden faydalanmışlardır.

Cartisano vd. (2013), İtalya'da kavak ağacının hakim olduğu bir su kenarı ormanında, topraküstü biyokütle potansiyelinin 1989-2006 yılları arasındaki potansiyel değişimini incelemişlerdir. Çalışmada yersel tarama verileri ile envanter verilerinden faydalanmışlardır. Topraküstü biyokütle tahmininde, ilgili ağaç türü için geliştirilmiş biyokütle denklemlerini kullanmışlardır.

Zhang vd. (2014), Çin'de ibreli ağaçların hakim olduğu orman ekosistemlerinde, 1989-2008 yılları arasında depolanan karbon miktarını analiz etmişlerdir. Çalışmada orman envanter verileri ile ilgili ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle ve karbon dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır. Ayrıca çalışmada, bu ormanlarda uygulanan silvikültürel müdahalelerin biyokütle ve karbon miktarı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Durkaya vd. (2014), Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kumluca, sökü ve Ardıç Orman İşletme Şefliklerini kapsayan bir alanda, 1985-2011 yılları arasındaki arazi kullanım değişiklikleri ve karbon stok değişimlerini incelemişlerdir. Temel veri olarak ilgili orman işletme şefliklerinin 1985, 2001 ve 2001 amenajman planlarından yararlanmışlardır. Ayrıca karbon stok değişimlerini hem biyokütle dönüşüm faktörleri hem de biyokütle denklemleri ile hesaplayarak arasındaki farkları ortaya koymuşlardır. Çalışmada coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanmışladır.

Li vd. (2016), Çin'in geneli için 1977-2008 sürekli ve geçici deneme alanı verilerinden oluşan orman envanteri verileri kullanarak orman ekosistemlerinin yapı ve kuruluşunun konumsal ve zamansal değişimini analiz etmişlerdir. Aynı zamanda orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarını da orman ekosistemlerine meydana değişimlere göre tartışmışlardır. Orman biyokütle hesabı ve biyokütlede depolanan karbon miktarının hesaplanmasında biyokütle dönüşüm faktörleri kullanmışlardır.

Keleş (2016), Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alan Uğurlu OİŞ sınırları içerisinde yayılış gösteren sarıçam ormanlarının 2009 yılı orman amenajman verilerinden faydalanarak, topraküstü biyokütle miktarlarını, ilgili ağaç türü için belirlenmiş biyokütle dönüşüm faktörleri ve biyokütle denklemlerine göre hesaplamış ve her iki yöntemi kıyaslamıştır. Çalışmanın yürütülmesinde CBS araç olarak kullanılmıştır.

Durkaya vd. (2017), biyokütle denklemleri ve biyokütle dönüşüm faktörleri kullanarak, Kurucaşile Orman İşletme Şenliği'ndeki ormanların biyokütle var karbon stok miktarlarını belirlemişlerdir. Veri olarak ilgili işletme şefliğinin son dönem amenajman planını kullanmışlardır. Sorgulama, analiz ve sunumların yapılmasında coğrafi bilgi sistemlerinden faydalanmışlardır. Daha sonra bu iki yöntem arasındaki farklılıkları tartışmışlardır.

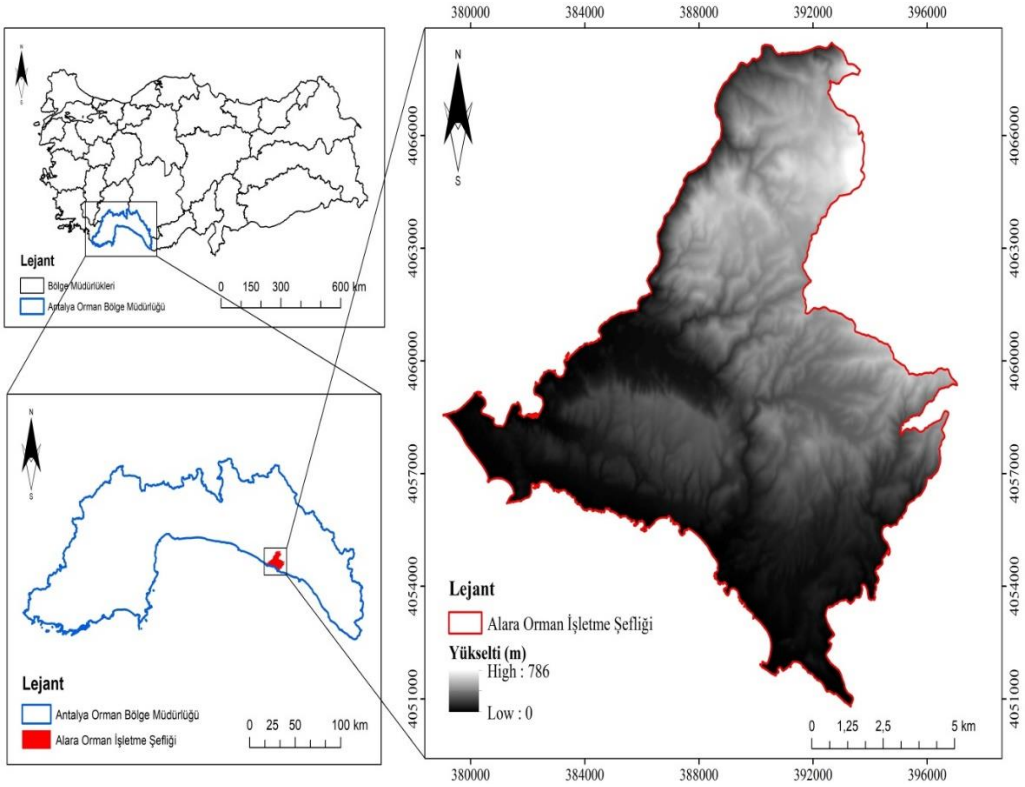
Keleş ve Durusoy (2017), dört OİŞ'nden oluşan Gölyaka Orman İşletme Müdürlüğünde yürüttükleri çalışmada, orman ekosistemlerinin toplam biyokütle miktarlarının 1986-2011 yılları arası zamansal değişimini analiz etmişlerdir. Biyokütle miktarlarının hesaplanmasında ilgili müdürlük içerisinde yayılış gösteren ağaç türleri için belirlenmiş biyokütle dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır. Veri tabanı kurulumu, sorgulama, analiz ve sunum için CBS'den faydalanmışlardır.

Durkaya *vd*. (2017) Türkiye'de Bolu yöresinde yer alan Sarıalan OİŞ sınırları içerisinde yer alan ormanların karbon stok değişimini analiz etmişlerdir. Biyokütle ve karbon miktarlarının hesaplanmasında farklı biyokütle ve karbon dönüşüm faktörlerini kullanmışlardır. İlgili OİŞ'nin orman amenajman planı, veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışma alanı tanıtımı

Çalışma alanı, günümüzde Avsallar ve Alara Orman İşletme Şeflikleri olarak gösterilen 2017 yılında Alara Orman İşletme Şefliği adı altında birleşik olarak planlanmış bölgedir. Antalya ili, Alanya ilçesi sınırları arasında kalmaktadır. İdari açıdan Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Alanya Orman İşletme Müdürlüğüne bağlıdır. Coğrafi olarak ülkemizin Akdeniz Bölgesinde kalmaktadır. Ekvatora göre; 36° 00' 32" - 36° 45' 21" kuzey enlemleri, Greenwich'e göre; 31° 38' 47" - 31° 50' 52" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Çalışma alanı; 1/25.000 ölçekli Alanya O27 b4, Alanya O27 c1, Alanya O27 c4 ve Alanya O27 d2 paftaları içerisinde kalmaktadır. Çalıma alanının en yüksek rakımlı yeri; şefliğin kuzey doğusunda bulunan Gaca T. 788 m'dir. En düşük rakımlı yeri ise 0 m ile Akdeniz sahil şeridir. Asli ağaç türü kızılçam olmakla birlikte, 2018 yılı orman amenajman planı verilerine göre kısmi olarak fıstık çamı ve kızılçam ağırlıklı makilik alanlar planlama biriminde yer almaktadır.



Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu

3.2 Verilerin elde edilmesi

Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Alanya Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Alara Orman İşletme Şefliği (Planlama Birimi) çalışma alanı olarak seçilmiştir. Alan seçiminde, ilgili planlama biriminin sayısal altlılarının (orman amenajman tabloları, meşcere haritaları, orman fonksiyon haritaları, eş yükselti eğrileri vs.) ilgili Kamu Kurumlarında kısmen de olsa hazır olarak bulunması ve kolayca elde edilebilir olması belirleyici unsur olmuştur. Planlama biriminin son üç döneme (1997, 2008 ve 2018) orman amenajman planları CBS ortamında sayısallaştırılıp konumsal veri tabanı kurulmuştur. Planlama birimindeki orman ekosisteminin yapı ve kuruluşu (arazi kullanımı, yaş sınıfları, ağaç türü karışımı, kapalılık, gelişim çağları vs.) ortaya konulmuştur. Bu aşamada amenajman planlarında yer alan aktüel kuruluş ile ilgili tablolar ve meşcere haritalarından faydalanılmıştır. Her türlü sayısallaştırma, sorgulama, analiz ve haritalama işlerinde ArcGIS Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında veri tabanı kurulurken, yaş sınıfı dağılımı, gelişim çağları ve kapalılık sınıfları belirlenirken orman amenajman yönetmeliğine uygun olarak aşağıdaki Çizelge 3.1 Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3 de verilen veri/bilgilerden faydalanılmıştır.

Çizelge 3.1 Meşcere gelişim çağları

Aynı Yaşlı Ormanlarda	
Gelişim Çağı	Açıklama
a	1,30 m. çapları 7,9 cm'ye kadar olanlar "gençlik ve sıklık"
b	1,30 m. çapları 8,0-19,9 cm arasındakiler "sırıklık ve direklik"
c	1,30 m. çapları 20,0-35,9 cm arasındakiler "ince ağaçlık"
d	1,30 m. çapları 36,0-51,9 cm arasındakiler "orta ağaçlık"
e	1,30 m. çapları 52 cm ve daha kalın çaplı ağaçlar "kalın
0	ağaçlık"
	Boş veya boşaltılmış orman alanı

Çizelge 3.2 Meşcere kapalılık sınıfları

Kapalılık Sınıfları	Açıklama
B veya 0	%1- 10 kapalılıktaki meşcereler, ağaç türü sembolünün önüne konulan "B" harfi ile tanımlanır. (Boşluklu kapalı meşcereler)
1	%11–40 kapalılıktaki meşcereler, gelişme çağı sembollerinin sonuna konulan "1" rakamı ile tanımlanır. (Gevşek kapalı meşcereler)
2	%41–70 kapalılıktaki meşcereler, gelişme çağı sembollerinin sonuna konulan "2" rakamı ile tanımlanır. (Orta kapalı meşcereler)
3	%71–100 kapalılıktaki meşcereler, gelişme çağı sembollerinin sonuna konulan "3" rakamı ile tanımlanır (Tam kapalı meşcereler)

Çizelge 3.3 Meşcere yaş sınıfları

Yaş Sınıfı	Açıklama
I	Uzun idare süreli ağaç türlerinde 0–20, kısa idare süreli ağaç türlerinde 0–10
II	Uzun idare süreli ağaç türlerinde 21–40, kısa idare süreli ağaç türlerinde 11–20
III	Uzun idare süreli ağaç türlerinde 41–60, kısa idare süreli ağaç türlerinde 21–30
IV	Uzun idare süreli ağaç türlerinde 61–80, kısa idare süreli ağaç türlerinde 31–40
V	Uzun idare süreli ağaç türlerinde 81–100, kısa idare süreli ağaç türlerinde 41–50
VI	Uzun idare süreli ağaç türlerinde 101–120, kısa idare süreli ağaç türlerinde 51–60
VI+	Uzun idare süreli ağaç türlerinde >121, kısa idare süreli ağaç türlerinde >61

3.3 Biyokütle ve karbon depolama miktarlarının hesaplanması

Konumsal veri tabanının kurulmasından sonra, öncelikle orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarları sayısal olarak tahmin edilmiştir. Bilindiği üzere orman ekosistemleri karbonu temel olarak biyokütleleri ve topraklarında biriktirmektedir. Bunlar ise topraküstü biyokütle, toprakaltı biyokütle, ölü örtü, dikili kuru, toprak organik ve inorganik maddesinde biriktirilen karbon olarak alt bileşenlere ayrılmaktadır (Brown *et al*. 1999, Brown and Lugo 2002).

Bu çalışmada ise sadece topraküstü ve toprakaltı ağaç biyokütleleri hesaplanmıştır. Topraküstü ve toprakaltı biyokütlelerin hesaplanmasında ise farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Bunlar: Ülkemizde biyokütle tahminine yönelik yapılmış bilimsel çalışmaları esas alarak, Tolunay (2011) ve (2013) tarafından ağaç türü düzeyinde geliştirilmiş "Biyokütle Dönüşüm/Genişletme Faktörleri" kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre, kızılçam ağaç türü için belirlenmiş fırın kurusu ağırlık katsayısı 0,478, biyokütle genişletme faktörü 1,287 kullanılmıştır. Toprakaltı biyokütle ise, toprak üstü biyokütle <50 (t/ha) ise 0,40, 50-150 (t/ha) ise 0,29 ve >150 (t/ha) ise 0,20 olarak alınmıştır. Karbon içeriği ise 0,51 katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Yine planlama biriminde yer alan kızılçam ağaç türü için ülkemizde Yılmaz (2015) tarafından geliştirilmiş olan topraküstü biyokütlenin belirlenmesine yönelik regresyon denklemi bu çalışma kapsamında biyokütle tahmininde kullanılmıştır. İlgili denklem aşağıda verilmiştir.

$Y=1,467 \times d^{1,681}$

Burada; Y: tüm ağacın gövde ve kabuk ağırlıkları (kg), d: göğüs çapına (cm) karşılık gelmektedir.

3.4 Verilerin analiz ve sunumu

Tez çalışmasında öncelikle farklı planlama dönemleri için kurulmuş konumsal veri tabanından faydalanmak suretiyle, üç plan dönemi (1997, 2008 ve 2018) için çalışma alanının arazi kullanım değişimi ve özellikle orman yapı ve kuruluşundaki değişimler grafik, tablo ve haritalarla ortaya konulmuştur. Yine üç plan dönemi için orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının zamansal değişimi, orman yapı ve kuruluşunda meydana gelen zamansal değişim kapsamında, analiz edilmiştir. Bir sonraki aşamada, farklı biyokütle tahmin yöntemlerine göre çalışma alanının ağaç biyokütlesinde depolanan karbon miktarlarının karşılaştırması yapılmıştır. Veri analiz ve sunum aşamalarında çoğunlukla coğrafi bilgi sistemlerinden yararlanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgular ortaya konulurken, öncelikle planlama biriminin üç plan dönemine ilişkin konumsal ve zamansal değişimi arazi kullanımı, yaş sınıfları değişimi, gelişim çağları değişimi, kapalılık değişimi, ağaç serveti ve ağaç serveti artımının değişimi kapsamında incelenecektir. Daha sonra yine üç plan dönemi için orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarlarının zamansal değişimi belirlenip, hem arazi kullanımı hem de orman yapı ve kuruluşunda meydana gelen değişikliklerin etkileri kapsamında analiz edilecektir. Son olarak 2018 yılı amenajman planı verileri kapsamında, orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarı farklı biyokütle yöntemlerine göre karşılaştırılacaktır. Diğer taraftan, elde edilen bulgular yapılan literatür çalışmaları ile tartışılacaktır.

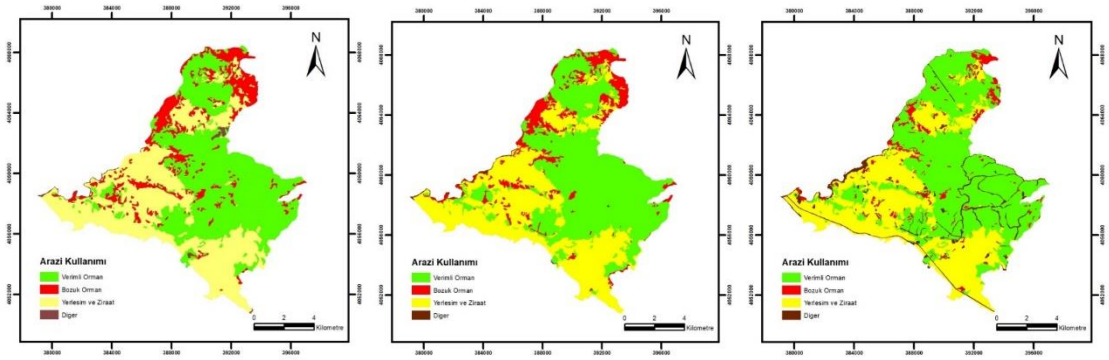
4.1 Bulgular

4.1.1 Planlama biriminin arazi kullanımında meydana gelen değişim

Planlama biriminin üç döneme ilişkin arazi kullanım türlerinin konumsal değişimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Diğer taraftan planlama biriminin 1997-2018 yılları arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.1'de sayısal olarak verilmiştir. Planlama biriminin 1997–2008 yılları arasındaki yıllık ormanlaşma yüzdesi 0.18, yıllık ortalama orman artışı ise 14,3 ha olarak gerçekleşmiştir. Planlama biriminin 2008–2018 yılları arasındaki yıllık ormansızlaşma yüzdesi 0,44, yıllık ortalama orman azalışı ise 33,1 ha olarak gerçekleşmiştir. Planlama biriminin 1997–2018 yılları arasındaki yıllık ormansızlaşma yüzdesi 0,11, yıllık ortalama orman azalışı ise 8,3 ha olarak gerçekleşmiştir Puyravaud (2003).

1997-2018 yılları arasında toplam ormanlık alanda kısmen bir azalma meydana gelmesine rağmen, verimli orman alanında belirgin bir artışın (1997 yılında 5823 hektardan 2018 yılında 6698 hektara) olduğu gözlenmiştir. Planlama biriminde yerleşim ve ziraat alanı miktarı, 1997'de 5062 hektardan 2018 yılında 4719 hektara düşmüştür. Diğer alan olarak belirtilen ve içerisinde enerji nakil hatları, mezarlık, kumul alan ve yangın durdurma zonu

gibi alanların toplamı son plan dönemi olan 2018 yılında belirgin bir artış göstermiştir. 1997 yılında diğer alan olarak belirtilen bu alanların toplamı, planlama biriminin toplam alanı içerisindeki payı %0,8 iken 2018 yılında %4,9'a çıkmıştır. Planlama biriminin arazi kullanım türlerinde zamansal olarak meydana gelen geçişler Çizelge 4.2'de sayısal olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde özellikle bozuk orman alanlarından verimli orman alanlarına önemli miktarda bir geçişin (1997-2018 yılları arasında 1049 ha) olduğu görülmektedir.



(a) **(b)** **(c)**

Şekil 4.1 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki arazi kullanımı

Çizelge 4.1 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası ormanlık ve ormansız alanlarındaki zamansal değişimi

Arazi Kullanımları		**1997**		**2008**		**2018**	
		(ha)	**%**	**(ha)**	**%**	**(ha)**	**%**
Ormanlık Alan	Bozuk Orman	1695	13,4	1327	10,5	646	5,1
	Verimli Orman	5823	45,9	6348	50,0	6698	52,8
	Toplam	7518	59.3	7675	60,5	7344	57,9
Ormansız Alan	Yerleşim ve Ziraat	5062	39,9	4937	38,9	4719	37,2
	Diğer (Su, Kum vs)	105	0,8	73	0,6	622	4,9
	Toplam	5167	40,7	5011	39,5	5341	42,1
Genel Toplam		12685	100	12685	100	12685	100

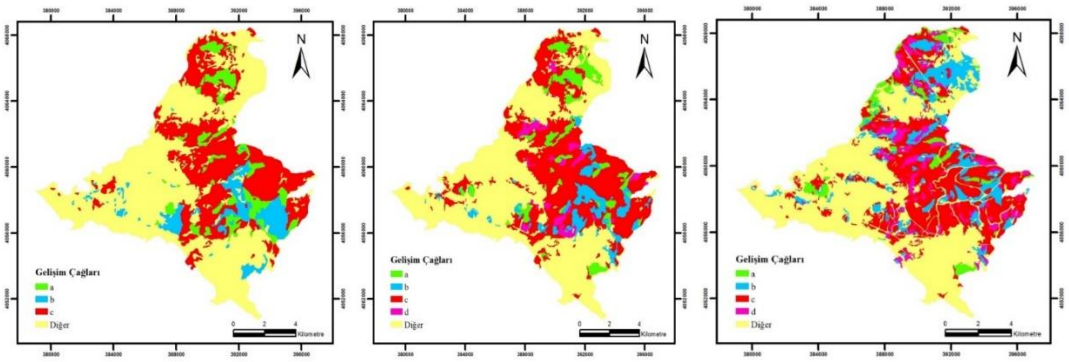
Çizelge 4.2 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arasında arazi kullanım sınıflarında meydana gelen geçişler

		2008				Toplam
		VO	BO	YZ	D	
1997	VO	5533	129	156	5	5823
	BO	531	988	174	2	1695
	YZ	238	205	4599	21	5062
	D	46	5	9	45	105
	Toplam	6348	1327	4938	73	12685
		2018				
2008	VO	5826	121	100	301	6348
	BO	711	414	102	100	1327
	YZ	157	108	4503	170	4938
	D	4	3	15	51	73
	Toplam	6698	646	4719	622	12685
		2018				
1997	VO	5266	100	161	296	5823
	BO	1049	373	211	62	1695
	YZ	364	145	4336	220	5062
	D	22	28	11	44	105
	Toplam	6698	646	4719	622	12685

Burada VO: Verimli Orman, BO: Bozuk Orman, YZ: Yerleşim ve Ziraat, D: Diğer (Enerji Hatları, Mezarlık, Su, İzin Verilmiş Alanlar, Kumul Alan, Yangın Durdurma Zonu gibi alanları ifade etmektedir)

4.1.2 Planlama biriminin gelişme çağlarında meydana gelen değişim

Planlama biriminin üç döneme ilişkin gelişim çağlarının konumsal değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Diğer taraftan planlama biriminin 1997-2018 yılları gelişim çağlarında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4,3'de sayısal olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 1997 yılında planlama biriminde "d" gelişim çağında hiç alan bulunmamasına rağmen 2018 yılında bu çağda alan miktarı 981 hektara çıkmıştır. "d" çağında meydana gelen bu artışın en önemli nedeni ise "c" çağındaki meşcerelerin (yaklaşık 769 ha) bir sonraki plan periyodunda "d" gelişim çağına geçmesi olarak değerlendirilebilir (Çizelge 4.4).



(a) **(b)** **(c)**

Şekil 4.2 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki gelişim çağları dağılımı

Çizelge 4.3 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası gelişme çağları itibariyle alansal dağılımı

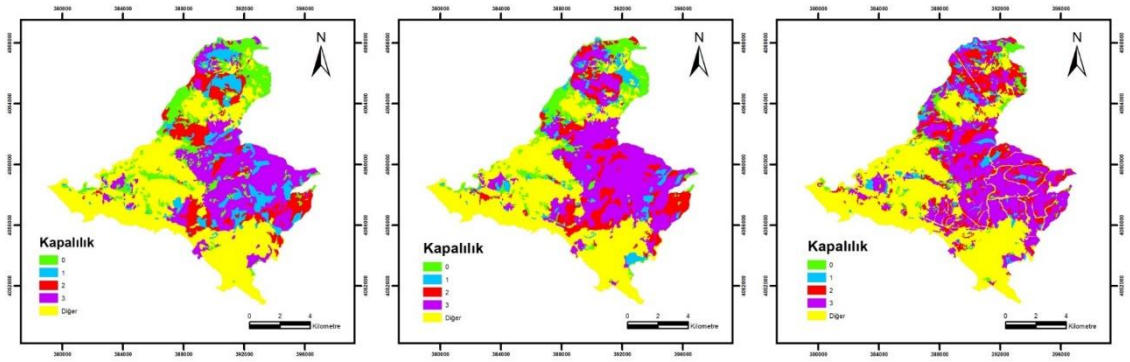
Gelişme Çağları	**1997**		**2008**		**2018**	
	(ha)	**%**	**(ha)**	**%**	**(ha)**	**%**
a	978	7,7	906	7,1	567	4,5
b	985	7,8	802	6,3	1520	12,0
c	3861	30,4	4230	33,3	3630	28,6
d	0	0	410	3,2	981	7,7
Toplam	5824	45,9	6348	50	6698	52,8
Çağı Olmayan Topl.	6861	54,1	6337	50	5987	47,2
Genel Toplam	12685	100	12685	100	12685	100

Çizelge 4.4 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arasında gelişme çağları itibariyle meydana gelen geçişler

		2008					Toplam
		a	b	c	d	Diğer	
1997	a	449	392	101	5	31	978
	b	131	233	509	45	67	985
	c	128	59	3160	333	181	3861
	d	0	0	0	0	0	0
	Diğer	202	118	467	28	6046	6861
	Toplam	909	802	4233	411	6330	12685
		2018					
2008	a	104	625	77	13	87	906
	b	4	308	397	11	81	801
	c	167	267	2675	789	321	4229
	d	27	9	231	111	33	411
	Diğer	265	311	250	57	5464	6340
	Toplam	567	1520	3630	981	5987	12685
		2018					
1997	a	6	612	243	20	97	978
	b	67	77	599	85	157	985
	c	192	327	2270	769	303	3861
	d	0	0	0	0	0	0
	Diğer	304	534	518	106	5402	6861
	Toplam	568	1521	3630	980	5986	12685

4.1.3 Planlama biriminin meşcere kapalılığında meydana gelen değişim

Planlama biriminin üç döneme ilişkin meşcere kapalılığının konumsal değişimi Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Diğer taraftan planlama biriminin 1997-2018 yılları meşcere kapalılığında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.5'de sayısal olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, "0" kapalı alan miktarı 1997'de 1697 ha iken 2018 yılında 646 hektara düşmüştür. Diğer taraftan "3" kapalı meşcerelerin toplam alan miktarının payı 1997 yılında %25 düzeyinde iken 2018 yılında %33'e çıkmıştır. "3" kapalı alan miktarındaki artış, özellikle bozuk orman alanlarından olmak üzere tüm kapalılık sınıflarından meydana gelen önemli düzeydeki geçişlerle açıklanabilmektedir (Çizelge 4.6).



(a) **(b)** **(c)**

Şekil 4.3 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki meşcere kapalılığı

Çizelge 4.5 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası kapalılık itibariyle alansal dağılımı

Kapalılık Sınıfları	1997		2008		2018	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
0	1697	13,4	1327	10,5	646	5,1
1	1194	9,4	693	5,5	559	4,4
2	1464	11,6	1662	13,1	1923	15,2
3	3165	25,0	3992	31,5	4217	33,2
Toplam	7520	59,3	7674	60,5	7345	57,9
Kapalılığı Olmayan	5165	40,7	5011	39,5	5340	42,1
Genel Toplam	12685	100	12685	100	12685	100

Çizelge 4.6 Planlama biriminin 1997–2018 yılları kapalılıkta meydana gelen geçişler

		2008					Toplam
		0	1	2	3	Diğer	
1997	0	998	227	125	169	179	1697
	1	26	147	86	897	39	1194
	2	43	105	763	505	49	1464
	3	50	158	632	2249	77	3165
	Diğer	209	60	56	178	4662	5165
	Toplam	1327	694	1662	3993	5009	12685
		2018					
2008	0	418	97	289	336	187	1327
	1	47	102	254	237	54	694
	2	27	150	470	906	109	1662
	3	47	175	843	2689	238	3992
	Diğer	107	35	67	51	4750	5010
	Toplam	646	559	1923	4218	5340	12685
		2018					
1997	0	394	137	378	533	255	1697
	1	37	54	416	591	93	1194
	2	41	108	444	768	103	1464
	3	22	206	523	2154	260	3165
	Diğer	151	54	163	171	4626	5165
	Toplam	646	559	1924	4217	5339	12685

4.1.4 Planlama biriminin yaş sınıflarında meydana gelen değişim

Planlama biriminin 1997-2018 yılları yaş sınıfları dağılımında meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.7'de sayısal olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, planlama biriminin yaş sınıflarında plan dönemlerine bağlı olarak oldukça farklılıklar görülmektedir. 1997 yılında planlama biriminde özellikle VI. yaş sınıfında büyük bir miktar alan varken, 2018 yılında yaş sınıflarına dağılım belirli oranlarda dağılım göstermiştir. Çizelgede en göze çarpan ise, 1997 yılına göre 2018 yılında yaş sınıfı hesaplanan alan miktarının daha fazla (1997 yılında 5803 ha 2018 yılında 6698 ha) olduğudur.

Çizelge 4.7 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası yaş sınıfları itibariyle alansal dağılımı

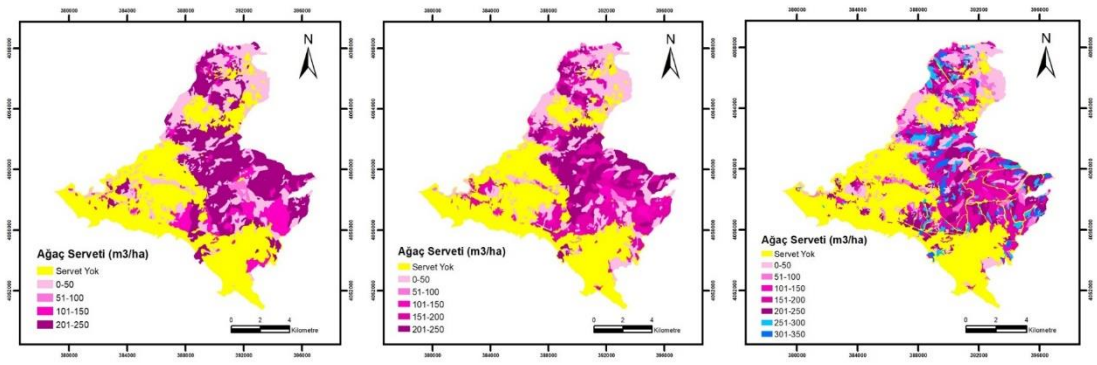
Yaş Sınıfları	1997		2008		2018	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
I	988	7.8	374	3,0	569	4,5
II	0	0	973	7,7	758	6,0
III	100	0.8	40	0,3	1217	9,6
IV	1092	8.6	86	0,7	1070	8,4
V	318	2.5	867	6,8	749	5,9
VI	3326	26.1	276	2,2	646	5,1
VII	0	0	2047	16,1	1011	8,0
VIII	0	0	1521	12,0	678	5,3
IX	0	0	127	1,0	0	0
X	0	0	38	0,3	0	0
Toplam	5803	45.8	6332	50,0	6698	52.8
Yaş Sınıfı Olmayan	6861	54.2	6337	50,0	5987	47.2
Genel Toplam	12685	100	12685	100	12685	100

4.1.5 Planlama biriminin ağaç servetinde meydana gelen değişim

Planlama biriminin 1997-2018 yılları ağaç serveti dağılımı, sınıflandırılmış olarak Çizelge 4.8'de sayısal olarak verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere, 1997 plan dönemi ile kıyaslandığında, 2008 ve 2018 yılında hektardaki serveti yüksek olan alan miktarlarında bir artışın olduğu görülmektedir. Hem ağaç serveti hem de ağaç serveti artımı orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının tayininde oldukça önemli parametreler olarak ortaya çıkmaktadır. Planlama biriminin farklı dönemlere ilişki ağaç serveti sıklık dağılımı Şekil 4.4'de konumsal olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 Planlama biriminin 1997–2018 yılları sınıflandırılmış ağaç servetinin alansal dağılımı

Ağaç Serveti (m^3/ha)	Alara Planlama Birimi		
	1997	**2008**	**2018**
Serveti Olmayan	5167	5010	5340
0–50	2672	2682	1764
51–100	130	368	659
101–150	1125	420	645
151–200	0	2230	2007
201–250	3591	1975	1385
251–300	0	0	550
301–350	0	0	334
TOPLAM ALAN (ha)	12685	12685	12685



(a) **(b)** **(c)**

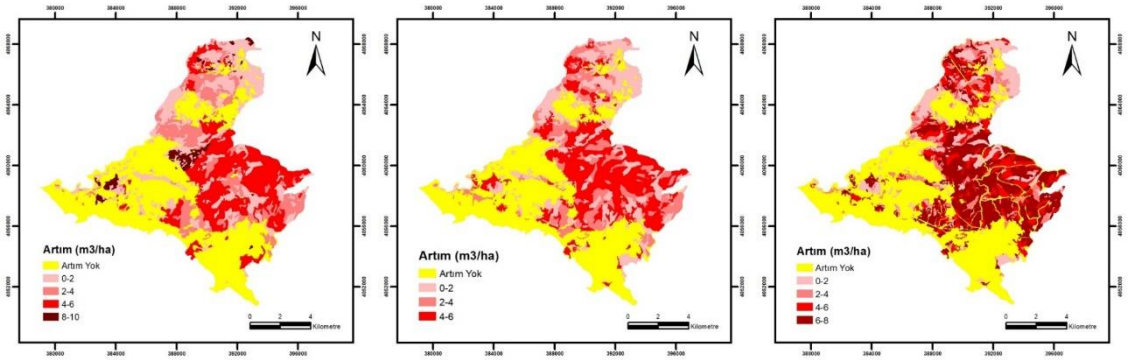
Şekil 4.4 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki sınıflandırılmış ağaç serveti dağılımı

4.1.6 Planlama biriminin ağaç serveti artımında meydana gelen değişim

Planlama biriminin 1997-2018 yılları ağaç serveti artımının dağılımı, sınıflandırılmış olarak Çizelge 4.9'da sayısal olarak verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere, 1997 plan dönemi ile kıyaslandığında, 2018 yılında hektardaki artımı yüksek olan alan miktarlarında önemli bir artışın (yıllık hektardaki artımı 6-8 m^3 olan alan miktarı 3118 ha) olduğu görülmektedir. Hem ağaç serveti hem de ağaç serveti artımı orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının tayininde oldukça önemli parametreler olarak ortaya çıkmaktadır. Planlama biriminin farklı dönemlere ilişki ağaç serveti artımının sıklık dağılımı Şekil 4.5'de konumsal olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 Planlama biriminin 1997–2018 yılları sınıflandırılmış ağaç serveti artımının alansal dağılımı

Artım (m^3/ha/yıl)	Alara Planlama Birimi		
	1997	**2008**	**2018**
Artımı Olmayan	5167	5010	5340
0–2	2672	2682	1760
2–4	1781	1904	913
4–6	2746	3088	1554
6–8	0	0	3118
8-10	309	0	0
TOPLAM ALAN (ha)	12685	12685	12685



(a) **(b)** **(c)**

Şekil 4.5 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki sınıflandırılmış ağaç serveti artımı dağılımı

4.1.7 Planlama biriminin orman biyokütlesinde meydana gelen değişim

Planlama biriminde 1997 yılında topraküstü ve toprakaltı toplam biyokütle miktarı 776210 ton olarak hesaplanmıştır. 2008 yılında toplam biyokütle 1997 yılına göre %0.8 oranında azalış göstermesine rağmen, 2018 yılında 1997 yılına göre %10 civarında bir artış göstermektedir. Orman biyokütle bileşenleri farklı dönemlere göre Çizelge 4.10'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Çizelge 4.11'de ise planlama biriminin 1997–2018 yılları arası toplam biyokütle sıklık dağılımı sayısal olarak verilmiştir.

Çizelge 4.10 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyokütle miktarları (ton)

Plan Dönemi	Topraküstü Biyokütle	Toprakaltı Biyokütle	Toplam Biyokütle
1997	600641	175569	776210
2008	595711	174545	770256
2018	684987	169100	854088

Çizelge 4.11 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası toplam biyokütle sıklık dağılımı

Toplam Biyokütle (ton/ha)	Alara Planlama Birimi		
	1997	**2008**	**2018**
0–50	2802	2767	2006
51–100	270	340	914
101–150	855	370	2155
151–200	3591	4198	1935
201–250	0	0	0
251–300	0	0	334
Diğer	5167	5010	5340
TOPLAM	**12685**	**12685**	**12685**

4.1.8 Planlama biriminin orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarında meydana gelen değişim

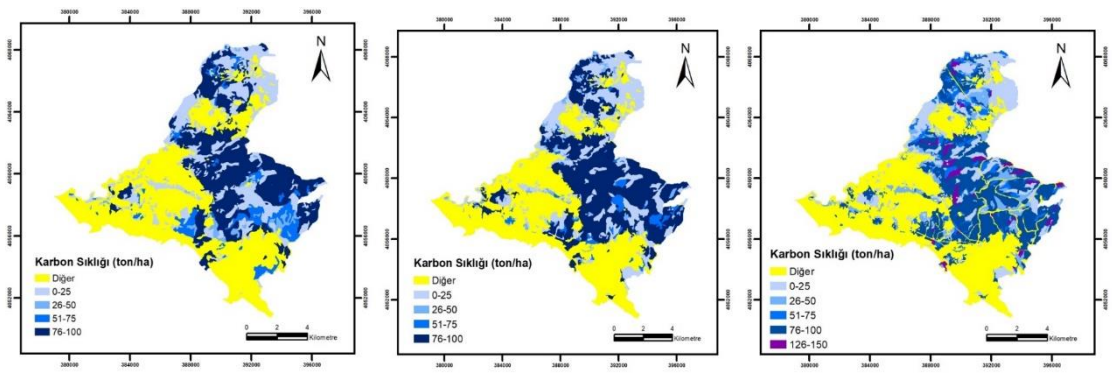
Planlama biriminde 1997 yılında topraküstü ve toprakaltı toplam biyokütlede depolanan karbon miktarı 395867 ton olarak hesaplanmıştır. 2008 yılında toplam karbon miktarı 1997 yılına göre %0,8 oranında azalış göstermesine rağmen, 2018 yılında 1997 yılına göre %10 civarında bir artış göstermektedir. Topraküstü ve toprakaltı biyokütlede depolanan karbon miktarları farklı dönemlere göre Çizelge 4.12'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Çizelge 4.13'de ise planlama biriminin 1997–2018 yılları arası toplam biyokütlede depolanan karbonun sıklık dağılımı sayısal olarak verilmiştir. Orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının daha iyi anlaşılabilmesi için oluşturulmuş karbon sıklık dağılımı haritası Şekil 4.6'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.12 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası topraküstü ve toprakaltı biyokütlede depolanan karbon miktarı (ton)

Plan Dönemi	Topraküstü Karbon	Toprakaltı Karbon	Toplam Karbon
1997	306327	89540	395867
2008	303813	89018	392831
2018	349343	86241	435585

Çizelge 4.13 Planlama biriminin 1997–2018 yılları arası biyokütlede depolanan karbon sıklık dağılımı

Toplam Karbon (ton/ha)	Alara Planlama Birimi		
	1997	**2008**	**2018**
0–25	2802	2767	2006
26–50	270	340	914
51–75	855	370	760
76–100	3591	4198	3330
101–125	0	0	0
126–150	0	0	334
Diğer	5167	5010	5340
TOPLAM	**12685**	**12685**	**12685**



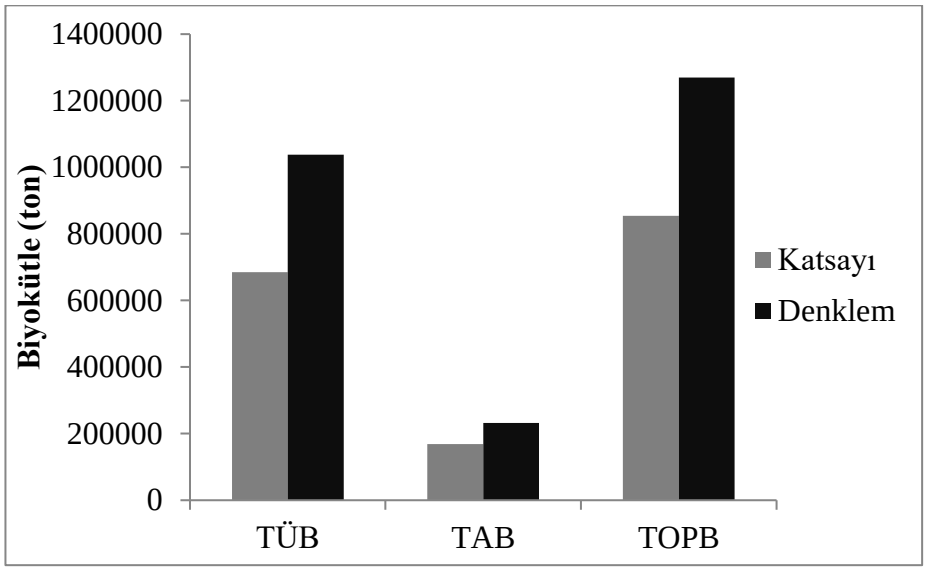
(a) **(b)** **(c)**

Şekil 4.6 Planlama biriminin a) 1997 b) 2008 ve c) 2018 yıllarındaki orman biyokütlesinde depolanan karbon sıklık dağılımı

4.1.9 Farklı biyokütle yöntemleri karbon depolama miktarları karşılaştırılması

2018 yılı orman amenajman planı verilerine göre biyokütle dönüşüm faktörleri ile hesaplanan karbon miktarı ile envanter verilerine dayalı biyokütle denklemine göre hesaplanan karbon miktarı bu kapsamda ortaya konulmuş ve sonuçlar sayısal olarak karşılaştırılmıştır.

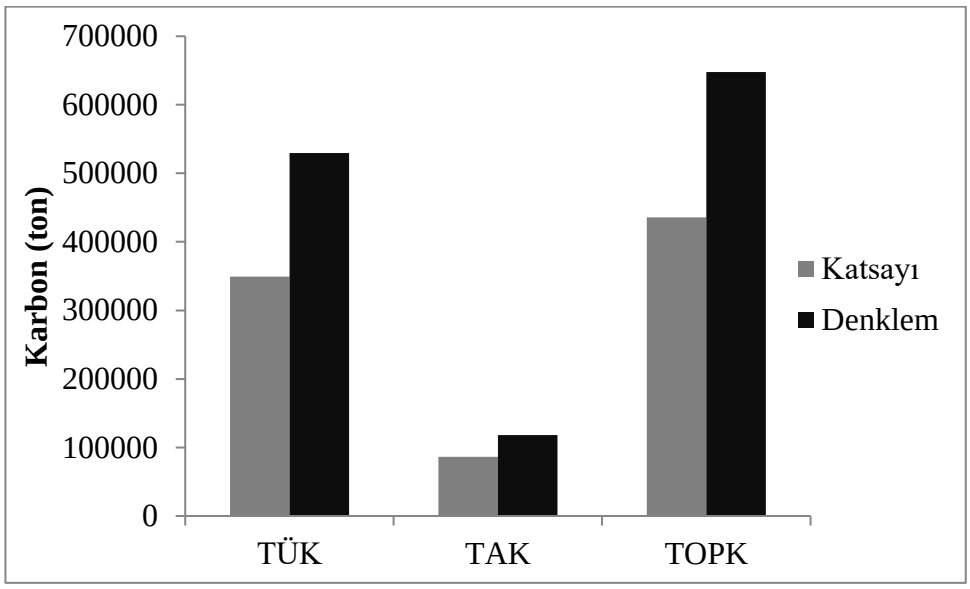
Planlama biriminin, biyokütle dönüşüm faktörlerine göre hesaplanan 2018 yılı topraküstü biyokütle miktarı 684987 ton, toprakaltı biyokütle miktarı 169100 ton olmak üzere toplam biyokütle miktarı 854088 ton olarak bulunmuştur. Planlama biriminde yer alan asli ağaç türü olan kızılçam için geliştirilmiş biyokütle denklemine göre ise topraküstü biyokütle miktarı 1038162 ton, toprakaltı biyokütle miktarı 231810 ton ve toplam biyokütle miktarı ise 1269982 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.7). İki yöntem kıyaslandığında, biyokütle denkleminin, biyokütle dönüşüm faktörlerine göre planlama birimindeki biyokütle miktarını daha yüksek verdiği görülmüştür.



Şekil 4.7 Planlama biriminin farklı biyokütle yöntemlerine göre hesaplanan biyokütle miktarları

Planlama biriminin, biyokütle dönüşüm faktörlerine göre hesaplanan 2018 yılı topraküstü biyokütlede depolanan karbon miktarı 349343 ton, toprakaltı biyokütlede depolanan karbon miktarı 86241 ton olmak üzere toplam biyokütlede depolanan karbon miktarı

435585 ton olarak bulunmuştur. Planlama biriminde yer alan asli ağaç türü olan kızılçam için geliştirilmiş biyokütle denklemine göre ise topraküstü biyokütlede depolanan karbon miktarı 529462 ton, toprakaltı biyokütlede depolanan karbon miktarı 118223 ton ve toplam biyokütlede depolanan karbon miktarı ise 647682 ton olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.8). İki yöntem kıyaslandığında, biyokütle denkleminin, biyokütle dönüşüm faktörlerine göre planlama birimindeki biyokütlede depolanan karbon miktarını daha yüksek verdiği görülmüştür.



Şekil 4.8 Planlama biriminin farklı biyokütle yöntemlerine göre hesaplanan biyokütlede depolanan karbon miktarları

4.2 Tartışma

Bulgular topluca değerlendirildiğinde; 1997-2018 yılları arasında planlama biriminde toplam orman alanında az da olsa bir azalma olmasına rağmen (%2.3), bozuk orman alanlarında bir azalma(%62), verimli orman alanında bir artış (%15) ve yine yerleşim-ziraat alanlarında önemli bir azalışın (%6.8) olması, orman ekosistemi açısından önemli ve olumlu gelişmelerin olduğunu göstermektedir. Gelişim çağları açısından farklı dönemlere ilişkin veriler incelendiğinde, kalın çağlı meşcere alanlarının arttığı ("d" çağında 981 ha artış) görülmektedir. Yine gelişim çağı hesaplanan ağaç sayısı 1997'de 5824 hektardan 2018 yılında 6698 hektara çıkmıştır. Orman ekosistemi kapalılık itibariyle değerlendirildiğinde hem "2" kapalı (%31 artış) hem de "3" kapalı (%33 artış)

meşcere alanının 21 yıllık süreçte arttığı görülmektedir. Diğer taraftan ağaç serveti ve artımı da yine bu zaman sürecinde birim alana göre hesaplandığında pozitif yönde iyileşme yaptığı görülmüştür. Orman ekosistem yapı ve kuruluşunda meydana gelen bu gelişme ve iyileşmelere bağlı olarak, planlama biriminde 2018 yılında ağaç biyokütlesinde depolanan karbon miktarında, 1997 yılına göre gözle görülür bir artış olduğu ortaya çıkmıştır (%10 artış). Bu çalışma konusuna benzer literatür çalışmaları incelendiğinde de benzer sonuçların elde edildiği ve çalışmayı desteklediği görülmektedir.

Prasad vd. (2002), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, 1986-1994 yılları arasında, arazi kullanım türlerinde çok önemli değişikliklerin olduğunu saptamışlardır. Bu süreçte özellikle yoğun orman ve çalılık/makilik orman alanlarından, tarım alanlarına büyük değişim olduğunu göstermişlerdir. Bu değişimlere paralel olarak, ormanlık alanlarda depolanan karbon miktarında yaklaşık 48 milyon ton karbonun kaybolduğunu saptamışlardır. Prasad vd. (2002), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, 1996-1998 arası kısa dönemde dahi arazi kullanımında önemli değişiklikler olduğunu saptamışlardır. 1996 yılında orman ekosisteminde tutulan karbon miktarının 75975 ton olduğunu, 1998 yılında ise bu değerin 502 ton azalarak 75473 tona düştüğünü belirlemişlerdir. Woomer vd. (2004), Afrika'da Senegal'de yaptıkları çalışmada, 1965-2000 yılları arasında orman ekosisteminde depolanan karbon miktarlarında, 35 yıllık süreç içerisinde 292 milyon ton karbon azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Karbon stokunda meydana gelen azalmaların nedenleri olarak, bu süreçte orman ekosistemine uygulanan olumsuz insan müdahalesi ve yine bu süreçte yaşanan kuraklığın önemli etkenler olduğunu belirtmişlerdir.

Liu vd. (2006), ABD'de Appalachian ormanlarında 1972-2000 yılları arasını kapsayan zamansal ve konumsal analizde, orman biyokütlesinde depolanan karbonun inişli çıkışlı bir yapı sergilediği ve sonunda başlangıç dönemine göre daha az karbon tutulduğunu belirlemişlerdir. (Bonino 2006) Arjantin'de yaptığı çalışmada 30 yıllık bir süreçte arazi kullanımında çok önemli değişikliklerin olduğunu gözlemlemiştir. Bu değişim genelde çok ciddi ekolojik bozulmalarla sonuçlanmıştır. Sonuç olarak hemen bütün karbon stok elemanlarında, depolanan karbon miktarlarında çok ciddi azalmaların olduğunu saptamıştır. Sivrikaya vd. (2007) yaptıkları çalışmada, Artvin Orman İşletme Şefliğinde

yer alan ormanlarda depolanan toplam karbon miktarının, 1972-2002 yılları arası 30 yıllık süreçte yaklaşık 105000 ton arttığını bulmuşlardır. Diğer taraftan, Camili Orman İşletme Şefliğinde yer alan ormanlarda depolanan toplam karbon miktarının, 1984-2005 yılları arasını kapsayan 21 yıllık süreçte yaklaşık 22000 ton arttığını belirlemişlerdir. Her iki işletme şefliğinde, ormanlarda depolanan karbon miktarının artmasını, orman ekosistem yapı ve kuruluşunun olumlu yönde değişmesi ile açıklamışlardır.

Hu ve Wang (2008), yaptıkları çalışmada ABD Piedmont bölgesinde yer alan ormanların 1936-2005 yılları arasında hem alan olarak hem de ağaç serveti artımı itibariyle pozitif yönde değişip geliştiğini belirlemişlerdir. Orman yapı ve kuruluşundaki bu olumlu gelişmeye bağlı olarak orman ekosisteminde depolanan karbon miktarının 70 yıllık süreçte %128 oranında arttığını tespit etmişlerdir. Tommervik vd. (2009) yaptıkları çalışmada, huş ormanlarının topraküstü biyokütle miktarlarının 1957-2006 yılları arasını kapsayan 49 yıllık süreçte, iki katına çıktığını belirlemişlerdir. Böyle büyük bir artışın nedenleri olarak, üretim ormanlarının bu süreçte azalması ve dolayısıyla ağaç serveti artımının artması olarak tespit etmişlerdir. Yolasığmaz ve Keleş (2009) Türkiye'de örnek bir devlet orman işletmesinde yaptıkları çalışmada, orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarının 1984-2006 yılları arasındaki 22 yıllık süreçte, %18 oranında artış göstermiş olduğunu bulmuşlardır. Artışın nedenleri olarak, orman yapı ve kuruluşundaki iyi yöndeki gelişmelere bağlı olarak, özellikle ağaç türlerinin hektardaki ağaç serveti ve artım miktarlarının artmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Li vd. (2010), Güney Kore'de tüm orman ekosistemlerini kapsayacak şekilde yaptıkları çalışmada, 1954-2007 yılları arasında, 53 yıllık süreçte toplam orman biyokütlesi miktarının %1042, orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının %1052 oranında artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Böyle büyük bir artışın nedenleri olarak, ülkede yapılan ağaçlandırma faaliyetleri ile ormanlara uygun silvikültürel müdahalelerin uygulanması olduğunu vurgulamışlardır. Kauppi vd. (2010), Finlandiya'da belirli bir orman ekosisteminde yaptıkları çalışma sonucunda, orman ekosisteminin 93 yıllık süreçte ağaç serveti miktarının 1912'de 1.62 milyon m^3'den 2005 yılında 3.49 milyon m^3'e çıktığını tespit etmişlerdir. Orman ekosistem yapısındaki bu olumlu değişime paralel olarak,

orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarının 93 yıllık süreçte %116 olarak arttığını belirlemişlerdir.

Zheng vd. (2011), ABD'nin kuzeyinde yer alan orman ekosistemlerinde yaptıkları çalışmada 1992-2001 yıllarını kapsayan 9 yıllık süreçte, orman alanında yaklaşık 7620 km^2'lik bir azalmanın olduğu bulmuşlardır. Yani yıllık %0.13'lük bir orman kaybı belirlemişlerdir. Hem arazi kullanımı hem de üretim faaliyetlerinin orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarı üzerinde önemli etkileri olduğunu saptamışlardır. Net karbon birikiminde 9 yıllık süreçte %3 civarı bir azalma tespit etmişlerdir.

Keleş vd. (2011) yaptıkları çalışmada, 1984-2005 yılları arasında orman ekosisteminde depolanan toplam karbon miktarının %47 oranında arttığını bulmuşlardır. Bu artışın nedenleri olarak hem orman alanındaki artışa hem de ormanlık alanların yapısının (gelişim çağı, kapalılık vs.) kalite itibariyle artmasına bağlamışlardır.

Sivrikaya ve Bozali (2012) yaptıkları çalışmada, örnek planlama biriminde 1991-2002 yılları arasını kapsayan 11 yıllık süreçte, orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının yaklaşık %20 oranında arttığını bulmuşlardır. Bu artışta en önemli nedenler olarak, bozuk ormanların verimli ormana dönüşmesi ve ormanlık alanda meydana gelen artış olarak tespit etmişlerdir.

Sivrikaya vd. (2013), Türkiye'de örnek bir planlama biriminde yapmış oldukları çalışmada, 1991-2002 yılları arasını kapsayan 11 yıllık süreçte, orman alanında %2'lik bir artışın, orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarında ise %10'luk bir artışın olduğunu belirlemişlerdir.

Cartisano vd. (2013), kavak ağacının hakim olduğu su kenarı ormanında topraküstü biyokütle miktarının yaklaşık iki kat arttığını (1989'da 5945 Mg'dan 2006 yılında 11650 Mg'a) belirlemişlerdir. Bu artışın nedeni olarak, alanda kavak orman alanı miktarının 81 ha ve yıllık ortalama artım miktarının %4,6 artması olduğunu göstermişlerdir.

Zhang vd. (2014), Çin'de ibreli ağaçların hakim olduğu orman ekosistemlerinde, 1989-2008 yılları arasında, ağaç türlerinin yıllık ağaç serveti miktarında yaklaşık 20 yıllık süreçte, %4-11'lik bir artışın olduğunu belirlemişlerdir. Orman alanında ise %23'lük bir artışın olduğunu ortaya koymuşlardır. Uygulanan silvikültürel müdahalelerin biyokütle ve karbon üzerinde olumlu etkileri olduğunu ve sonuçta ormanlarda depolanan karbon miktarında 20 yıllık süreçte bir artışın olduğunu tespit etmişlerdir.

Li vd. (2016), yaptıkları çalışmada 1977-2008 yılları arası 30 yıllık süreçte hem doğal hem de plantasyon ormanlarının gerek alan gerekse ağaç serveti artımı itibariyle %40-60 arasında artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Buna bağlı olarak orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarının da yüksek miktarda arttığını ve ilerleyen yıllarda bu artışın süreceğini öngörmüşlerdir.

Keleş ve Durusoy (2017), dört OİŞ'nden oluşan Gölyaka Orman İşletme Müdürlüğünde yürüttükleri çalışmada, 1986-2011 yılları arasını kapsayan 26 yıllık süreçte, orman ekosistemlerinin toplam biyokütle miktarlarının %28 oranında artış gösterdiğini bulmuşlardır. Artışın en önemli nedenleri olarak, yıllık ormanlaşma oranında artış (%0.44), ağaç servetinde artış (%27) olarak tespit etmişlerdir.

Çalışma kapsamında planlama biriminin 2018 yılı orman amenajman planı verileri ve ilgili yıla ait envanter verileri kullanılarak, orman ekosisteminde mevcut topraküstü ve toprakaltı biyokütle ve bu biyokütlelerde depolanan karbon miktarları farklı yöntemlere göre hesaplanmış ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, biyokütle dönüşüm faktörlerinin, biyokütle denklemine göre hem biyokütle miktarında hem de bu biyokütlede depolanan karbon miktarında %48 civarında daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Bulunan bu sonuç üzerinde, yapılan literatür çalışmalarına göre bazı nedenlerin etkili olabileceği düşünülmektedir. Öncelikle biyokütle dönüşüm faktörlerinin doğası gereği olarak, meşcereler için belirlenmiş ortalama ağaç servetinin kullanılması, farklı sonuçlar elde edilmesinde etkili olmaktadır. Yani aynı meşcere tipi için tek bir ağaç serveti kullanılması biyokütle dönüşüm faktörleri ile biyokütle ve karbon hesaplamasında önemli bir eksiklik olarak görülmektedir. Diğer taraftan, biyokütle denklemlerinin geliştirilmesi için alınan örnek alan ve bu alanlardaki ağaç verilerinin de türü, sayısı ve

çeşitlilik düzeyi yine yöntemlerin farklı sonuçlar vermesinde etkili olabilmektedir. Farklı yöntemlere göre ağa. Biyokütlesi ve biyokütlede depolanan karbon miktarları üzerine bazı çalışmalar yapılmış ve bu çalışmaya benzer veya farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Durkaya vd. (2014) yaptıkları çalışmada, 1985-2011 yılları arasını kapsayan üç plan döneminde, arazi kullanım türlerinde önemli değişiklikler gözlemlemiştir. 2001 yılı plan döneminde, 1985 yılı plan dönemine göre toplam biyokütle ve karbon stok miktarında önemli bir azalış tespit edilirken, 2011 yılında ise 2001 yılındaki biyokütle ve karbon değerlerine göre bir artış belirlenmiştir. 1985-2001 yılları arasında toplam biyokütle ve karbon stok miktarlarında ise hem biyokütle modelleri hem de biyokütle dönüşüm faktörlerine göre, bir azalma olduğunu bulmuşlardır. Yine aynı çalışmada, biyokütle dönüşüm faktörleri ile hesaplanan karbon miktarının, biyokütle denklemlerine göre hesaplanan karbon miktarı değerinden yaklaşık %17 daha fazla olduğunu bulmuşlardır. (Keleş 2016) sarıçam ormanlarının hakim olduğu örnek bir devlet orman işletmesinde yapmış olduğu çalışmada, topraküstü biyokütle miktarının, biyokütle dönüşüm faktörleri kullanılarak yapılan hesaplamada, biyokütle denklemleri kullanılarak yapılan hesaplamaya göre (%16-21 oranında daha düşük) daha yüksek değerlerin bulunduğunu göstermiştir.

Durkaya vd. (2017) Türkiye'de Kurucaşile Orman İşletme Şefliği'nde yaptıkları çalışmada, orman ekosistemlerinin toplam biyokütle ve karbon miktarlarını iki farklı yönteme göre hesaplamışlar ve biyokütle denklemine göre hesaplanan değerlerin (2 milyon ton karbon), biyokütle dönüşüm faktörlerine göre hesaplanan değerlerden (1.74 milyon ton karbon) daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Durkaya vd. (2017) yaptıkları çalışmada, bir orman ekosisteminde biyokütle ve karbon depolama miktarlarının, farklı dönüşüm faktörlerine göre hesaplandığında, farklı sonuçlar verdiğini, daha gerçekçi hesaplamalar için ağaç türlerine göre geliştirilmiş biyokütle ve karbon denklemlerinin kullanılmasının uygun olacağını önermişlerdir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, öncelikle Alara Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan orman ekosisteminin hem arazi kullanım türleri hem de orman ekosisteminin yapı ve kuruluşu sayısal olarak ortaya konulmuştur. Daha sonra orman ekosistemini oluşturan ağaçların topraküstü ve toprakaltı biyokütlesi ile bu biyokütlede depolanan karbon miktarları hesaplanmıştır. Planlama biriminin 1997, 2008 ve 2018 amenajman planı verileri ile 2018 yılı envanter verileri çalışmada temel altlık olarak kullanılmıştır. Planlama biriminin amenajman plan dönemlerine bağlı olarak, arazi kullanım türleri, bazı meşcere parametreleri kapsamında orman yapı ve kuruluşu ile orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının konumsal ve zamansal değişimi analiz edilmiştir. Plan verilerinin sayısallaştırılması, veri tabanlarının kurulması, gerekli sorgulama ve analizlerin yapılması, sonuçların grafik/harita gibi formatlarda ortaya konulmasında CBS'den faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca 2018 yılı verileri kullanılarak hem biyokütle hem de biyokütlede depolanan karbon miktarları, biyokütle dönüşüm faktörleri ve biyokütle denklemlerin göre hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, planlama biriminde 21 yıllık süreçte önemli değişikliklerin olduğu görülmüştür. Arazi kullanım itibariyle, toplam orman alanında küçük bir azalma belirlenmiş, buna karşın verimli orman alanında artış ve bozuk orman alanında ise önemli azalmaların olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan orman dışı alan olarak ifade edilen yerleşim ve ziraat alanları 2018 yılında 1997 yılına göre oldukça azalmıştır. Arazi kullanım türleri arasındaki zamansal değişim incelendiğinde hem yerleşim ve ziraat hem de bozuk orman alanlarından verimli orman alanlarına önemli miktarda geçişlerin olduğu saptanmıştır.

Gelişim çağları itibariyle üç dönem plan verileri kıyaslandığında, 1997-2018 yıllarında "c" gelişim çağında hemen hemen benzer miktarda alan olmasına rağmen özellikle "b" ve "d" gelişim çağlarında önemli artışların olduğu görülmüştür. Gelişim çağlarında meydana gelen artışta, önceki plan dönemlerinde bir alt çağda yer alan meşcerelerin bir

üst çağa geçmesi ve özellikle orman dışı alanlardan orman alanlarına dönüşümün olması önemli rol oynamıştır.

Kapalılık itibariyle plan dönemleri incelendiğinde, 1997 yılına kıyasla 2018 yılında, kapalılığı "0" olan yani %10 altında kapalılığa sahip alanların azaldığı görülmüştür. Benzer şekilde "1" kapalı yani kapalılığı %11-40 arasında olan alan miktarında da önemli bir azalma olmuştur. Diğer taraftan ormanın yapı itibariyle iyiye gittiğinin önemli göstergelerinden olan "2" ve "3" kapalı yani kapalılığı %40 üstünde olan alan miktarında çok büyük artışların olduğu görülmektedir.

Benzer şekilde planlama biriminin üç plan dönemine ilişkin birim alandaki ağaç serveti ve ağaç serveti artımına ilişkin veriler değerlendirildiğinde, birim alandaki ağaç serveti ve artım değerlerine sahip alanlarda önemli artışların olduğu görülmüştür. Bu artışlara bağlı olarak orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarının 2018 yılında 1997 yılına göre önemli derecede artış gösterdiği görülmüştür.

Çalışma kapsamında, 2018 yılı amenajman planı ve o yıla ait envanter verilerine göre orman biyokütlesi ve bu biyokütlede depolanan karbon miktarları hem biyokütle dönüşüm faktörlerine hem de biyokütle denklemlerine göre hesaplanmış ve sonuçta biyokütle denklemlerinin biyokütle dönüşüm faktörlerine göre daha yüksek sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Çalışma sonuçları topluca değerlendirildiğinde, orman ekosisteminde 1997-2018 yılları arası kapsayan 21 yıllık süreçte, orman ekosistemi hem alansal olarak hem de yapı ve kuruluş itibariyle olumlu yönde gelişmiştir. Bu olumlu gelişime bağlı olarak orman biyokütlesinde depolanan karbon miktarında önemli artışlar gözlenmiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulgular, konu ile ilgili literatür çalışmaları kapsamında değerlendirildiğinde benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Orman ekosistemlerinde gerek ağaç biyokütlesi gerekse bu biyokütlede depolanan karbon miktarlarının sayısal olarak belirlenmesi ve konumsal/zamansal değişiminin analiz edilmesi son yıllarda ormancılıkla ilgili öncelikli çalışma alanları arasında yer almaktadır.

Burada, tüm dünyada en önemli ekolojik sorunlardan biri olarak bilinen iklim değişikliğinin ön plana çıkması önemli rol oynamaktadır. Çünkü orman ekosistemleri küresel ekosistemler içerisinde en önemli karbon depolama havuzlarından birini oluşturmaktadır. Orman ekosistemlerinin alanlarının artması veya yapı ve kuruluşlarının iyileşmesi ile birlikte, küresel iklim değişikliğine neden olan atmosferdeki en önemli gazlardan biri olan karbon, orman biyokütlesinde tutulmakta ve bu da iklim değişikliğini önleme ve kontrol etmede en uygun araçlardan biri olarak ön plana çıkmaktadır.

Orman ekosistemlerinin yapı ve kuruluşları ile biyokütle gibi meşcere parametrelerinin sayısal olarak hesaplanması, farklı dönem verileri kullanılarak konumsal ve zamansal değişiminin analiz edilmesinde farklı veriler kullanılabilmektedir. Örneğin bu çalışmada hem orman amenajman plan verileri hem de son plan dönemine ilişkin envanter verileri kullanılmıştır. Ancak bu tür verilerin elde edilmesi genellikle daha zor, emek isteyen, zaman isteyen ve daha masraflı süreçleri gerektirmektedir. Bu kapsamda bu tür çalışmaların yapılmasında uzaktan algılama verileri ve uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılmasının daha uygun olabileceği önerilmektedir.

Orman ekosistemini oluşturan ağaçların biyokütle ve karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler genel olarak, ağaç servetini biyokütleye dönüştüren sabit katsayılarının kullanılması olabileceği gibi, ilgili ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle denklemleri de olabilir. Ancak hem biyokütle hesabında hem de biyokütlede depolanan karbon miktarının hesaplanmasında, her ağaç türü için istatistiksel analizlere göre geliştirilmiş denklemlerin kullanılmasının daha doğru ve uygun sonuçlar verebileceği düşünülmekte ve önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Bonino, E.E. 2006. Changes in caron pools associated with a land-use gradient in the Dry Chaco, Argentina. Forest Ecology and Management, 223 (1): 183-189.

Brown, S. and Lugo, A. E. 1982. Storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. Biotropica, 14: 161–187.

Brown, S., Schroeder, P. and Kern, J. 1999. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. Forest Ecology and Management, 123: 81–90.

Cartisano, R., Mattioli, W., Corona, P., Mugnozza, G.S., Sabatti, M., Ferrari, B., Cimini, D. and Giuliarelli, D. 2013. Assessing and mapping biomass potential productivity from poplar-dominated riparian forests: a case study. Biomass and Bioenergy, 54: 293-302.

Chen, L. J., Wang, B. F. and Qiu, Y. 2001. Land use change in a small catchment of Northern Loess Plateau, China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 86: 163–172.

Durkaya, B., Varol, T. and Durkaya, A. 2014. Determination of carbon stock changes: biomass model sor biomass expansion factors. Fresenius Environmental Bulletin, 23 (3): 774-781.

Durkaya, B., Varol, T. and Okan, E. 2017. Carbon stock; Kurucaşile Forest Sub-District Directorate. International Journal of Recent Engineering Research and Development, 2 (4): 60-67.

Durkaya, B., Durkaya, A. ve Kocaman, M. 2017. Karbon stok değişimi; Bolu Sarıalan İşletme Şefliği örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19 (1): 268-275.

Echeverria, C., Coomes, D., Salas, J., Rey-Benayas, J. M., Lara, A. and Newton, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean temperate forests. Biological Conservation, 130: 481–494.

Hu, H. and Wang, G.G. 2008. Changes in forest biomass carbon storage in the South Carolina Piedmont between 1936 and 2005. Forest Ecology and Management, 255 (5-6): 1400-1408.

Kauppi, P.E., Rautiainen, A., Korhonen, K.T., Lehtonen, A., Liski, J., Nöjd, P., Tuominen, S., Haakana, M. and Virtanen, T. 2010. Changing stock of biomass

carbon in a boreal forest over 93 years. Forest Ecology and Management, 259: 1239-1244.

Keleş, S. ve Başkent, E. Z. 2006. Orman ekosistemlerindeki karbon değişiminin orman amenajman planlarına yansıtılması: kavramsal çerçeve ve bir örnek uygulama. Orman ve Av Dergisi, 83(3): 9–16.

Keleş, S., Kadıoğulları, A.İ. and Başkent, E.Z. 2011. The effects of land-use and land-cover changes on carbon storage in forest timber biomass: a case study in Torul, Turkey. Journal of Land Use Science, 7 (2): 125-133.

Keleş, S. 2016. Comparison of alternative approaches of estimating above-ground tree biomass in a forest ecosystem of Turkey. International Journal of Global Warming, 9 (3): 397-406.

Keleş, S. and Durusoy, İ. 2017. Spatially explicit estimates and temporal changes of forest tree biomass in a typical department of forest management, Turkey. International Journal of Global Warming, 12 (1): 50-65.

Kennedy, R. S. H. and Spies, T. A. 2004. Forest Cover Changes in the Oregon Coast Range form 1939 to 1993. Forest Ecology and Management, 200: 129–147.

Li, X., Yi, M.J., Son, Y., Jin, G. and Han, S.S. 2010. Forest biomass carbon accumulation in Korea from 1954 to 2007. Scandinavian Journal of Forest Research, 25 (6): 554-563.

Li, P., Zhu, J., Hu, H., Guo, Z., Pan, Y., Birdsey, R. and Fang, J. 2016. The relative contributions of forest growth and areal expansion to forest biomass carbon. Biogeosciences, 13: 375-388.

Liu, J., Liu, S. and Loveland, T.R. 2006. Temporal evolution of carbon budgets of the Appalachian forests in the U.S. from 1972 to 2000. Forest Ecology and Management, 222: 191-201.

Luque, S. S. 2000. Evaluating temporal changes using multispectral scanner and thematic mapper data on the landscape of a natural reserve: The New Jersey Pine Barrens, A case study. International Journal of Remote Sensing, 21: 2589–2611.

Matsushita, B., Xu, M. and Fukushima, T. 2006. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset. Landscape and Urban Planning, 78(3): 241–250.

Prasad, V.K., Kant, Y. and Badarinath, K.V.S. 2002. Land use changes and modeling carbon fluxes from satellite data. Advances in Space Research, 30 (11): 2511-2516.

Prasad, V.K., Kant, Y. and Badarinath, K.V.S. 2000. Quantifying short-term carbon Dynamics from land use changes using satellite data- a case study from Rampa Forests (Eastern Ghats) India. Geocarto International, 15 (2): 71-78.

Puyravaud, J.P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. Forest Ecology and Management, 177 (1-3): 593–596.

Sivrikaya, F., Keleş, S. and 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. ve Bozali, N. 2012. Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu planlama birimi örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14: 69-76.

Sivrikaya, F., Baskent, E.Z. and Bozali, N. 2013. Spatial Dynamics of carbon storage: a case study from Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 185: 9403-9412.

Tommervik, H., Johansen, B., Riseth, J.A., Karlsen, S.R., Solberg, B. and Hogda, K.A. 2009. Above ground biomass changes in the mountain birch forests and mountain heaths of Finnmarksvidda, northern Norway, in the period 1957-2006. Forest Ecology and Management, 257 (1): 244-257.

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 (3): 265–279.

Tolunay, D. 2013. Coefficients that can be used to calculate biomass and carbon amounts fromincrement and growing stock in Turkey. Proceedings of the International Symposium for the 50th Anniversary of the Forestry Sector Planning in Turkey, Antalya, Turkey, pp.240–251.

Turner, M. G., Wear, D. N. And Flamm, R. O. 1996. Land ownership and land-cover change in the Southern Appalachian Highlands and the Olympic Peninsula. Ecological Applications, 6: 1150–1172.

Verburg, P. H., Veldkamp, A. and Bouma, J. 1999. Land-use change under conditions of high population pressure: The case of Java. Global Environmental Change, 9: 303–312.

Wakeel, A., Rao, K. S., Maikhuri, R. K. and Saxena, K. G. 2005. Forest management and land-use/cover changes in a typical micro watershed in the mid-elevation zone of Central Himalaya, India. Forest Ecology and Management, 213: 229–242.

Woomer, P.L., Tieszen, L.L., Tappan, G., Toure, A. and Sall, M. 2004. Land use change and terrestrial carbon stocks in Senegal. Journal of Arid Environments, 59: 625-642.

Yılmaz, S. 2015. Antalya yöresi aynı yaşlı saf kızılçam meşcerelerinde toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, 71 sayfa, Artvin.

Yolasığmaz, H.A. and Keleş, S. 2009. Changes in carbon storage and oxygen production in forest timber biomass of Balcı Forest Management Unit in Turkey between 1984 and 2006. African Journal of Biotechnology, 8 (19): 4872-4883.

Zhang, Y., Song, W. and Irland, L. 2014. Forest carbon stocks change and silvicultural investment in China- the case of coniferous forests. International Journal of Environmental Studies, 72 (1): 166-178.

Zheng, D., Heath, L.S., Ducey, M.J. and Smith, J.E. 2011. Effects of land use/cover change and harvests on forest carbon dyamics in Northern States of the United States from remote sensing and inventory data: 1992-2001. Forest Science, 57 (6): 525-534.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Yusuf YAMAN

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2022
Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2015

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
1991-Halen	Tarım ve Orman Bakanlığı	DKMP İl Şb. Müdürü