



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /**

**Tezin Savunma Tarihi : / /**

**Tez Danışmanı :**

**Trabzon**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalında  
Özden TUYOĞLU Tarafından Hazırlanan**

**ORMAN EKOSİSTEMLERİNDEKİ KARBON BİRİKİMİNİN ZAMANSAL VE  
KONUMSAL DEĞİŞİMİNİN ANALİZİ: HİSAR PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ**

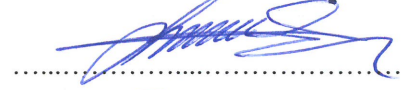
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 24/ 12/ 2019 gün ve 1833 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

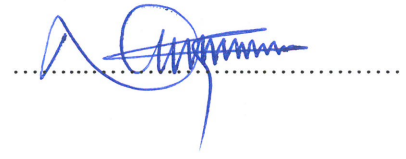
**Başkan : Doç.Dr. Alkan GÜNLÜ**



**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Derya MUMCU KÜÇÜKER**



**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nuri BOZALI**



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Orman Ekosistemlerindeki Karbon Birikiminin Zamansal ve Konumsal Değişiminin Analizi: Hisar Planlama Birimi Örneği” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek tez konumun belirlenmesi ve çalışmamın yürütülmesi aşamalarında değerli fikir ve görüşleriyle çalışmamı yönlendiren ve katkılarını hiçbir şekilde esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Derya MUMCU KÜÇÜKER’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda kullanmış olduğum her tür veri ve haritaları temin ettiğim Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı’na ve Erzurum Orman Bölge Müdürlüğüne şükranlarımı bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım süresince yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen mesai arkadaşım Mehmet ÖNAL ve Arş Gör. Burak SARI’ya teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında benden manevi desteklerini esirgemeyen ve yeri geldiğinde çalışmama doğrudan destek veren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Özden TUYOĞLU  
Trabzon, 2020

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Orman Ekosistemlerindeki Karbon Birikiminin Zamansal ve Konumsal Değişiminin Analizi: Hisar Planlama Birimi Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Derya MUMCU KÜÇÜKER’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/01/2020

Özden TUYOĞLU

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Ormanlar ve Küresel İklim Değişikliği .....	4
1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Araştırma Alanı Tanıtımı.....	12
2.2. Materyal .....	14
2.3. Yöntem .....	15
2.3.1. Amenajman Planı Verilerinin Sayısallaştırılması.....	15
2.3.2. Orman Karbon Havuzlarındaki Karbon Birikiminin Belirlenmesi .....	16
2.3.3. Karbon Birikiminin Zamansal Değişiminin Haritalandırılması .....	19
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	20
3.1. Karbon Birikiminin Hesaplanması .....	20
3.1.1. Hisar Planlama Biriminin 1973 Yılı Karbon Hesabı.....	20
3.1.1.1. 1973 Yılı Farklı Parametrelere Göre Karbon Havuzlarındaki Durum .....	20
3.1.1.1.1. 1973 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon .....	20
3.1.1.1.2. 1973 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	22
3.1.1.1.3. 1973 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon.....	23
3.1.1.1.4. 1973 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	25
3.1.1.1.5. 1973 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon.....	26
3.1.1.1.6. 1973 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon Yoğunluğu.....	27
3.1.1.1.7. 1973 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon .....	28

3.1.1.1.8.	1973 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	30
3.1.1.2.	1973 Yılı Karbon Birikiminin Konumsal Dağılımı.....	31
3.1.2.	Hisar Planlama Biriminin 1998 Yılı Karbon Hesabı.....	32
3.1.2.1.	1998 Yılı Farklı Parametrelere Göre Karbon Havuzlarındaki Durum .....	32
3.1.2.1.1.	1998 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon .....	32
3.1.2.1.2.	1998 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	34
3.1.2.1.3.	1998 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon.....	34
3.1.2.1.4.	1998 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	36
3.1.2.1.5.	1998 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon.....	37
3.1.2.1.6.	1998 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon Yoğunluğu.....	39
3.1.2.1.7.	1998 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon .....	40
3.1.2.1.8.	1998 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	42
3.1.2.2.	1998 Yılı Karbon Birikiminin Konumsal Dağılımı.....	43
3.1.3.	Hisar Planlama Biriminin 2015 Yılı Karbon Hesabı.....	44
3.1.3.1.	2015 Yılı Farklı Parametrelere Göre Karbon Havuzlarındaki Durum .....	45
3.1.3.1.1.	2015 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon .....	45
3.1.3.1.2.	2015 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	46
3.1.3.1.3.	2015 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon.....	47
3.1.3.1.4.	2015 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	49
3.1.3.1.5.	2015 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon.....	50
3.1.3.1.6.	2015 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon Yoğunluğu.....	52
3.1.3.1.7.	2015 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon .....	53
3.1.3.1.8.	2015 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon Yoğunluğu .....	55
3.1.3.2.	2015 Yılı Karbon Birikiminin Konumsal Dağılımı.....	56
3.2.	Karbon Birikiminin Zamana Bağlı Değişimi .....	57
3.2.1.	Arazi Kullanımına Göre Karbon Değişimi.....	59
3.2.2.	Gelişim Çağına Göre Karbon Değişimi.....	64
3.2.3.	Meşcere Kapalılığına Göre Karbon Değişimi .....	68
3.2.4.	Yaş Sınıfına Göre Karbon Değişimi.....	73
3.3.	Karbon Birikiminin Zamansal Değişiminin Haritalandırılması .....	79
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
5.	KAYNAKLAR .....	86
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

## ÖZET

ORMAN EKOSİSTEMLERİNDEKİ KARBON BİRİKİMİNİN ZAMANSAL VE KONUMSAL DEĞİŞİMİNİN ANALİZİ: HİSAR PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

Özden TUYOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Derya MUMCU KÜÇÜKER

2020, 94 Sayfa

Orman ekosistemlerindeki karbon dinamiklerinin zamansal ve konumsal değişimlerinin irdelenmesi, ormanların karbon döngüsündeki rolünün anlaşılması ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmada etkili politikaların geliştirmesinde oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Hisar planlama biriminin 1973 ile 2015 yılları arasındaki karbon stoklarındaki zamansal ve konumsal değişimler, toprak üstü biyokütle, toprak altı biyokütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak organik maddesi dikkate alacak şekilde irdelenmiştir. Ayrıca arazi örtüsü, meşcere kapalılığı, meşcere gelişim çağı ve yaş sınıfı gibi meşcere dinamiklerinde meydana gelen değişimin karbon dinamikleri üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Her bir plan dönemindeki karbon dinamikleri ile periyodik olarak karbon birikiminde meydana gelen değişimler ArcGIS 10<sup>TM</sup> ile konumsal olarak haritalandırılmıştır.

Sonuç olarak, toplam karbon birikimi 1973-2015 yılları arasında %25.55 oranında artmıştır. 1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 periyotları için yıllık ortalama karbon birikim oranı sırasıyla 0.22 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.11 Mg ha<sup>-1</sup> ve 0.085 Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Her üç plan döneminde de karbon havuzuna en büyük katkı toprak organik maddesi tarafından sağlanırken, en düşük katkı ölü odun biyokütlesinden sağlanmıştır. Arazi örtüsü itibariyle genellikle saf alanların, "d" gelişim çağlarının, "3" kapalı alanların ve "yaşlı" meşcerelerin karbon yoğunluğuna daha fazla katkı sağladığı görülmüştür. Boşluklu kapalı, baltalık ve ormansız alanların normal kapalı orman alanlarına dönüşmesi karbon birikimine olumlu katkılar sağlamıştır. Meşcere dinamiklerindeki değişimler karbon dinamiklerinin konumsal dağılımını da etkilemektedir. Karbon dinamiklerinin haritalandırılması, iklim değişimine karşı ekolojik sürdürülebilirliğin sağlanması ve sürdürülebilir planların hazırlanabilmesi için planlamacılara oldukça önemli fırsatlar sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim değişimi, Zamansal değişim, Konumsal değişim, Karbon birikimi, Karbon yoğunluğu, Orman amenajmanı, CBS

Master Thesis

## SUMMARY

### ANALYSIS SPATIOTEMPORAL CHANGES OF CARBON STORAGE IN FOREST ECOSYSTEMS: A CASE STUDY IN HİSAR PLANNING UNIT

Özden TUYOĞLU

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Forest Engineering Graduate Program  
Supervisor: Ass. Prof. Derya MUMCU KÜÇÜKER  
2020, 94 Pages

Investigation of the spatiotemporal patterns of carbon dynamics in forest ecosystems plays an important role for understanding the role of forests in the carbon cycle and developing effective forestry policies to mitigate the negative impacts of climate change. In this study, temporal and spatial changes in carbon stocks in Hisar planning unit between 1973 and 2015 were investigated to take into account different carbon pools such as above ground biomass, under ground biomass, dead wood, litterfall and soil organic matter. The effects of changes in forest structure such as land cover, stand closure, stand development age and age class distribution on carbon dynamics were analyzed. The carbon sequestration and densities calculated for different carbon pools in each plan period and periodically changes in carbon sequestration were mapped with ArcGIS 10™.

As a result, total carbon storage increased by 25.55% between 1973 and 2015. The average annual carbon accumulation rates were 0.22 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.11 Mg ha<sup>-1</sup> and 0.085 Mg ha<sup>-1</sup> for the periods 1973-1998, 1998-2015 and 1973-2015, respectively. The greatest contribution to the carbon pool was made by soil organic matter, while the lowest contribution was made from dead wood biomass. Besides, the results showed that pure cover types, “d” development stages, full canopy covers and over-mature stands (81-100) contribute more to carbon density. Consequently, the conversion from degraded, coppices, bare forest and non-forest areas to productive forests resulted in an increase in forest coverage and total carbon storage. These temporal changes in stand structure affect the spatial distribution of carbon dynamics. Mapping carbon dynamics provides opportunities for forest planners in developing forest policies and management plans based on ecological sustainability of carbon pools and mitigating climate change effects.

**Keywords:** Climate change, Temporal change, Spatial change, Carbon stock, Carbon density, Forest management, GIS



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Çalışma alanı tanıtım haritası .....	12
Şekil 2. 1973 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı .....	22
Şekil 3. 1973 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı	24
Şekil 4. 1973 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı .....	27
Şekil 5. 1973 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı....	30
Şekil 6. 1973 yılı karbon stoku ve yoğunluğunun konumsal dağılımı .....	31
Şekil 7. 1998 yılı arazi kullanım sınıfının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı .....	33
Şekil 8. 1998 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı	36
Şekil 9. 1998 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı .....	39
Şekil 10. 1998 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı..	42
Şekil 11. 1998 yılı karbon stoku ve yoğunluğunun konumsal dağılımı .....	43
Şekil 12. 2015 yılı farklı karbon havuzlarının karbon stoku ve karbon yoğunluğuna katkısı .....	44
Şekil 13. 2015 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı.....	46
Şekil 14. 2015 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı .....	49
Şekil 15. 2015 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı.....	52
Şekil 16. 2015 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı..	55
Şekil 17. 2015 yılı karbon stoku ve yoğunluğunun konumsal dağılımı .....	56
Şekil 18. Biyokütle ve toprak havuzlarındaki karbon dinamiklerinin zamansal değişimi ..	57
Şekil 19. Yıllara göre arazi kullanım sınıflarındaki karbon dinamikleri.....	60
Şekil 20. Yıllara göre gelişim çağlarındaki karbon dinamikleri.....	65
Şekil 21. Yıllara göre kapalılık sınıflarındaki karbon dinamikleri.....	69
Şekil 22. Yıllara göre yaş sınıflarındaki karbon dinamikleri.....	74
Şekil 23. 1973-1998 yılları arası biyokütle ve toplam karbon yoğunluklarının değişimi ...	79
Şekil 24. 1998-2015 yılları arası biyokütle ve toplam karbon yoğunluklarının değişimi ...	80
Şekil 25. 1973-2015 yılları arası biyokütle ve toplam karbon yoğunluklarının değişimi ...	80

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Planlama birimi orman fonksiyonları ve işletme amaçları/koruma hedefleri.....	13
Tablo 2. Çalışma alanı ağaç serveti, artımı ve alanının işletme sınıflarına dağılımı.....	14
Tablo 3. Alandaki ağaç türlerinin HA, BGF ve BDGF değerleri (Tolunay, 2013).....	17
Tablo 4. Ağaç tür grupları için R ve CF katsayıları (IPCC, 2006).....	17
Tablo 5. Ölü örtü ve toprak organik maddesindeki karbon katsayıları (Tolunay ve Çömez, 2008).....	18
Tablo 6. 1973 yılı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve yoğunluğu.....	20
Tablo 7. 1973 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	21
Tablo 8. 1973 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzundaki karbon yoğunluğu.....	23
Tablo 9. 1973 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	23
Tablo 10. 1973 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	25
Tablo 11. 1973 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzundaki karbon birikimi.....	26
Tablo 12. 1973 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	28
Tablo 13. 1973 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	29
Tablo 14. 1973 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	30
Tablo 15. 1998 yılı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve yoğunluğu.....	32
Tablo 16. 1998 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	33
Tablo 17. 1998 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	34
Tablo 18. 1998 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	35
Tablo 19. 1998 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	37
Tablo 20. 1998 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzundaki karbon birikimi.....	38
Tablo 21. 1998 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	40
Tablo 22. 1998 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	41
Tablo 23. 1998 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	42
Tablo 24. 2015 yılı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve karbon yoğunluğu.....	44
Tablo 25. 2015 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	45
Tablo 26. 2015 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	47
Tablo 27. 2015 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	48
Tablo 28. 2015 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	49
Tablo 29. 2015 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	50

Tablo 30. 2015 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu ....	52
Tablo 31. 2015 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi.....	54
Tablo 32. 2015 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu .....	55
Tablo 33. Karbon havuzlarındaki karbon dinamiklerinin zamansal değişimi.....	57
Tablo 34. Hisar planlama birimi sınırları içerisindeki köyler ve nüfus bilgileri .....	59
Tablo 35. Yıllara göre arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi	61
Tablo 36. Yıllara göre arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu .....	62
Tablo 37. 1973 -1998 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişim.....	63
Tablo 38. 1998 -2015 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişim.....	63
Tablo 39. 1973 -2015 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişim.....	64
Tablo 40. Yıllara göre gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi .....	65
Tablo 41. Yıllara göre gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	66
Tablo 42. 1973 -1998 yılları arasındaki gelişim çağlarının alansal değişimi.....	67
Tablo 43. 1998-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarının alansal değişimi.....	68
Tablo 44. 1973-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarının alansal değişimi.....	68
Tablo 45. Yıllara göre kapalılık sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi .....	70
Tablo 46. Yıllara göre kapalılık sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu .....	71
Tablo 47. 1973-1998 yılları arasındaki kapalılık sınıflarının alansal değişimi .....	72
Tablo 48. 1998-2015 yılları arasındaki kapalılık sınıflarının alansal değişimi .....	72
Tablo 49. 1973-2015 yılları arasındaki kapalılık sınıflarının alansal değişimi .....	73
Tablo 50. Yıllara göre yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi .....	75
Tablo 51. Yıllara göre yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu.....	76
Tablo 52. 1973-1998 yılları arasındaki yaş sınıflarının alansal değişimi.....	77
Tablo 53. 1998-2015 yılları arasındaki yaş sınıflarının alansal değişimi.....	78
Tablo 54. 1973-2015 yılları arasındaki yaş sınıflarının alansal değişimi.....	78

## SEMBOLLER DİZİNİ

AFOLU	: Tarım, Ormancılık ve Diğer Arazi Kullanım
BDGF	: Biyokütle Dönüştürme ve Genişletme Katsayısı
BGF	: Biyokütle Genişletme Faktörü
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CFC	: Kloroflorokarbon
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CRED	: Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi
CTC	: Karbon tetraklorid
EM-DAT	: Acil Olaylar Veri Tabanı
Gg	: Gigagram
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
Gt	: Gigaton
HFFC	: Hidroflorakarbon
IPCC	: İklim Değişikliği Paneli
LULUCF	: Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişimi ve Ormancılık
Mg	: Megagram
Mt	: Megaton
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ÖOB	: Ölü Odun Biyokütlesi
ÖOK	: Ölü Odun Karbonu
ÖÖ	: Ölü Örtü
ÖÖK	: Ölü Örtü Karbonu
ppm	: Milyonda bir birim
TAB	: Toprak Altı Biyokütle
TAK	: Toprak Altı Karbon
TOM	: Toprak Organik Maddesi
TOMK	: Toprak Organik Maddesi Karbonu

TÜAK	: Toptak Üstü ve Toprak Altı Biyokütle Toplamı
TÜB	: Toprak Üstü Biyokütle
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜK	: Toprak Üstü Karbon
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
UNISDR	: Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması Dairesi
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS	: The World Geodetic System
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Sanayileşmenin başladığı 19. yüzyıldan itibaren şehirleşmeyle birlikte nüfusun da giderek artış göstermesi, insanoğlunun ihtiyaçlarının artmasını ve çeşitlenmesini de beraberinde getirmiştir. Çeşitlenen ihtiyaçların karşılanması noktasında daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulması ve doğal kaynakların aşırı kullanımına bağlı olarak ciddi çevre sorunları ortaya çıkmıştır. Sanayi kuruluşlarında ve ısınmada fosil yakıtların tercih edilmesi ve tarım ya da yerleşim amacıyla orman ekosistemlerinin tahrip edilmesi, atmosferdeki sera gazları ve özellikle CO<sub>2</sub> yoğunluğunda ciddi bir artışa neden olmuştur (Vashum ve Jakakumar, 2012).

Atmosferdeki sera gazlarının artışında %65 oranında enerji sektörü, %17 oranında ormanların tahribi, %14 oranında tarım, %3 oranında çevresel atıklar ve %1 oranında endüstriyel flor gazlarının etkili olduğu bilinmektedir. Bu gazların dünya üzerindeki sıcaklıklarda son yüz yılda 0.74 °C artışa neden olduğu ve gelecek 100 yıl içerisinde de sıcaklıkların 1.4-5.8 °C artabileceği düşünülmektedir (IPCC, 2007). Bazı çalışmalar, küresel iklim değişimini etkileyen faktörler arasında %60'lık pay ile atmosferdeki CO<sub>2</sub> gazının en etkili paya sahip olduğunu göstermektedir (Grace, 2004). Yapılan çalışmalar sera gazları içerisinde en önemli paya sahip olan CO<sub>2</sub> yoğunluğunun sanayileşme öncesinde 280 ppm düzeyinde iken 2019 yılı Ekim ayı itibariyle bir önceki yılın aynı dönemine göre 2.53 ppm artış ile 408.53 ppm seviyesinde olduğunu göstermiştir (URL-1). Atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun 350 ppm üzerine çıkması iklim değişikliği bakımından güvenilir sınırı aşıldığının göstergesidir. Tahminlere göre atmosferdeki bu yoğunluğun 2100 yılında 900-1100 ppm düzeyinde olacağı beklenilmektedir (Ackerman ve Stanton, 2011).

Atmosfere yayılan sera gazlarında meydana gelen bu artış ormanlardaki flora ve fauna çeşitliliğinin azalması, ormanların sağlık durumlarının bozulması, ekosistemlerin sürekliliğinin sağlanamaması, çevre kirliliği, çölleşme, kuraklık, deniz seviyesinin yükselmesi, sel, taşkın ve heyelan gibi doğal afetlerin artışı, vejetasyon periyotlarındaki kaymalar, orman yangınları ve ozon tabakasının incilmesi gibi ciddi çevresel sorunlara yol açmıştır (Hoegh-Guldberg vd., 2018). Günümüzde bu çevresel sıkıntıların en önemlisi olarak küresel iklim değişikliği düşünülmektedir.

Ekim 2015'te Birleşmiş Milletler Afet Risklerinin Azaltılması Dairesi (UNISDR) tarafından yayımlanan ve 1995-2015 periyodunu kapsayan "İklim Bağlantılı Doğal Afetlerin İnsani Maliyeti" raporunda paylaşılan bilgilere göre; bu aralıkta meydana gelen doğal afetlerin büyük çoğunluğuna (%90) su baskınları, fırtınalar, sıcaklık dalgaları ve diğer iklim kaynaklı olaylar yol açmıştır. Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi'nin (CRED), Acil Olaylar Veri Tabanı (EM-DAT) tarafından ilgili periyotta dünya çapında toplam 6,457 iklim bağlantılı afet kayıt edilmiştir. Bu afetler sonucunda toplam 606,000 kişi hayatını kaybederken 4.1 milyar kişi de yaralanmış, evsiz kalmış veya acil yardım hizmetine ihtiyaç duymuştur. Yine EM-DAT verilerine göre 2005-2014 yılları arasında yılda ortalama 335 iklim kaynaklı felaket gerçekleşmiştir. Bu da 1995-2004 periyoduna göre %14'lük bir artışa tekabül etmektedir. Bu felaketlerin yol açtığı ekonomik kaybın 1.89 milyar US\$ olduğu tahmin edilmektedir. Fakat bu felaketlerin sadece %35'inin ekonomik kayıp bilgisi saptanabildiği için gerçek kaybın daha fazla olduğu düşünülmektedir. UNISDR, felaketlerin yol açtığı zararları inceleyen ulusal bir çalışmadan yola çıkarak, afetlerin yol açtığı yıllık ekonomik kaybın 250-300 milyar US\$ arasında olduğunu tahmin etmiştir (URL-2).

Sera gazları güneşten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının canlılara zarar vermesini önleyen ozon tabakasını ciddi manada tehdit etmektedir. Bu tabakanın koruyucu özelliği kaybolduğunda milyonlarca insanın deri kanserine yakalanması ve bağışıklık sisteminin zayıflaması söz konusudur. Bilim adamları 1980'lerde Antarktika üzerinde bulunan ozon tabakasında bir delik bulunduğunu keşfetmişlerdir. Başlangıçta ozon tabakası üzerine olan endişeler kloroflorokarbon (CFCs) olarak bilinen kimyasallar üzerine yoğunlaşırken sonraları halonlar, karbon tetraklorid (CTC), metil bromit ve hidroflorakarbonlar (HFFCs) hedef alınmıştır. 1985 yılına gelindiğinde ise ozon tabakasına zarar veren maddelerin azaltılması amacıyla 196 ülkenin taraf olduğu "Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi" imzalanmıştır. Hemen akabinde, 1987 yılında "Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü" kabul edilmiştir. Bu sözleşmeyle ozon tabakasının incelmeye yol açan maddelerin hem kullanımının hem de üretiminin aşamalı bir şekilde azaltılması hedeflenmiştir (URL-3).

Küresel iklim değişikliğinin tüm dünyada ortaya çıkardığı bu olumsuz tabloya karşı ülkelerin duyarlılığı artmış ve siyasi örgütlenmeler kurarak etkili politikalar oluşturmaya başlamışlardır. Ülkelerin bireysel anlamda alacakları önlemlerin sınırlı düzeyde kalacağı gerçeğinden hareketle, bu soruna karşı birlikte hareket edilerek çözüm aranması gerekliliği uluslararası arenada kabul bulmuştur (Görücü ve Eker, 2009). Ülkelerin ekonomik büyümesi

ve kalkınması üzerinde küresel iklim değişikliğinin ciddi etkisi olduğuna ve bu duruma karşı ortak hareket edilmesi gerektiğine İklim Değişikliğinin Ekonomik Boyutları Çalışma Raporunda (Stern raporu, 2006) değinilmiştir. Rapora göre her yıl sadece gayri safi milli hasıla (GSMH)'nin yaklaşık %1'ine karşılık bir maliyetle küresel ısınmaya karşı önlemlerin alınması mümkün iken, ortak hareket edilmemesi ve önlemlerin alınmaması halinde her yıl GSMH'nin %5-20 gibi ciddi küresel bir maliyet ortaya çıkacağı öngörülmektedir (URL-4).

Dünya genelinde ülkelerin küresel iklim değişikliği ile mücadele noktasında gerçekleştirdikleri girişimler ışığında 1988 yılında, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) ortaklığında Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) oluşturulmuştur. Panelin ilk hedefi, iklim değişikliği hususunda halihazırdaki bilimsel bilgiler, iklim değişikliğinin sosyal ve ekonomik etkileri ve gelecekte iklim üzerine potansiyel çözüm önerileri ve uluslararası sözleşmeye dahil edilmesi gereken unsurlar hakkında kapsamlı bir inceleme ve öneriler hazırlamak olarak belirlenmiştir (URL-5).

1992 yılında Rio de Janeiro'da Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı esnasında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) imzaya açılmıştır. Bu sözleşmenin düzenlenmesinde IPCC tarafından sunulan, insan kaynaklı aktivitelerin yol açtığı küresel ısınmanın iklim üzerindeki etkileri önemli rol oynamıştır. Sözleşme 21 Mart 1994 yılında yürürlüğe girmesine rağmen ülkemiz bu sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde katılmıştır. Bu sözleşmenin nihai amacı, ilgili hükümlere uygun olarak, atmosfere salınan sera gazlarının yoğunluğunu iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkiyi önleyecek bir düzeyde azaltmayı, sera gazı deposu işlevi gören ormanlar, okyanuslar ve göller gibi doğal ekosistemleri korumayı teşvik edip, bu konularda gerekli araştırmaların yapılarak, ilgili teknolojilerin geliştirilmesi hususunda iş birliği yapmayı sağlamaktır.

Bu sözleşmede katılımcı ülkelerin iklim sistemlerini şimdiki ve gelecek nesillerin yararına olacak şekilde, eşitlik ilkesini baz alarak sözleşmeye taraf olan gelişmiş ülkelerin, iklim değişikliği ve bunun olumsuz etkileriyle olan mücadelede daha fazla sorumluluk sahibi olması gerektiği vurgulanmıştır. Ülkeler gelişmiş ya da gelişmekte olan taraf ülke statülerine göre; Ek-I, Ek-II ve tüm taraf ülkeler için geçerli yükümlülükler olmak üzere 3 farklı temel gruba ayrılmıştır. Buna göre Ek-I kapsamında bulunan gelişmekte olan ülkeler, yasal olarak bağlayıcılığı olmamakla birlikte sera gazı salınım hedeflerini 2000 yılına kadar 1990 yılı salınım düzeylerine düşürmeyi hedeflemiştir. Bu önemli adımın ardından, konuyla ilgili çalışmalar tüm hızıyla devam etmiş ve ardından Aralık 1997'de BMİDÇS 3. Taraflar



Konferansı'nda Kyoto Protokolü imzalanmıştır. 2005 yılında yürürlüğe girmesi belirlenen protokole göre, EK-B listesinde bulunan ülkelerin (BMİDÇS Ek-I listesi), birinci taahhüt dönemi olan 2008-2012 yılları arasında sera gazı emisyonlarını hangi oranda azaltmaları gerektiği belirlenmiştir. Bu protokole göre ülkeler, sera gazı salım ve bağlanma miktarlarına çeşitli sektörler için raporlayıp NIR raporları halinde UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)'ye bildirmektedir. Bu raporlar içerisinde orman ekosistemlerindeki karbon stokları ve bu stoklardaki zamansal değişim IPCC tarafından hazırlanan arazi kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklik ve ormancılık (LULUCF) kılavuzuna göre hesaplanmaktadır (IPCC, 2003). Buna göre genel hedef, ilgili ülkelerin bu periyottaki toplam sera gazı salınımlarını 1990 yılına göre %5 oranında düşürmesidir. Ülkemiz, Protokol'e 2009 yılında taraf olmasına rağmen EK-B listesine dahil edilmediğinden dolayı ilk taahhüt dönemi için sayısallaştırılmış salım taahhüdü yükümlülüğü altında değildir. İkinci taahhüt dönemi 2009 yılında Doha'da düzenlenen 15. Taraflar Konferansı'nda gündeme alınmasına rağmen bir sonuca varılamamıştır. Ancak Doha'da 2012 yılında gerçekleşen 18. Taraflar Konferansı'nda ülkeler ikinci taahhüt döneminin 2013-2020 periyodu olarak belirlenerek, Protokol'ün 2020 yılına kadar devam etmesi hususunda anlaşma sağlanmıştır. Buna göre EK-B listesindeki ülkelerin 2020 sera gazı salınımlarını, 1990 yılına göre en az %18 azaltmaları hedeflenmiştir. Bu değişikliğinin yürürlüğe girebilmesi için en az 144 taraf ülkenin kabulünün olması gerekmesine rağmen bu rakam 21 Şubat 2019 itibarıyla 126'dır ve Amerika, Rusya ve Japonya gibi gelişmiş ülkeler buna taraf olmamıştır. Protokol'ün EK-B listesinde yer almayan Türkiye'nin de sayısallaştırılmış emisyon sınırlandırma taahhüdü bulunmamaktadır.

## **1.2. Ormanlar ve Küresel İklim Değişikliği**

Karasal ve okyanusal ekosistemler en önemli karbon yutaklarıdır. Okyanuslar depoladıkları karbondioksitin önemli bir bölümünü emisyon ile atmosfere geri gönderirken, karasal ekosistemler tuttukları karbondioksitin önemli bir kısmını depolayabilmektedir. Karasal ekosistemlerdeki karbon bitkisel kütleinin fotosentez, ayrışma, yangın ve solunumuyla sürekli değişim halindedir. Karasal ekosistemler içerisinde %32'lik paya sahip olan orman ekosistemleri atmosferdeki karbondioksitin yaklaşık %75'lik kısmını bünyelerinde depolamaktadırlar (Ketizmen, 2011). Doğal yollarla karbondan meydana gelen bu değişim antropojenik etkilerle daha ciddi bir boyuta ulaşarak karbon havuzlarındaki

stokları etkilemektedir (Folland vd., 2001). Bu nedenle küresel çevre problemlerine neden olan bu gazların atmosferdeki miktarının azaltılmasında ve depolanmasında orman ekosistemlerinin oldukça önemli bir rolü vardır.

1990-2015 periyodunu kapsayan son 25 yıllık süreç boyunca dünyadaki ormanlık alanlar %3.1 oranında azalış göstererek 4.12 milyar hektardan 3.99 milyar hektar seviyelerine inmiştir. Küresel ormanlık alan net kayıp oranı ise 1990-2000 ve 2000-2015 yılları arasında %50’i aşkın bir oranda yavaşlama göstermiştir. Bu orandaki azalma da bazı ülkelerdeki ormanlık alan kayıplarının azaltıp diğer ülkelerin de ormanlık alanları arttırması sonucu meydana gelmiştir. Ormanlık alan bakımından ilk 10 sırada bulunan ülkeler tüm dünyadaki orman alanlarının %67’sine sahiptir. Bu alanlar toplamda 531 milyar m<sup>3</sup> ağaç servetine karşılık gelmektedir. Orman ekosistemlerinin toprak altı ve üstünde tuttuğu toplam karbon miktarı ise 296 Gt’dur ve bu da 73 t/ha karbon tutma kapasitesine karşılık gelmektedir. Güney Amerika, Batı ve Orta Afrika’daki karbon yoğunluğu ise canlı biyokütle olarak 120 t/ha gibi bir değere karşılık gelmektedir. Son 25 yıllık zaman zarfında, orman biyokütlesindeki karbon stok miktarı yıllık 442 Mt ile toplamda yaklaşık 11.1 Gt azalmıştır. Bu kaybın esas kaynağı ise ormanlık alanların tarım ve iskân alanlarına çevrilmesi ve ormanlık alanlarda meydana gelen tahribattır (FAO, 2015).

Tüm bu bilgiler ışığında ormanların karbon tutma kapasitesinin önemi gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Ülkemiz 2006 yılından beri çeşitli sektörler için yıllık sera gazı envanter değerlerini hazırlayarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Sekretaryası’na sunmaktadır. 2019 yılı için sunulan rapora göre; sera gazı emisyon değerleri içerisinde CO<sub>2</sub>’nin payı yaklaşık %80 civarındadır (NIR, 2019).

Orman ekosistemleri içerisindeki bitkisel kütle ve toprak önemli miktarda karbon depoladıklarından küresel karbon döngüsüne ciddi katkılar sunmaktadır. IPCC (2003, 2006) raporlarına göre orman ekosistemlerindeki depolanan karbon toprak üstü biyokütle, toprak altı biyokütle, ölü odun biyokütlesi, ölü örtü ve toprak organik maddesi olmak üzere beş farklı kategoride hesaplanmaktadır. Toprak üstü biyokütle orman alanlarındaki otsu ve odunsu bitkilerin dal, yaprak ve gövdelerinin tamamını, toprak altı biyokütle bitkilerin köklerini, ölü odun dikili ya da devrik kuru odunu, ölü örtü oldukça ince çaptaki ölü odun artıklarını içermektedir.

Orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarı ağaç türü, göğüs yüzeyi çapı, boyu, yaşı ve serveti gibi bitkisel kütleyle ait özellikleri, toprak derinliği, tekstürü, pH’si gibi toprak özellikleri yanında iklim ve topografik özelliklere göre değişebilmektedir (Tolunay, 2011).

Orman ekosistemlerinde gerçekleştirilen ağaçlandırma, rehabilitasyon, restorasyon ve sürdürülebilir planlama ile depolanan karbon miktarları arttırılabilirken, ormanın yapısında meydana gelen bozulmalar, orman alanlarının azalması, orman alanlarının iskan ve tarım arazisi gibi diğer arazi kullanım sınıflarına dönüşmesi ve yanlış müdahale seçenekleri ile karbon emisyonlarının artışı sağlanabilmektedir (FAO, 2010). Orman amenajman planlarının öngördüğü bazı silvikültürel müdahalelerin karbon tutumunu arttırdığı ve emisyonları azalttığı bazı çalışmalarla kanıtlanmıştır (Borque vd., 2007). Ağaçlandırma faaliyetlerinin karbon depolamada etkisini araştıran bir çalışmada ağaçlandırmadan 15 yıl sonra tutulan karbonun ağaçlandırmadan öncesine göre %50 arttığını göstermiştir (Nosetto vd., 2006).

IPCC kılavuzuna göre ülkeler karbon stok değişimini belirlemek amacıyla iki farklı yaklaşımdan yararlanmalıdır. Bunlardan ilki yıllık karbon girdi ve çıktısının farkına dayanan “karbon kazanç ve kayıp yöntemi”dir. Bu yöntem ormanlardaki biyokütlenin yıllık cari artım miktarına dayanmaktadır. İkinci yöntem ise iki farklı envanter dönemi arasındaki ağaç servetindeki değişime dayanan “karbon stok değişim metodu”dur (IPCC, 2006). Türkiye ormanlarında envanter çalışmalarının periyodik tabanlı olarak yapılması, “karbon stok değişim metodu”nun tercih edilmesine neden olmaktadır.

Yapılan pek çok çalışma göstermektedir ki orman ekosistemlerinde depolanan karbon miktarının hesaplanmasında bitkisel kütle oldukça önemli bir yere sahiptir (Backeus vd., 2005). Ülkemizde orman envanter verileri kullanılarak orman ekosistemlerindeki bitkisel kütle kapasitesi ve bu kapasitede meydana gelen değişim belirlenmektedir. LULUCF kılavuzuna göre amenajman planlarından elde edilen gövde hacmi değerleri hacim ağırlığı ( $t/m^3$ ) ile çarpılıp ardından yaprak ve dallardaki biyokütlenin hesaplanması amacıyla bitkisel kütle genişletme katsayısı (BGF) değerleriyle çarpılarak toprak üstü biyokütle hesaplanabilmektedir. Toprak üstü biyokütle değerlerinden hareketle belli katsayılar kullanılmak suretiyle toprak altı ve ölü odun biyokütleleri de tahmin edilmektedir (IPCC, 2003). Başka bir yöntemde ise toprak üstü biyokütle miktarları gövde hacmi değerlerinin doğrudan bitkisel kütle dönüştürme ve genişletme katsayıları (BDGF) ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Her ülke ve iklim kuşağı için belirlenen bu katsayılar Tarım, Ormancılık ve Arazi Kullanımı (AFOLU) kılavuzunda yer almaktadır (IPCC, 2006). Tahmin edilen biyokütleler ibreli ve yapraklı ağaç tür grupları için belirlenen sabit karbon faktörleri ile çarpılarak karbon birikimi hesaplanabilmektedir. Bu sayede, ağaç serveti ya da artım değerleri baz alınıp çeşitli katsayıların da kullanılmasıyla orman ekosistemlerinin tuttuğu

karbon miktarları hesaplanmaktadır. Bu kılavuzlara göre 2015 yılı envanter değerleri dikkate alındığında Türkiye ormanlarında 1.6 milyar m<sup>3</sup> dikili ağaç serveti sayesinde 1.9 Gt karbonun orman ekosistemlerinde depolanabildiği hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen karbon stokunun %62.62'si toprak organik maddesi, %25.03'ü toprak üstü biyokütle, %7.33'ü toprak altı biyokütle, %4.8'i ölü örtü ve %0.22'si ölü odun havuzlarından sağlanmıştır (Tolunay vd., 2018).

Toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi aşamasında gövde odunu hacim değerleri doğrudan her bir ağaç türü ya da ağaç tür grupları için belirlenmiş gövde odunu hacim ağırlıkları ile çarpılmak suretiyle belirlenebilmektedir. Benzer şekilde ağaç gövdesi ile birlikte tüm dal ve yapraklarından oluşan toplam biyokütle miktarını belirlenmesi aşamasında gövde odunu hacim ağırlıkları yine her bir ağaç türü ya da ağaç tür grupları için belirlenmiş biyokütle genişletme katsayılarıyla (BGF) çarpılabilir. Ülkeler ağaç türü bazında geliştirilmiş gövde odunu hacim ağırlıkları ve BGF katsayılarına sahip ise bu değerlerin ibrelili ve yapraklı diye belirlenmiş tür grupları için bilinen değerlere tercih edilmesi daha uygundur.

Dünya genelinde yerel ya da bölgesel BGF değerleri için hazırlanmış çok sayıda çalışma mevcut iken, ülkemizde bu konuda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Sarıçam ağaç türüne ait Uğurlu vd. (1976), Atmaca (2008), Aydın (2010), Ülker (2010), Çömez (2011), Tolunay (2012) ve Orhan (2013) tarafından sırasıyla Ankara, Erzurum, Artvin, Amasya, Eskişehir, Bolu ve Erzurum için, Karaçam ağaç türüne ait Sağlam (2016) ve Sakıcı vd. (2018) tarafından Kastamonu için, Çakıl (2008) ve Orhan (2013) tarafından Zonguldak için, Kızılcım ağaç türüne ait Sun vd. (1980) ve Yılmaz (2015) tarafından Antalya, Ünsal (2007) ve Orhan (2013) tarafından Antalya ve Adana için, Ladin ağaç türüne ait Özkaya (2004) tarafından Adana için, Gökmar ağaç türüne ait Karabürk (2011) tarafından Bartın için, Sedir ağaç türüne ait Ülküdür (2010) tarafından Antalya için, Meşe ağaç türüne ait Durkaya (1998) ve Makineci vd. (2011) tarafından Zonguldak ve Trakya için, Kayın ağaç türüne ait Saraçoğlu (2000) ve Makineci vd. (2011) tarafından Türkiye geneli ve Trakya için, Kestane ağaç türüne ait İkinci (2000) tarafından Zonguldak için, Kızılağaç ağaç türüne ait Saraçoğlu (1998) tarafından Türkiye geneli, Yalancı akasya ağaç türüne ait Tüfekçioğlu ve Güner (2008) tarafından Artvin için ve Gürgeç ile Üvez ağaç türüne ait Makineci vd. (2011) tarafından Trakya için biyokütle tabloları ya da denklemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğu sadece belli bir yöre için geçerli olan ve kök ya da kabuk kütlesini içermeyip sadece toprak üstü ağaç kütlesine odaklanılan biyokütle tabloları ya da

katsayılarını içermektedir. Dolayısıyla bunların Türkiye geneli için kullanılması çok mümkün değildir. Her bir ağaç türü için BGF katsayıları farklı olmasına rağmen, aynı ağaç türlerinin farklı yaş ve bonitetlerdeki bireyleri için de bu katsayıların değişmesi ve daha doğru bir şekilde hesaplanması gerekmektedir (Lethonen vd., 2004; Petersson vd., 2012).

Ülkemizde ağaç türleri için genel biyokütle tablolarının eksikliğinden ötürü, amenajman planlarında karbon birikim miktarlarının hesaplanmasında Tolunay (2013) tarafından özetlenen ibreli ve yapraklı ağaç tür grupları için belirlenmiş BGF katsayıları (ibreli için 1.212 ve yapraklı için 1.31) ve gövde hacim ağırlığı katsayıları (yapraklı türler için 0.541 ve ibreli türler için 0.473) kullanılmaktadır (OGM, 2017).

Bu aşamada doğrudan meşcere hacim değerlerinden hareketle bir takım katsayılar kullanılmak suretiyle karbon hesaplanabildiği gibi geliştirilen bazı allometrik denklemler ile bazı meşcere parametrelerinden hareketle karbon değerleri hesaplanabilmektedir. Türlerin biyokütlesi ve karbon içeriğinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen allometrik denklemler biyokütle miktarları ile ağaçların kısa sürede kolay ölçülebilen çap, boy, gövde boyu ve tepe taç çapı gibi ağaç parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiye dayandırılmaktadır (Kangas ve Maltamo, 2006). Hazırlanan allometrik denklem çalışmaları incelendiğinde çalışmaların neredeyse tamamında denklemlerin ölçümü kolay olan göğüs yüzeyi çapına bağlı olarak geliştirildiği görülmektedir (Zianis vd., 2005; Cienciala vd., 2006; Miksys vd., 2007; Muukkonen, 2007; Onyekwelu, 2007). Ülkemizde Kızılcım için Sun vd. (1980) ve Ünsal (2007), Karaçam için Durkaya vd. (2010), Sarıçam için, Uğurlu vd. (1976), Aydın (2010), Ülker (2010) ve Çömez (2011), Ladin için Özkaya (2004), Sedir için Ülküdür (2010), Meşe için Durkaya (1998), Kayın için Saraçoğlu (2000) ve Kestane için İkinci (2000) tarafından geliştirilen allometrik denklemlerde yalnızca ağaç çapı ve Kızılağaç için Saraçoğlu (1998) tarafından geliştirilen denklemlerde ağaç çap ve boy değerleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır.

Dünya genelinde orman ekosistemlerinde depolanan karbonun belirlenmesi amacıyla çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Çin'de yapılan bir çalışmada canlı biyokütle ve toprakta depolanan toplam karbonun sırasıyla 22.7 t/ha ve 212.7 t/ha olduğu ve konumsal olarak farklılık gösterdiği anlaşılmıştır (Wang vd., 2002). *Tectonia grandis* ağaçlandırmalarında yapılan bir çalışmada toprak üstü biyokütlede, toprak altı biyokütlede, ölü örtüde ve toprak organik maddesinde depolanan karbonun sırasıyla 120 t/ha, 2.6 t/ha, 3.4 t/ha ve 225 t/ha olduğu belirlenmiştir (Kraenzel vd., 2003). Yapraklı ormanlarda yapılan başka bir çalışmada toprak üstü biyokütlede, toprak altı biyokütlede, ölü odunda, ölü örtüde ve toprak organik

maddesinde depolanan karbon sırasıyla 71.4 t/ha, 19.6 t/ha, 5.3 t/ha, 15.3 t/ha ve 318.3 t/ha olarak hesaplanmıştır (Jia ve Akiyama, 2005).

Türkiye’de orman ekosistemlerinde depolanan karbonun tahmin edilmesi amacıyla bazı çalışmalar olsa da bu çalışmalar çoğunlukla toprak üstü biyokütlerde depolanan karbonun tahminine yöneliktir. Orman ekosistemlerinin farklı bölümlerinde depolanan karbonun hesaplandığı çalışmalar kısıtlı sayıda kalmıştır. Uludağ göknarı meşcerelerinde yükseltiyeye bağlı olarak ölü örtü ve toprak organik maddesinde depolanan karbonun sırasıyla 10.47-13.00 t/ha ve 89.85-139.31 t/ha arasında değiştiği ortaya konulmuştur (Kantarıcı, 1979; 1981). Bolu Aladağ’da yapılan bir çalışmada sarıçam meşcerelerinde topraktaki karbon birikiminin yıllara göre değiştiği ve 40.7-129.0 t/ha arasında olduğu tespit edilmiştir (Tolunay, 1997). Türkiye ormanları için yapılan bir araştırmada biyokütlerde depolanan karbonun 554 Mt ve toprakta depolanan karbonun 321 Mt olduğu hesaplanmıştır (Asan, 1999).

Planlı döneme girildiğinden itibaren klasik planlama anlayışına bağlı olarak ormanlar sadece odun hammaddesine yönelik planlanırken son 20 yıllık dönemde ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamaya geçilmesiyle odunun yanında odun dışı ürün ve hizmetlerin sağlandığı ekosistemler olarak algılanmaktadır. Orman ekosistemleri biyokütlesinde ve toprakta depoladıkları karbon ile küresel iklim değişiminde son derece etkilidirler. En yüksek oranda karbon depolama amacının amenajman planlarına entegre edildiği ciddi çalışmalar bulunmaktadır (Baskent ve Kucuker, 2010; Anonymous, 2014; Kucuker ve Baskent, 2015; Dong vd., 2015; Dong vd., 2018). Pek çok çalışma planlama stratejilerinin orman ekosistemlerindeki karbon dinamiklerini etkilediğini göstermiştir. Uygun alanlarda uygun türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının biyokütlerdeki artışa bağlı olarak depolanan karbonu arttırdığı ve emisyonları azalttığı kanıtlanmıştır (Watson, 2000; IPCC, 2001; Yuksek ve Yuksek, 2011; Hansson vd., 2013; Zhag vd., 2013; Varamesh vd., 2014; Kucuker, 2019). Ayrıca bakım ve üretim gibi silvikültürel müdahalelerin de karbon birikimi üzerindeki etkisi kanıtlanmıştır (Sedjo, 2001; Wang vd., 2013; Ruiz-Peinado vd., 2013; Primicia vd., 2016). Ormanlardaki planlama yaklaşımının değişmesinin yanında yaş sınıfı dağılımı, gelişme çağı, kapalılığı ve meşcere örtüsü gibi ormanın yapısal özellikleri ormanlardaki biyokütleyi ve karbon tutumunu etkilemektedir (Yang vd., 2018; Kucuker, 2019).

Amenajman planlarının hazırlanmasında ormanların maksimum karbon depolama amacıyla işletilmesi karbon piyasaları için oldukça önemlidir. Hazırlanan bir çalışmaya göre

Orman Genel Müdürlüğü'nün karbon piyasalarından yıllık 100 milyon dolara yakın gelir sağlayabileceği tahmin edilmektedir (Bouvyer vd., 2014).

Zamana bağlı olarak orman ekosistemlerinin yakılması, tahrip edilmesi, kesilmesi, tarım ya da iskân alanları gibi ormansız alanlara dönüştürülmesi ağaçların dal, gövde ve yaprakları ile toprakta depoladıkları karbonun atmosfere salınmasına neden olmaktadır. Ormansızlaşmanın küresel ısınmaya katkısının %14 seviyesinde olması (ÇOB, 2010) küresel boyutta düzenlenen toplantılarda bu konuya eğilimin gerekliliğini ortaya koymuştur. Kyoto protokolüyle birlikte ilk defa gündeme gelen LULUCF politikasıyla arazi kullanımı ve bu kullanımlardaki zamana bağlı değişimlerle orman alanlarındaki azalmanın sera gazları üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmaktadır.

Karbon döngüsü üzerinde arazi kullanımı ve arazi kullanımındaki değişimin etkisinin anlaşılması ancak orman ekosistemlerindeki karbonun zamansal ve konumsal değişiminin analiziyle mümkündür (IPCC, 2007). Ormanlarda uygulanan bakım, tıraşlama, gençleştirme, rehabilitasyon ve ağaçlandırma gibi planlama müdahalelerinin yanında insanoğlunun kesme, yerleşme ve yakma şeklinde orman alanlarını tahrip etmesi, köylerden şehirlere göçe bağlı olarak tarımsal arazilerin terk edilmesi ve sosyo-ekonomik faktörler insan etkisiyle zamana bağlı olarak arazi kullanımı ya da meşcere örtüsündeki değişimin kaynağıdır. Bunların dışında doğal afetler, yangınlar ya da böcek zararları arazi kullanımında değişime neden olan olaylardır (Cayuela vd., 2006; Çakır vd., 2008). Ulusal ya da uluslararası pek çok çalışma zamana bağlı olarak arazi kullanımında meydana gelen değişimin orman biyokütlesinde depolanan karbon üzerindeki etkisini araştırmıştır (Sivrikaya vd., 2007; Yang ve Guan, 2008; Hu ve Wang, 2008; Muñoz-Rojas vd., 2011; Keleş vd., 2012; Sivrikaya vd., 2013; Guo vd., 2013; Yang vd., 2017). Bazı çalışmalar arazi kullanımındaki değişimin toprak organik maddesinde depolanan karbon üzerindeki etkisini araştırmıştır (Wellock vd., 2011; Ruiz Sinoga vd., 2011; Novara vd., 2012; Ren vd., 2014; Muñoz-Rojas vd., 2015). Ancak oldukça sınırlı sayıda çalışma farklı arazi kullanımı ya da arazi kullanımında meydana gelen değişimin orman ekosistemlerindeki farklı karbon stokları üzerindeki etkisini araştırmıştır (Zhou vd., 2008; Arevalo vd., 2009; Kaul vd., 2009; Chen vd., 2019).

Bu şekilde meydana gelen karbon salınımlarının azaltılması amacıyla: ormansızlaşmanın azaltılması, ormanların yangın ve böcek gibi tehlikelere karşı korunması, boşluklu kapalı alanların rehabilitesi ya da restorasyonu, orman alanlarının genişletilmesi ve ekosistem tabanlı sürdürülebilir amenajman planlarının hazırlanması gerekmektedir.

### 1.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konumsal ve konumsal olmayan veriler üzerinde başarılı işlemler yapabilen bilgi sistemidir. Bu sistemin başlıca görevleri grafik ve öznitelik verilerinin belli bir amaç doğrultusunda sayısallaştırılarak konumsal bir veri tabanında depolanması, sorgulanması, analizi ve görüntülenmesidir (Başkent ve Jordan, 1991). CBS konumsal verileri sorgulayabilmesi ve analizine imkân sağlayabilmesi özellikleriyle geleneksel veri tabanlarına kıyasla ön plana çıkmaktadır.

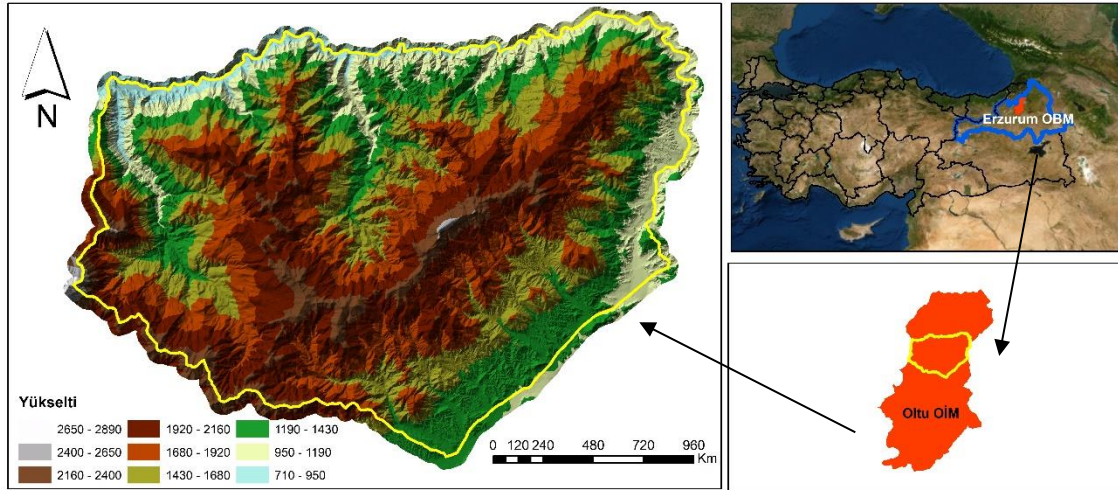
Sahip olduğu yetenekler itibariyle pek çok bilim alanında kullanılan CBS orman amenajmanında da başta envanter tasarımı, veri tabanı kurulumu, amenajman plan haritalarının düzenlenmesi ve bu çalışmanın da konusunu teşkil eden orman alanlarındaki zamansal ve konumsal değişimin analizinde kullanılmaktadır. CBS teknolojisi analizlerin daha hızlı ve doğru oluşturulmasında hayati öneme sahiptir (Başkent vd., 2002).



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Araştırma Alanı Tanıtımı

Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Oltu Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Hisar Planlama Birimi araştırma alanı belirlenmiştir (Şekil 1). Doğu Anadolu bölgesinde yer alan çalışma alanı 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalara göre; 40° 32' 46" - 40° 46' 51" kuzey enlemleri 30° 41' 48" - 42° 11' 29" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Planlama birimi alanı WGS\_1984\_UTM\_ZONE\_37 6°'lik koordinat diliminde kalmaktadır. Planlama biriminin denizden yüksekliği 1000 m ile 2892 m arasında değişmektedir. Çalışma alanı içerisindeki köy halkı geçimini yoğunlukla hayvancılık ve orman işçiliğinden sağlamaktadır. Orman içerisinde ve civarındaki halk yapacak ve yakacak ihtiyacını karşılamak amacıyla yasa dışı yararlanma yanında düzensiz otlatma ile ormana zarar vermektedir. Plan ünitesinin kuzeyinde Olur Orman İşletme Şefliği, güneyinde Oltu Orman İşletme Şefliği, doğusunda Şenkaya İşletme Müdürlüğüne bağlı Pınar Orman İşletme Şefliği ve batısında Artvin OBM, Yusufeli İşletme Müdürlüğüne bağlı Kılıçkaya ve Öğdem Orman İşletme Şeflikleri bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı tanıtım haritası

2015-2034 yıllarını kapsayan Hisar planlama birimi amenajman planından alınan verilere göre 49,850.9 ha genel alanın 32,757.2 ha farklı nitelikte orman ve 17,093.7 ha (OT ve Ag0 dahil=11,809.9 ha) ormansız alan niteliğindedir. Planlama birimine ait mevcut amenajman planı (2015-2034) ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama anlayışına göre hazırlanmıştır. Ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel olarak üç ana fonksiyon altında orman ürünleri üretimi, doğayı koruma, erozyonu önlemek hidrolojik ve ekoturizm-rekreasyon olmak üzere beş adet genel orman fonksiyonu belirlenmiştir. Orman ürünleri üretimi fonksiyonuna sahip 15,417.5 ha'lık alanın, Sarıçam en yüksek miktarda endüstriyel odun üretimi amacı ile işletilmesi planlanmıştır. Doğayı koruma, Yetiştirme Yeri Çok Kötü Alanlar, Yüksek Dağ Orman Ekosistemi, Orman Ekosistemi İzleme alanlarından oluşan 25,934.3 ha'lık alan doğayı koruma fonksiyonu altında koruma altına alınmıştır. Bununla birlikte, 758.9 ha'dan oluşan erozyonu önleme fonksiyonuna sahip alan, Toprak Koruma işletme sınıflarına ayrılmıştır. Sosyokültürel fonksiyon altında ise Su Kaynaklarının Korunması amacıyla hidrolojik ve Rekreasyon amacıyla da ekoturizm ve rekreasyon fonksiyonlarına 7740.2 ha'lık bir alan ayrılmıştır (Tablo 1) (OGM, 2015).

Tablo 1. Planlama birimi orman fonksiyonları ve işletme amaçları/koruma hedefleri

Ana Orman Fonksiyonu	Genel Orman Fonksiyonları	İşletme Amaçları Koruma Hedefleri	İşletme Sınıfı	Alan (ha)
Ekonomik	Orm. Ürünleri Üretimi	Max Endüstriyel Odun Üretimi	A(Çs)	15,417.5
		Doğayı Koruma	B(Ar)	20,655.9
Ekolojik	Doğayı Koruma	Yetiştirme Yeri Kötü Alanlar	C(Ar)	3,843.0
		Yüksek Dağ Orman Ekosistemi	D(Çs)	1,358.8
		Orman Ekosistemi İzleme	E(Çs)	76.6
		Erozyonu Önleme	F(Çs)	758.9
Sosyo-Kültürel	Hidrolojik	Su Kaynaklarını Koruma	G(Ar)	7,584.9
		Ekoturizm ve Rekreasyon	H(Çs)	155.3

Hisar planlama birimi normal kapalı koru alanlarında toplam servet 1,462,581 m<sup>3</sup> olup artım 30,962 m<sup>3</sup> iken boşluklu kapalı koru alanlarında servet 157,200 m<sup>3</sup> ve artımı 793 m<sup>3</sup>'dür (Tablo 2). Yaklaşık %76.3'ü ormanlık alan olan planlama biriminin ormanlık alanlarda ortalama eğimi %33 civarındadır. Alanda ağırlıklı olarak Sarıçam (*Pinus sylvestris*) yayılış gösterse de Ardıç (*Juniperus sp.*), Çınar (*Platanus orientalis*), Meşe (*Quercus sp.*), Titrek kavak (*Populus tremula*), Akçaağaç (*Acer sp.*) da nadir olarak

bulunmaktadır. Oltu meteoroloji istasyonundan uzun yıllar ortalaması (1975-2005) olarak tespit edilen yıllık ortalama sıcaklık 9.8 °C ve ortalama toplam yağış miktarı 393.3 mm'dir. En yüksek sıcaklık temmuz ayında 40.1 °C ve en düşük sıcaklık Ocak ayında -24.2 °C'dir (OGM, 2015).

Tablo 2. Çalışma alanı ağaç serveti, artımı ve alanının işletme sınıflarına dağılımı

İşletme Sınıfı	Normal Kapalı Orman Alanı (ha)	Boşluklu Kapalı Orman Alanı (ha)	Toplam Alan (ha)	Toplam Hacim (m <sup>3</sup> )	Toplam Artım (m <sup>3</sup> /yıl)	Min. Kesim Yaşı
A	8,557.9	2,910.2	11,468.1	1,269,945	27,025	120
B	23.7	10,550.5	10,574.2	82,278	218	200
C	-	3,535.9	3,535.9	17,328	16	200
D	894.3	372.6	1,266.9	134,715	2,662	200
E	76.6	-	76.6	13,572	269	180
F	309.2	449.7	758.9	45,112	1,015	180
G	13.2	4,908.1	4,921.3	29,690	27	180
H	155.3	-	155.3	27,141	524	100
<b>Toplam</b>	<b>10,030.2</b>	<b>22,727.0</b>	<b>32,757.2</b>	<b>1,619,781</b>	<b>31,757</b>	

Alanda bitkisel kaynaklı odun dışı orman ürünleri olarak Laden (*Cistus creticus*), kızılıçık (*Cornus mas*), alıç (*Crateagus sp.*), böğürtlen (*Rubus sp.*), katır tırnağı (*Spartium junceum*), kekik (*Thymus sp.*), adaçayı (*Salvia sp.*), eğrelti (*Pteridium sp.*), sumak (*Rhus sp.*), çayır otları (*Greminea*), sarmaşık (*Hedera helix*) ve geven (*Astragalus sp.*) bulunmakta ve yöre halkı tarafından kullanılmaktadır. Planlı olarak üretimi yapılan bazı bitkisel kaynaklı türler orman köylülerine önemli miktarlarda ek gelir sağlamaktadır (OGM, 2015).

## 2.2. Materyal

Bu çalışma kapsamında gerekli verilerin elde edilmesinde çeşitli materyallerden yararlanılmıştır. Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı tarafından alana ait hava fotoğraflarından üretilen 1973, 1998 ve 2015 yıllarına ait meşcere haritaları, 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar (Erzurum G47 b3, G47 b4, G47 c1, G47 c2, G47 c3, G47 c4, G48 a3, G48 a4, G48 d1, G48 d2, G48 d3 ve G48 d4,) altlık olarak kullanılmıştır. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Oltu Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Hisar planlama birimine ait mevcut (2015-2034) amenajman planının yanında aynı çalışma alanı sınırlarına 1973-1992 ve 1998-2007 (OGM, 1998) dönemlere ait amenajman planları kaynak olarak değerlendirilmiştir. Hisar planlama birimine ait orman amenajman planları 1973-1992 yıllarını kapsayan dönemde Gökçedere, Yayladere, Kumludere ve Kale Serisi amenajman planları adı altında

işletilmiştir. Aynı alan 1998-2007 yılları ile 2015-2034 yıllarını kapsayan dönemde Yayladere serisine ait bazı bölmelerin Oltu Orman İşletme Şefliğine bırakılarak dış sınırı daraltılarak planlanmıştır. Alana ait 1998-2007 yılları ile 2015-2034 yıllarını kapsayan meşcere haritaları Erzurum Orman Bölge Müdürlüğünden sayısal olarak temin edilmişken, Gökçedere, Yayladere, Kumludere ve Kale serilerine ait 1973-1992 yıllarını kapsayan meşcere haritaları ise ArcGIS 10<sup>TM</sup> ile 5 metre hata payı ile sayısallaştırılmış ve konumsal veri tabanı kurulmuştur.

Meşcerelere ait aktüel servet değerlerinin tahminlerinde ilgili ağaç türüne ait dikili gövde hacim ve artım tablolarından yararlanılarak oluşturulan ve amenajman planlarındaki yer alan meşcere bazında hektardaki ağaç serveti ve artımı tabloları kullanılmıştır. Meşcere bazında canlı biyokütlede biriken karbon miktarının tahmin edilmesinde Türkiye sınırı içinde Tolunay (2013)'ün araştırmasında derlediği her bir ağaç türü için geliştirilen hacim ağırlığı (HA) ve Biyokütle Genişletme Faktörü (BGF) değerlerinden yararlanılmıştır. Çalışma alanına ait konumsal veri tabanının oluşturulması, orman yapısında zamana bağlı olarak meydana gelen değişimlerin analizinde ve karbon üretiminin konumsal dağılım haritalarının türetilmesinde ArcGIS 10<sup>TM</sup>'den yararlanılmıştır. Orman içi ve civarındaki köylerde nüfus değişiminin ormanın zamansal değişimi üzerindeki etkisinin değerlendirilebilmesi için çalışma alanı içerisinde yer alan köylerin farklı nüfus sayımına göre durumu Türkiye İstatistik Kurumundan temin edilmiştir (TİK, 2019).

## **2.3. Yöntem**

### **2.3.1. Amenajman Planı Verilerinin Sayısallaştırılması**

Bu çalışmada orman alanlarından elde edilen karbon birikiminin zamansal ve konumsal değişiminin ortaya konulabilmesi için, çalışma alanının 1973 yılına ait seri bazındaki meşcere tipleri haritaları raster formattan taranmıştır. Amenajman planlarının içerisinde bulunan meşcere tipleri haritalarının katlanmasından dolayı oluşan boşluklar taranan haritalardan GIMP2 programı ile kesildikten sonra 1/25000 ölçekli paftalardan alınan nirengi noktalarına göre koordinatlandırılmıştır. Her bir seri için oluşturulan katmanda sorgulamalarda kullanılmak üzere öznitelik veri alanları (meşcere tipi, bölme numarası, yaş sınıfı, kapalılık, gelişme çağı, arazi kullanım sınıfı gibi) oluşturulmuştur.

Sayısallaştırılan ve veri tabanı kurulan dört adet seriden oluşan Hisar planlama birimine ait katmanlar ArcGIS 10<sup>TM</sup>'nin merge komutu ile tek bir katmanda birleştirilmiştir.

### 2.3.2. Orman Karbon Havuzlarındaki Karbon Birikiminin Belirlenmesi

Bu çalışmada orman alanlarından elde edilen karbon birikimi toprak üstü biyokütle, toprak altı biyokütle, ölü odun, ölü örtü ve toprak organik maddesinde depolanan karbon miktarı olarak beş ayrı karbon havuzu için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Karbon stok değişiminin belirlenmesinde iki farklı envanter dönemi arasındaki karbon birikiminde meydana gelen değişime bağlı olan “Karbon stok değişim metodu” kullanılmıştır (IPCC, 2006). IPCC kılavuzunda karbon stok değişiminin belirlenmesinde önerilen “karbon kazanç ve kayıp yöntemi”ne göre “Karbon stok değişim metodu”nun tercih edilmesinin temel sebebi Türkiye ormanlarında envanter çalışmalarının periyodik tabanlı olarak yapılmasıdır. İki ayrı envanter dönemi arasındaki karbon stok değişimi eşitlik [1] ile belirlenmektedir.

$$\Delta C = (C_{t2} - C_{t1}) / (t2 - t1) \quad (1)$$

Burada  $\Delta C$  orman karbon stokundaki yıllık karbon değişimi (t/ha/yr),  $C_{t1}$  and  $C_{t2}$  sırasıyla  $t1$  ve  $t2$  yıllarındaki karbon stoku miktarını göstermektedir.

Her bir orman havuzlarındaki karbon birikim miktarı 2006 yılında yayımlanan AFOLU kılavuzuna bağlı olarak çeşitli katsayılar kullanmak suretiyle belirlenmiştir. Buna göre, toprak üstü ve toprak altı biyokütleden oluşan toplam canlı biyokütledeki karbon miktarı eşitlik [2]'ye göre hesaplanmıştır. Bu aşamada öncelikle Toprak Üstü Biyokütle (TÜB) ardından da Toprak Altı Biyokütle (TAB) belirlenmiştir. TÜB, orman envanteri ile meşcere bazında belirlenen dikili kabuklu gövde hacmi (DGH) tüm kabuklu gövde odununu Biyokütleye Dönüştürme ve Genişletme Katsayısı ( $BDGF_1$ ) ile çarpılmasıyla elde edilmiştir.  $BDGF_1$  değerleri hacim ağırlığı (HA) ile kabuklu biyokütle genişletme katsayısının (BGF) çarpılmasıyla elde edilmiştir (IPCC, 2006). TÜB değerlerinin ağaç tür grupları için belirlenen kök/sak oranlarıyla (R) çarpılması sonucu TAB değerleri hesaplanmıştır. TÜB ve TAB değerleri toplanarak belirlenen toplam canlı biyokütle miktarı karbon katsayısı (CF) ile çarpılarak bitkisel kütledeki toplam karbon miktarına dönüştürülmüştür [2].

$$TÜAK = (DGH * BDGF_1) * (1 + R) * CF \quad (2)$$

TÜAK canlı biyokütledeki yani TÜB ve TAB depolanan karbon stoku (t), DGH toprak üstü dikili kabuklu gövde hacmi ( $m^3$ ), BDGF<sub>1</sub> gövde hacminin toprak üstü biyomasa dönüşüm ve genişletme katsayısı, R kök/sak oranı, CF karbon faktörüdür (tC).

Bu çalışmada kullanılan HA ve BGF değerleri Türkiye orman ekosistemlerinde yapılmış bazı çalışmalardan derlenen farklı ağaç türleri için ortaya konulmuş katsayılardır (Tolunay, 2013). Çalışma alanına ait karbon hesaplamalarında her bir ağaç türü için kullanılan katsayılar Tablo 3'te gösterilmiştir. AFOLU kılavuzunda, herhangi bir ağaç türü için literatür araştırması sonucunda ülkeye özgü bir katsayının geliştirilmemiş olması halinde ilgili kılavuzda belirtilen katsayıların kullanılması önerilmiştir. Dolayısıyla diğer yapraklı (Dy) ağaç türleri için HA değerleri bu kılavuzdaki genelleştirilmiş katsayılar olarak kullanılmıştır. R ve CF katsayıları AFOLU kılavuzunda her bir iklim zonundaki ormanlardaki ağaç türü vejetasyonu için belirlenen katsayılardır (IPCC, 2006) (Tablo 4).

Tablo 3. Alandaki ağaç türlerinin HA, BGF ve BDGF değerleri (Tolunay, 2013)

Ağaç türü	Hacim Ağırlığı HA ( $t/m^3$ )	Biyokütle Genişletme Faktörü BGF	BDGF ( $t/m^3$ )
<i>Pinus sylvestris</i>	0.426 <sup>a</sup>	1.247	0.531
<i>Juniperus sp.</i>	0.460 <sup>a</sup>	1.212 <sup>c</sup>	0.558
<i>Quercus sp.</i>	0.570 <sup>a</sup>	1.322	0.754
<i>Populus sp.</i>	0.350 <sup>b</sup>	1.310 <sup>c</sup>	0.459
Yapraklı	0.541 <sup>c</sup>	1.310 <sup>c</sup>	0.709
İbrelili	0.446 <sup>c</sup>	1.212 <sup>c</sup>	0.541

<sup>a</sup> As et al. (2001); <sup>b</sup> IPCC (2003); <sup>c</sup> Tolunay (2013) ibrelili ve yapraklı ağaç türleri için geliştirilen genelleştirilmiş katsayılar

Tablo 4. Ağaç tür grupları için R ve CF katsayıları (IPCC, 2006)

Ağaç Tür Grubu	Toprak Üstü Biyokütle TÜB (t/ha)	Kök/Sak oranı R	Karbon Katsayısı CF
İbrelili	<50	0.40	0.51
	50-150	0.29	
	>150	0.20	
Meşe ( <i>Quercus sp.</i> )	>70	0.30	0.48
	<75	0.46	
Yapraklı	75-150	0.23	
	>150	0.24	

Orman ekosistemlerinin canlı biyokütlesinin haricindeki ölü odun, ölü örtü ve toprak organik maddesindeki karbon birikim miktarları belirlenmesinde ülke geneli için farklı ağaç tür gruplarına bağlı olarak geliştirilen katsayılar kullanılmıştır (Tolunay ve Çömez, 2008). Ölü odunda biriken karbon miktarı (ÖÖK), TÜB ile ölü odun biyokütlesinin topraküstü biyokütleye oranı olan (s) katsayısı ve ardından karbon katsayısı (CF) ile çarpılması suretiyle eşitlik [3]'e göre hesaplanmıştır. Hesaplamalardaki ölü odun biyokütlesinin topraküstü biyokütleye oranı %1 ve karbon katsayısı 0.47 olarak alınmıştır.

$$\text{ÖÖK}=\text{TÜB}*s*\text{CF} \quad (3)$$

Burada ÖÖK ölü odundaki karbon birikimi (t), TÜB toprak üstü biyokütle (ton), s ölü odun biyomasının topraküstü biyomasa oranı, CF karbon katsayısını göstermektedir.

Ölü örtü karbon birikimi (ÖÖK) ile toprak organik maddesindeki karbon birikimi (TOMK) sırasıyla eşitlik [4] ve [5] ile tahmin edilmiştir. Bu eşitliklere göre ilgili karbon değerleri orman alanı büyüklüğü (A) ile ilgili havuzlarda karbon içeriğinin (r) çarpılmasıyla hesaplanmıştır. ÖÖK ile TOMK'nin ülke geneli için normal kapalı ve boşluklu kapalı alanlardaki ağaç tür grupları için belirlenen karbon katsayılarıyla Tablo (3)'te özetlenmiştir (Tolunay ve Çömez, 2008).

$$\text{ÖÖK}=A*r \quad (4)$$

$$\text{TOMK}=A*r \quad (5)$$

Burada ÖÖK ölü örtüde biriken karbon miktarı (t), TOMK toprak organik maddesinde biriken karbon miktarı, A orman alanı (ha) ve r karbon içeriği (tC)'ni simgelemektedir.

Tablo 5. Ölü örtü ve toprak organik maddesindeki karbon katsayıları (Tolunay ve Çömez, 2008)

Ağaç Tür Grubu	ÖÖK (t/ha)		TOMK (t/ha)	
	Normal kapalı orman	Boşluklu kapalı orman	Normal kapalı orman	Boşluklu kapalı orman
İbrelili	7.46	1.86	76.56	19.14
Yapraklı	3.75	0.93	84.82	21.20

### 2.3.3. Karbon Birikiminin Zamansal Değişiminin Haritalandırılması

Hisar planlama biriminin karbon birikimlerinin zamansal değişiminin ortaya konulması ve bu değişimin konumsal dağılımının haritalandırılması amacıyla alana ait 1973, 1998 ve 2015 yılı meşcere haritaları ve envanter verileri kullanılmıştır. Her bir plan dönemine ait sayısal meşcere haritalarının veri tabanları excell ortamına aktarılarak meşcere tipi bazında toprak üstü, toprak altı, ölü odun, ölü örtü ve toprak organik maddesinde depolanan karbon ve karbon yoğunluk değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ardından her bir plan dönemine ait karbon değerleri coğrafi bilgi sistemlerinin join fonksiyonu kullanılarak veri tabanlarına aktarılmıştır. Böylece öncelikle 1973, 1998 ve 2015 yılları için bitkisel toplam karbon birikim miktarları ile karbon yoğunluklarının konumsal dağılımları ArcGIS 10<sup>TM</sup> yazılımı kullanılarak haritalandırılmıştır. Daha sonra 1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 yılları arasındaki dönemlerde bitkisel biyokütlede meydana gelen karbon yoğunluk değişimi ile toplam karbondaki meydana gelen karbon yoğunluk değişimi konumsal olarak haritalandırılmıştır.



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Karbon Birikiminin Hesaplanması

##### 3.1.1. Hisar Planlama Biriminin 1973 Yılı Karbon Hesabı

Çalışma alanının 1973 yılı meşcere tipleri haritası baz alındığında farklı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve karbon yoğunlukları Tablo 6'da gösterilmiştir. Buna göre, planlama birimi sınırları içerisinde toplam karbon birikimi ve karbon yoğunluğunun sırasıyla 1531.47 Gg C ve 62.26 Mg ha<sup>-1</sup> olduğu hesaplanmıştır. Belirlenen toplam karbon birikiminin 1002.96 Gg'si TOMK, 323.90 Gg'si TÜK, 103.97 Gg'si TAK, 97.65 Gg'si ÖÖK ve 2.99 Gg'si ÖOK olarak tespit edilmiştir. Toplam karbon havuzuna en büyük katkı %65.49 ile TOMK tarafından sağlanırken, en düşük katkı %0.19 ile ÖOK tarafından sağlanmıştır. Diğer karbon havuzları olan TÜK, TAK ve ÖÖK'nin toplam karbon birikimine katkısı sırasıyla %21.15, %6.79 ve %6.38 şeklinde ortaya çıkmıştır.

Tablo 6. 1973 yılı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve yoğunluğu

Karbon havuzu	Karbon birikimi (Gg C)	Karbon Yoğunluğu (Mg ha <sup>-1</sup> )	Karbon birikimi (%)
Toprak Üstü Biyokütle	323.90	13.17	21.15
Toprak Altı Biyokütle	103.97	4.23	6.79
Ölü Odun Biyokütlesi	2.99	0.12	0.19
Ölü örtü	97.65	3.97	6.38
Toprak Organik Maddesi	1002.96	40.77	65.49
<b>Toplam</b>	<b>1531.47</b>	<b>62.26</b>	<b>100.00</b>

##### 3.1.1.1. 1973 Yılı Farklı Parametrelere Göre Karbon Havuzlarındaki Durum

###### 3.1.1.1.1. 1973 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon

Çalışma alanının 1973 yılı itibarıyla farklı arazi kullanım sınıfları bazındaki karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 7'de özetlenmiştir. Toplam karbon birikiminin

1151.75 Gg'si (%75.21) saf, 268.33 Gg'si (%17.52) boşluklu kapalı, 109.55 Gg'si (%7.15) baltalık ve 1.84 Gg'si (%0.12) karışık meşcerelerden elde edilmiştir.

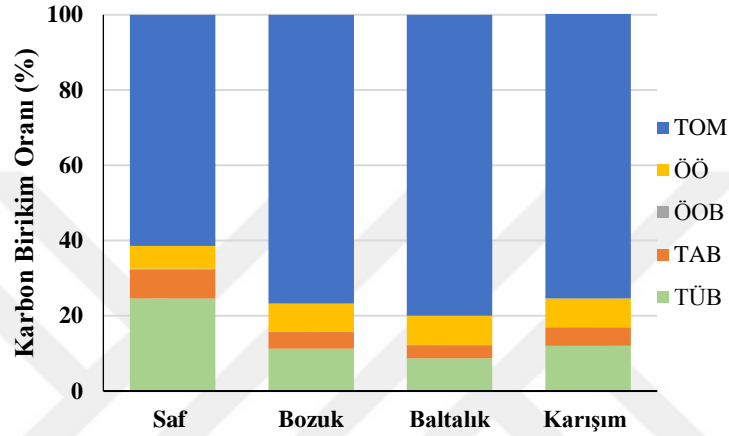
Tablo 7. 1973 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Arazi Kullanımı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
Saf	283.87	88.23	2.62	68.99	708.04	1151.75	9248.20
Boşluklu Kapalı	30.27	11.83	0.28	20.01	205.94	268.33	10759.57
Baltalık	9.54	3.82	0.09	8.51	87.59	109.55	4576.48
Karışık	0.22	0.09	0.00	0.14	1.39	1.84	18.11
<b>Toplam</b>	<b>323.90</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>	<b>24602.36</b>

Arazi kullanım sınıflarının alansal büyüklükleri toplam biriken karbon miktarı üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, 18.11 ha gibi oldukça küçük bir alana sahip olan karışık ormanlık sahanın biriktirdiği toplam karbon miktarı sadece 1.84 Gg olmuştur. Bunun yanında, saf ormanlık alanlar (9248.2 ha), boşluklu kapalı (10759.57 ha) ve baltalık sahalarında (4576.48 ha) yüksek alan değerlerine paralel olarak yüksek karbon birikim değerlerinin olduğu görülmektedir. Arazi kullanım sınıflarının alanları dikkate alındığında boşluklu kapalı ve saf orman alanlarının sırasıyla %43.73 (10759.57 ha) ve %37.59 (9248.2 ha) ile ormanlık alanlar içerisinde en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. Boşluklu kapalıya sahip orman alanları saf orman alanlarına göre daha geniş alana sahip olmasına rağmen boşluklu kapalı alanlardaki toplam karbon birikimi yaklaşık 4.3 kat daha düşük seviyede kalmıştır. Boşluklu kapalıya sahip sahalarının alansal olarak saf orman alanlarından çok daha geniş alan kaplamasına rağmen toplam karbon birikimine oldukça düşük katkı sağlamasının ana sebebi boşluklu kapalı alanlardaki biyokütle miktarının ve toprak karbon yoğunluklarının düşük olmasıdır.

Her bir arazi kullanım sınıfının kendi içerisinde farklı havuzlarındaki karbon birikimleri Tablo 7 ve Şekil 2 ile özetlenmiştir. Saf ormanlık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %61.48 (708.04 Gg)'i TOM, %24.65 (283.87 Gg)'i TÜB, %7.66 (88.23 Gg)'sı TAB, %5.99 (68.99 Gg)'u ÖÖ ve %0.23 (2.62 Gg)'ü ÖOB'den sağlanmıştır. Boşluklu kapalı ormanlık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %76.75 (205.94 Gg)'i TOM, %11.28 (30.27 Gg)'i TÜB, %4.41 (11.83 Gg)'i TAB, %7.46 (20.01 Gg)'sı ÖÖ ve %0.10 (0.28 Gg)'ü ÖOB'den sağlanmıştır. Baltalık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %79.95 (87.59 Gg)'i TOM, %8.71 (9.54 Gg)'i TÜB, %3.49 (3.82 Gg)'u TAB, %7.77 (8.51 Gg)'si ÖÖ ve

%0.08 (0.09 Gg)'i ÖOB sağlanmıştır. Karışık ormanlık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %75.54 (1.39 Gg)'sı TOM, %11.96 (0.22 Gg)'si TÜB, %4.89 (0.09 Gg)'si TAB, %7.61 (0.14 Gg)'i ÖÖ ve %0'ı ÖOB'den sağlanmıştır. Sonuç olarak, tüm arazi kullanım sınıfları için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ardından da TÜB'den sağlanmaktadır. Bunun yanında tüm arazi kullanım sınıfları için toplam karbon birikimine en düşük katkı ÖOB'den sağlanmaktadır.



Şekil 2. 1973 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.1.1.2. 1973 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon Yoğunluğu

1973 yılı itibariyle çalışma alanının farklı arazi kullanım sınıflarındaki karbon yoğunluk değerleri ve bu karbon yoğunluklarının her bir karbon havuzu itibariyle durumu Tablo 8'de gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu saf ve karışık ormanlarda sırasıyla 124.53 ve 101.07 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu boşluklu kapalı ve baltalık alanlardan sırasıyla 24.94 Mg ha<sup>-1</sup> ve 23.94 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanmıştır. Boşluklu kapalı ve baltalık sahaların alanlarının oldukça geniş olmasının yanında bu alanlardaki toprak üstü biyokütle miktarının oldukça düşük olması birim alandaki karbon birikiminin düşük hesaplanmasına neden olmuştur. Oysaki karışık ormanlık sahada çok küçük alana sahip olmasına rağmen toprak üstü biyokütle miktarının yüksek olması karbon yoğunluğunun yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 8. 1973 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzundaki karbon yoğunluğu

Arazi Kullanımı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
Saf	30.69	9.54	0.28	7.46	76.56	124.53
Boşluklu Kapalı	2.81	1.10	0.03	1.86	19.14	24.94
Baltalık	2.08	0.83	0.02	1.86	19.14	23.94
Karışık	12.11	4.84	0.11	7.46	76.55	101.07
<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>

Arazi kullanım sınıfları bazında karbon yoğunlukları üzerinde en büyük katkının TOM ardından da TÜB tarafından sağlandığı görülmektedir. Saf, boşluklu kapalı, baltalık ve karışık sahalarda TOM'un karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %61.48, %76.74, %79.95 ve %75.74 ile TÜB'ün karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %24.64, %11.27, %8.73 ve %11.98'dir. Bunun yanında TAB ve ÖÖ karbon yoğunlukları farklı arazi kullanım sınıfları için benzer değerler göstermişken en düşük katkı ÖOB'den sağlanmıştır.

### 3.1.1.1.3. 1973 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon

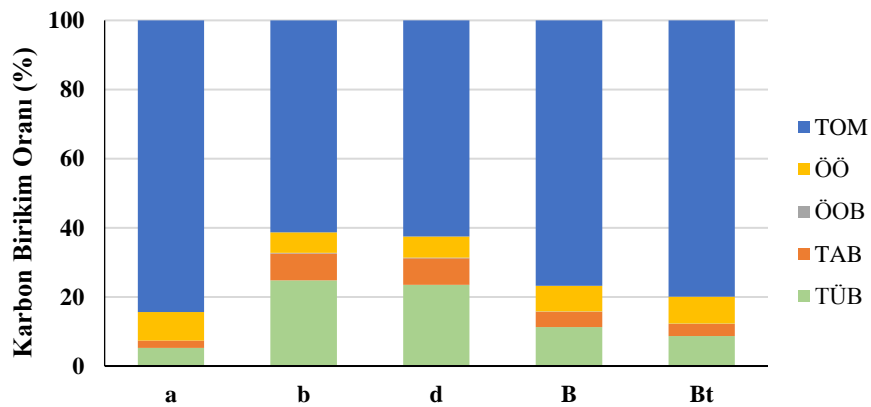
Çalışma alanının 1973 yılı itibariyle gelişim çağlarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 9'da gösterilmiştir. Toplam karbon birikiminin 659.94 Gg'si (%43.09) "bd", 389.05 Gg'si (%25.40) "b", 86.38 Gg'si (%5.64) "db", 10.04 Gg'si (%0.66) "ba", 6.1 Gg'si (%0.4) "ab" ve 2.08 Gg'si (%0.14) "d" çağlarından sağlanmıştır.

Tablo 9. 1973 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Gelişim çağı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
ab	0.32	0.13	0.00	0.50	5.15	6.10	67.31
b	79.69	26.48	0.73	25.05	257.09	389.05	3358.00
ba	1.05	0.42	0.01	0.76	7.79	10.04	101.79
bd	182.22	54.56	1.68	37.42	384.06	659.94	5016.48
d	0.37	0.15	0.00	0.14	1.42	2.08	18.50
db	20.44	6.58	0.19	5.25	53.92	86.38	704.22
B	30.27	11.83	0.28	20.01	205.94	268.33	10759.57
Bt	9.54	3.82	0.09	8.51	87.59	109.55	4576.48
<b>Toplam</b>	<b>323.90</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>	<b>24602.36</b>

Gelişim çağları itibariyle toplam karbon miktarındaki değişikliğin ana sebebi gelişim çağlarının alansal büyüklükleri ile birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarlarının birlikte etkisidir. “d” çağında sadece 18.5 ha alanın varlığı (%0.08) ve birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarının düşük olması (39.23 t/ha), toplam karbon miktarının en düşük oranda çıkmasına neden olmuştur. “bd” çağının karbon birikimine en yüksek oranda katkı sağlamasının ana sebebi ise alandaki toprak üstü biyokütle miktarının (357,324.23 ton-%56.23) ve toplam alan büyüklüğünün (5016.48 ha-%20.39) diğer gelişim çağlarına göre en yüksek oranda olmasıdır. Benzer şekilde çalışma alanının yaklaşık %43.73’ünü kaplayan boşluklu kapalı (“B”) sahalarda toprak üstü biyokütle miktarının ve toprak karbon yoğunluğunun son derece düşük olması bu alanlarda toplam karbon birikiminin oldukça düşük çıkmasına neden olmuştur.

Her bir gelişim çağının kendi içerisinde farklı karbon havuzlarına göre karbon birikim miktarları Tablo 9 ve Şekil 3 ile özetlenmiştir. Gençlik (“ab”) çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %5.25 (0.32 Gg)’i TÜB, %2.13 (0.13 Gg)’ü TAB, %8.20 (0.5 Gg)’si ÖÖ ve %84.43 (5.15 Gg)’ü TOM’dan sağlanmıştır. Sırlıklık-direklik çağına (“b”, “ba” ve “bd”) sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %24.83 (262.96 Gg)’ü TÜB, %7.69 (81.46 Gg)’ü TAB, %0.23 (2.42Gg)’ü ÖOB, %5.97 (63.23 Gg)’si ÖÖ ve %61.28 (648.94 Gg)’i TOM’dan sağlanmıştır. Orta ağaçlık (“d” ve “db”) çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %23.52 (20.81)’si TÜB, %7.61 (6.73 Gg)’i TAB, %0.21 (0.19 Gg)’i ÖO, %6.09 (5.39 Gg)’ü ÖÖ ve %62.56 (55.34 Gg)’sı TOM’dan sağlanmıştır. Sonuç olarak, tüm gelişim çağları için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ardından da TÜB’den sağlanırken toplam karbon birikimine en düşük katkı ÖOB’den sağlanmaktadır.



Şekil 3. 1973 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.1.1.4. 1973 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon Yoğunluğu

1973 yılı itibariyle çalışma alanının farklı gelişim çağları itibariyle karbon yoğunluk değerleri ve bu karbon yoğunluklarının her bir karbon havuzu itibariyle durumu Tablo 10’da gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu “bd” ve “db” gelişim çağlarında sırasıyla 131.55 ve 122.66 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu “ab” gelişim çağında 90.67 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanmıştır. Gençlik çağındaki meşcerelerde (“ab”) birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarı (9.26 t/ha) çok düşük olduğu için karbon yoğunluğu (90.67 Mg ha<sup>-1</sup>) oldukça düşük çıkmıştır. Ancak, “bd” ve “db” gelişim çağlarında birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarı sırasıyla 71.23 ve 56.91 ton/ha ile yüksek değerlerde seyrettiği için karbon yoğunluğunun yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 10. 1973 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Gelişim çağı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
ab	4.72	1.89	0.04	7.46	76.56	90.67
b	23.73	7.89	0.22	7.46	76.56	115.86
ba	10.36	4.14	0.10	7.46	76.56	98.62
bd	36.32	10.88	0.33	7.46	76.56	131.55
d	20.01	8.00	0.18	7.46	76.56	112.21
db	29.02	9.35	0.27	7.46	76.56	122.66
B	2.81	1.10	0.03	1.86	19.14	24.94
Bt	2.09	0.83	0.02	1.86	19.14	23.94
<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>

Toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı gelişim çağları açısından ayrı ayrı incelendiğinde en büyük katkının toprak organik maddesi en düşük katkının da ölü odun biyokütlesinden olduğu görülmektedir. Gençlik çağındaki (“ab”) alanlarda TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM’daki karbon yoğunlukları sırasıyla 4.72 (%5.21), 1.89 (%2.08), 0.04 (%0.04), 7.46 (%8.23) ve 76.56 (%84.44) Mg ha<sup>-1</sup>’dir. Sırlıklık-direklik çağındaki alanlarda (“b”, “ba” ve “bd”) TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM sırasıyla 31.02 (24.83), 9.61 (7.69), 0.29 (0.23), 7.46 (%5.97) ve 76.56 (%61.28) Mg ha<sup>-1</sup>’dir. Orta ağaçlık çağındaki meşcerelerde ise karbon yoğunlukları sırasıyla 28.79 (%23.52), 9.31 (%7.61), 0.27 (%0.22), 7.46 (%6.1) ve 76.56 (%62.55) Mg ha<sup>-1</sup>’dir.

### 3.1.1.1.5. 1973 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon

Hisar planlama biriminin 1973 yılı kapalılıklarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 11’de özetlenmiştir. Toplam karbon birikiminin 427.2 Gg’si (%27.89) “3” tam kapalı, 417.33 Gg’si (%27.25) “2” orta kapalı, 309.06 Gg’si (%20.18) “1” gevşek kapalı, 377.88 Gg’si (%24.67) “B” boşluklu kapalı alanlardan sağlanmıştır.

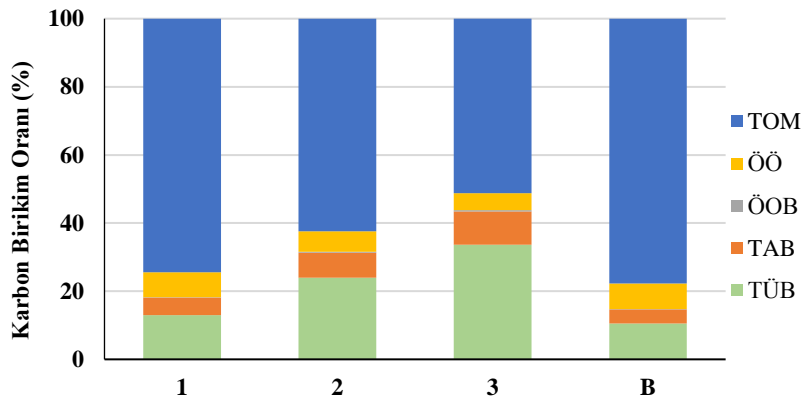
Tablo 11. 1973 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzundaki karbon birikimi

Kapalılık	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
1	40.09	16.04	0.37	22.42	230.14	309.06	3005.99
2	100.16	30.55	0.92	25.37	260.33	417.33	3400.32
3	143.84	41.73	1.33	21.34	218.96	427.2	2860
B	39.81	15.65	0.37	28.52	293.53	377.88	15336.05
<b>Toplam</b>	<b>323.9</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>	<b>24602.36</b>

Meşcere kapalılıkları itibariyle toplam karbon miktarları tam ve orta kapalı alanlarda oldukça yüksek çıkmasının temel sebebi alansal büyüklükleri ile birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarlarıdır. “3” kapalı alanların orman alanları içerisinde 2860 ha ile %11.62 gibi en düşük oranda pay sahibi olmasına rağmen en yüksek oranda karbon birikimine katkı sağlamanın temel sebebi en yüksek oranda toprak üstü biyokütle (282060.83 ton-%73.38) taşımasıdır. Normal kapalılığa sahip alanlar içerisinde “2” kapalı alanlar en yüksek alansal büyüklüğe (3400.32 ha) sahip olmasına rağmen, toprak üstü biyokütlesinin (196409.42 ton-%30.21) daha düşük olmasından ötürü “3” kapalı alanlara göre daha düşük karbon birikimi gerçekleştirmiştir. “1” kapalı alanlar ise en düşük miktarda toprak üstü biyokütleyle sahip (78603.50 ton- %12.09) olması sebebiyle normal kapalılıktaki alanlara kıyasla en düşük karbon birikimini gerçekleştirmiştir. Bunun yanında boşluklu kapalılığa sahip boşluklu kapalı alanlarda düşük toprak üstü biyokütle (59684.14 ton-%9.18) toplam karbon birikiminin “2” ve “3” kapalı alanlara göre daha düşük seviyede (%24.67) gerçekleşmesine neden olurken, alansal büyüklüğün çok yüksek olması (15336.05 ha -%62.34) “1” kapalı alanlara göre daha yüksek seviyede (%20.18) gerçekleşmesine neden olmuştur.

Her bir kapalılığın karbon birikimine katkısı farklı karbon havuzları itibariyle Tablo 11 ve Şekil 4’te gösterilmiştir. Gevşek kapalılığa (“1”) sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %12.97 (40.09 Gg)’si TÜB, %5.19 (16.04 Gg)’u TAB, %0.12 (0.37 Gg)’si ÖOB,

%7.25 (22.42 Gg)'i ÖÖ ve %74.46 (230.14 Gg)'si TOM'dan sağlanmıştır. Orta kapalılığa ("2") sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %24.00 (100.16)'ı TÜB, %7.32 (30.55 Gg)'si TAB, %0.22 (0.92 Gg)'si ÖOB, %6.08 (25.37 Gg)'i ÖÖ ve %62.38 (260.33 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Tam kapalı ("3") alanlarda biriken toplam karbon miktarının %33.67 (143.84)'si TÜB, %9.77 (41.73 Gg)'si TAB, %0.31 (1.33 Gg)'i ÖOB, %5.00 (21.34 Gg)'i ÖÖ ve %51.25 (218.96 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda biriken toplam karbon miktarının %10.54 (39.81)'ü TÜB, %4.14 (15.65 Gg)'ü TAB, %0.10 (0.37 Gg)'ü ÖOB, %7.55 (28.52 Gg)'i ÖÖ ve %77.68 (293.53 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Sonuç olarak, tüm kapalılık sınıflarına sahip alanlar için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ardından da TÜB'den sağlanırken toplam karbon birikimine en düşük katkı ÖOB'den sağlanmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. 1973 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.1.1.6. 1973 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon Yoğunluğu

Planlama biriminin 1973 yılı itibariyle farklı kapalılıklara göre karbon yoğunluk değerleri ve karbon yoğunlukları üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı Tablo 12'de gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu normal kapalı alanlar olarak ifade edilen "1", "2" ve "3" kapalılığa sahip alanlarda sırasıyla 102.81, 122.73 ve 149.37 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu boşluklu kapalılığa sahip "B" alanlarda 24.64 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin oldukça düşük (5.11 t/ha) ancak alanın çok geniş (orman alanının %62.34'ü) olması karbon yoğunluğunu olumsuz etkilemiştir. Benzer şekilde "3" kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin oldukça yüksek olması (98.6 t/ha) karbon yoğunluğunun çok yüksek olmasına neden olmuştur.



Tablo 12. 1973 yılı meşçere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Gelişim çağı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
1	13.34	5.33	0.12	7.46	76.56	102.81
2	29.45	8.99	0.27	7.46	76.56	122.73
3	50.30	14.59	0.46	7.46	76.56	149.37
B	2.60	1.02	0.02	1.86	19.14	24.64
<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>

Toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı kapalılık açısından ayrı ayrı incelendiğinde en büyük katkının TOM en düşük katkının da ÖOB'den olduğu görülmektedir. Gevşek kapalı ("1") alanlarda TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'daki karbon yoğunlukları sırasıyla 13.34 (%12.97), 5.34 (%5.18), 0.12 (%0.12), 7.46 (%7.26) ve 76.51 (%74.47) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Orta kapalı "2" alanlarda ise bu değerler sırasıyla 29.45 (%24), 8.98 (7.32), 0.27 (%0.22), 7.46 (%6.08) ve 76.56 (%62.38) Mg ha<sup>-1</sup> ve tam kapalı "3" alanlarda ise sırasıyla 50.30 (%33.67), 14.59 (%9.77), 0.47 (%0.31), 7.46 (%4.99) ve 76.56 (%51.26) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Boşluklu kapalılığa sahip alanlarda ise bu değerler sırasıyla 2.60 (%10.55), 1.02 (%4.14), 0.02 (%0.08), 1.86 (%7.55) ve 19.14 (%77.68) Mg ha<sup>-1</sup> şeklinde olmuştur.

### 3.1.1.1.7. 1973 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon

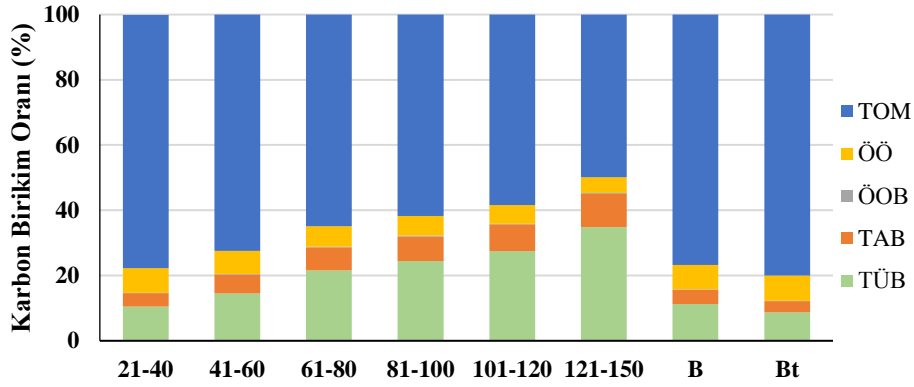
Planlama biriminin 1973 yılı itibariyle yaş sınıflarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 13'te verilmiştir. Toplam karbon birikiminin 10.04 Gg'si (%0.66) 21-40, 22.77 Gg'si (%1.49) 41-60, 320.33 Gg'si (%20.91) 61-80, 366.07 Gg'si (%23.90) 81-100, 407.96 Gg'si (%26.64) 101-120 ve 26.42 Gg'si (%1.73) 121-150 yaş sınıflarında elde edilmiştir. Planlama biriminde depolanan toplam karbon miktarının %71.46'sı 60-120 yaş sınıflarında ortaya çıkmıştır. Bu alanlardaki en yüksek karbon birikiminin temel sebebi bu yaş sınıflarının her biri için alandaki toprak üstü biyokütle ve alan miktarlarının çok yüksek olmasıdır. Detaylıca açıklamak gerekirse; 61-80, 81-100, 101-120 yaş sınıflarında toprak üstü biyokütller sırasıyla 50.05 t/ha (toplam biyokütle oranı %21.37), 59.38 t/ha (%27.59) ve 70.52 t/ha (%34.52)'dir. Bunun yanında toprak üstü biyokütleye oldukça düşük katkısı olan 21-40 (20.32 t/ha-%0.33) yaş sınıfında karbon birikimi de oldukça düşük

seviyede (%0.66) kalmıştır. Ancak 121-150 yaş sınıfında birim alandaki toprak üstü biyokütle en yüksek oranda (104.78 t/ha) olmasına rağmen toplam karbon üretimi alan büyüklüğünün düşük olması sebebiyle oldukça düşük (26.42 Gg) çıkmıştır.

Tablo 13. 1973 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yaş sınıfı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
21-40	1.05	0.43	0.01	0.76	7.79	10.04	101.79
41-60	3.31	1.32	0.03	1.61	16.50	22.77	215.51
61-80	69.26	22.41	0.64	20.25	207.77	320.33	2713.82
81-100	89.42	27.73	0.82	22.03	226.07	366.07	2952.82
101-120	111.86	33.73	1.03	23.20	238.14	407.96	3110.45
121-150	9.19	2.70	0.09	1.28	13.16	26.42	171.92
B	30.27	11.83	0.28	20.01	205.94	268.33	10759.57
Bt	9.54	3.82	0.09	8.51	87.59	109.55	4576.48
<b>Toplam</b>	<b>323.90</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>	<b>24602.36</b>

Yaş sınıflarının kendi içerisinde farklı havuzlarındaki karbon birikimleri Tablo 13 ve Şekil 5'te özetlenmiştir. 21-40 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %10.46 (1.05 Gg)'sı TÜB, %4.28 (0.43 Gg)'u TAB, %0.10 (0.01 Gg)'u ÖOB, %7.57 (0.76 Gg)'si ÖÖ ve %77.59 (7.79 Gg)'u TOM'dan sağlanmıştır. 41-60 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %14.54 (3.31 Gg)'ü TÜB, %5.80 (1.32 Gg)'i TAB, %0.13 (0.03 Gg)'ü ÖOB, %7.07 (1.61 Gg)'si ÖÖ ve %72.46 (16.5 Gg)'sı TOM'dan sağlanmıştır. 61-80 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %21.62 (69.26 Gg)'si TÜB, %7.00 (22.41 Gg)'i TAB, %0.20 (0.64 Gg)'si ÖOB, %6.32 (20.25 Gg)'si ÖÖ ve %64.86 (207.77 Gg)'sı TOM'dan sağlanmıştır. 81-100 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %24.43 (89.42 Gg)'ü TÜB, %7.58 (27.73 Gg)'i TAB, %0.22 (0.82 Gg)'si ÖOB, %6.02 (22.03 Gg)'si ÖÖ ve %61.76 (226.07 Gg)'sı TOM'dan sağlanmıştır. 101-120 yaş sınıfında %27.42 (111.86 Gg)'i TÜB, %8.27 (33.73 Gg)'i TAB, %0.25 (1.03 Gg)'ü ÖOB, %5.69 (23.2 Gg)'u ÖÖ ve %58.37 (238.14 Gg)'i, TOM'dan sağlanmıştır. 121-150 yaş sınıfında %34.78 (9.19 Gg)'i TÜB, %10.22 (2.7 Gg)'si TAB, %0.34 (0.09 Gg)'u ÖOB, %4.84 (1.28 Gg)'ü ÖÖ ve %49.81 (13.16 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Sonuç olarak, her bir yaş sınıfı için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ardından da TÜB'den sağlanmaktadır. Toplam karbon birikimine en düşük katkı ÖOB'den sağlanmaktadır.



Şekil 5. 1973 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.1.1.8. 1973 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon Yoğunluğu

Planlama biriminin 1973 yılına ait farklı yaş sınıflarındaki karbon yoğunluk değerleri ve bu karbon yoğunluklarının her bir karbon havuzu itibariyle miktarı Tablo 14'te gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu 121-150 yaş sınıfında  $153.68 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile ve en düşük karbon yoğunluğu 21-40 yaş sınıfında  $98.62 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile ortaya çıkmıştır. 21-40 yaş sınıfında karbon yoğunluğunun çok düşük olma sebebi toprak üstü biyokütle miktarının toplam  $2068.10 \text{ ton}$  ve  $20.03 \text{ t/ha}$  ile en düşük seviyede ( $\%0.33$ ) olmasıdır. 121-150 yaş sınıfında toplam toprak üstü biyokütle miktarı 60-120 yaş sınıfına göre düşük olmasına rağmen toplam alan miktarları da düşük olunca toplam karbon yoğunluğu fazla çıkmıştır.

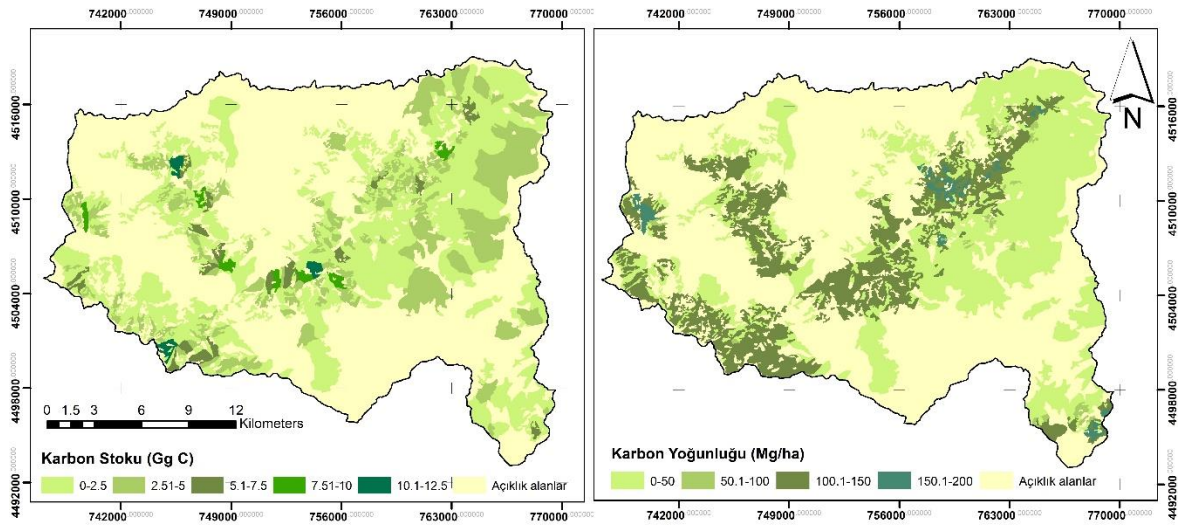
Tablo 14. 1973 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Arazi Kullanımı	TÜB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	TAB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	ÖOB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	ÖÖ ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	TOM ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	Toplam ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )
21-40	10.36	4.14	0.10	7.46	76.56	98.62
41-60	15.34	6.14	0.14	7.46	76.56	105.64
61-80	25.52	8.26	0.24	7.46	76.56	118.04
81-100	30.28	9.39	0.28	7.46	76.56	123.97
101-120	35.96	10.84	0.33	7.46	76.56	131.16
121-150	53.44	15.73	0.49	7.46	76.56	153.68
B	2.81	1.10	0.03	1.86	19.14	24.94
Bt	2.09	0.83	0.02	1.86	19.14	23.94
<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>

Yaş sınıfları bazında toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde en büyük katkının TOM ardından TÜB tarafından ve en düşük karbon yoğunluğunun ÖOB'den sağlandığı görülmektedir. Tüm yaş sınıflarında TOM'un karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %77.63, %72.47, %64.86 ve %61.76, %58.37 ve %49.82 ile TÜB'ün karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %10.50, %14.52, %21.62, %24.43, %27.42 ve %34.77'dir. Bunun yanında tüm yaş sınıflarında TAB, ÖO ve ÖÖ'nün karbon yoğunluğuna katkısı %10'un altında seyretmiştir.

### 3.1.1.2. 1973 Yılı Karbon Birikiminin Konumsal Dağılımı

1973 yılı meşcere tipleri bazında belirlenen TÜB, TAB, ÖO, ÖÖ ve TOM'un tümünde depolanan toplam karbon birikiminin konumsal dağılımı ile toplam karbon değerinin birim alandaki yoğunluk değerlerinin konumsal dağılımı Şekil 6'da gösterilmiştir. Buna göre alanda toplam karbon birikimi 2,500 tonun altında olan alanlar 15765.53 ha (%28.43), 2,501-5,000 ton arasında olan alanlar 7433.17 ha (%13.40), 5001-7500 ton arasında olan alanlar 921.43 ha (%1.66), 7,501-10,000 ton olan alanlar 435.66 ha (%0.79) ve 10,000-12,500 ton olan alanlar 241.64 ha (0.44)'dir. Alanın %55.29'u ağaçsız orman alanı ya da açıklık alan olduğundan karbon birikimine katkı sağlamazken geri kalan alanın %41.83'ünde toplam karbon birikimi 5,000 ton'un altında kalmıştır. Ayrıca karbon yoğunlukları alanın %28.0'ında  $50 \text{ Mg ha}^{-1}$ 'in altında, %0.70'inde  $50.1-100 \text{ Mg ha}^{-1}$  arasında, %14.95'inde  $100.1-150 \text{ Mg ha}^{-1}$  arasında ve %1.06'sında  $150 \text{ Mg ha}^{-1}$ 'in üzerinde çıkmıştır.



Şekil 6. 1973 yılı karbon stoku ve yoğunluğunun konumsal dağılımı

### 3.1.2. Hisar Planlama Biriminin 1998 Yılı Karbon Hesabı

Planlama biriminin 1998 yılı envanter değerleri baz alındığında farklı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve karbon yoğunlukları Tablo 15'te gösterilmiştir. Planlama birimi sınırları içerisinde toplam karbon birikimi ve karbon yoğunluğunun sırasıyla 1683.04 Gg ve 56.87 Mg ha<sup>-1</sup> olduğu hesaplanmıştır. Toplam karbon birikiminin 1093.59 Gg'si TOM, 368.68 Gg'si TÜB, 120.86 Gg'si TAB, 96.49 Gg'si ÖÖ ve 3.42 Gg'si ÖOB'de depolanmaktadır. Toplam karbon havuzuna en büyük katkı %64.98 ile TOM tarafından sağlanırken, en düşük katkı %0.20 ile ÖOB tarafından sağlanmıştır. Bunun yanında toplam karbon havuzuna katkı TÜB tarafından %21.91, TAB tarafından %7.18 ve ÖÖ tarafından %5.73 oranında sağlanmıştır.

Tablo 15. 1998 yılı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve yoğunluğu

Karbon havuzu	Karbon birikimi (Gg C)	Karbon Yoğunluğu (Mg ha <sup>-1</sup> )	Karbon birikimi (%)
Toprak Üstü Biyokütle	368.68	12.46	21.91
Toprak Altı Biyokütle	120.86	4.08	7.18
Ölü Odun Biyokütlesi	3.42	0.12	0.20
Ölü örtü	96.49	3.26	5.73
Toprak Organik Maddesi	1093.59	36.95	64.98
<b>Toplam</b>	<b>1683.04</b>	<b>56.87</b>	<b>100.00</b>

#### 3.1.2.1. 1998 Yılı Farklı Parametrelere Göre Karbon Havuzlarındaki Durum

##### 3.1.2.1.1. 1998 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon

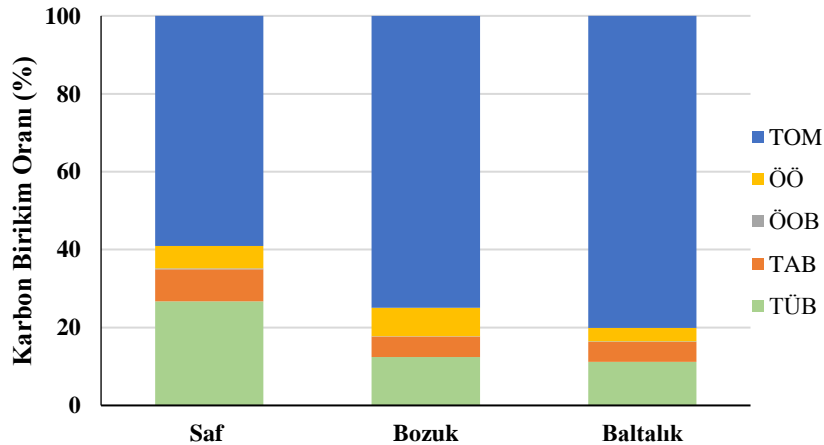
1998 yılı envanter verilerine göre arazi kullanım sınıfları bazındaki toplam karbon birikiminin 1133.89 Gg'si (%67.37) saf, 315.75 Gg'si (%18.76) boşluklu kapalı ve 233.4 Gg'si (%13.87) baltalık alanlardan elde edilmiştir (Tablo 16). Saf meşcerelerin en yüksek katkı sağlamasının ana sebebi bu alanlardaki toprak üstü biyokütle miktarının boşluklu kapalı ve baltalık alanlara göre oldukça yüksek olmasıdır. Saf alanlardaki toplam toprak üstü biyokütle 594948.60 ton ile toplam biyokütlenin %81.75'ini oluşturmaktadır. Benzer şekilde boşluklu kapalı orman alanlarında toplam alan miktarı ormanlık alanların %41.77'sini oluşturmasına rağmen toprak üstü biyokütlesinin düşük olması (78531.44 ton-6.35 t/ha)

düşük miktarda karbon birikimine neden olmuştur. Baltalıklarda ise hem alansal (8483.88 ha-%28.66) hem de toprak üstü biyokütle (54300.89 ton-%7.46) olarak düşük değere sahip olması bu alanların en düşük oranda karbon birikimine neden olmuştur.

Tablo 16. 1998 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Arazi Kullanımı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
Saf	303.35	92.42	2.80	65.29	670.04	1133.89	8751.85
Boşluklu Kapalı	39.27	16.46	0.36	23.00	236.66	315.75	12364.65
Baltalık	26.06	11.99	0.26	8.20	186.89	233.40	8483.88
<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>	<b>29600.38</b>

Arazi kullanım sınıfının kendi içerisinde farklı havuzlarındaki karbon birikimleri Tablo 16 ve Şekil 7’de özetlenmiştir. Saf ormanlık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %59.09 (670.04 Gg)’u TOM, %26.75 (303.25 Gg)’i TÜB, %8.15 (92.41 Gg)’i TAB, %5.76 (65.29 Gg)’si ÖÖ ve %0.25 (2.80 Gg)’i ÖOB’den sağlanmıştır. Boşluklu kapalı ormanlık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %74.95 (236.66 Gg)’i TOM, %12.44 (39.27 Gg)’ü TÜB, %5.21 (16.46 Gg)’i TAB, %7.28 (23.00 Gg)’i ÖÖ ve %0.12 (0.36 Gg)’si ÖOB’den sağlanmıştır. Baltalık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %80.07 (186.89 Gg)’si TOM, %11.17 (26.06 Gg)’si TÜB, %5.14 (11.99 Gg)’ü TAB, %3.51 (8.2 Gg)’i ÖÖ ve %0.11 (0.26 Gg)’i ÖOB’den sağlanmıştır.



Şekil 7. 1998 yılı arazi kullanım sınıfının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.2.1.2. 1998 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon Yoğunluğu

1998 yılı itibariyle çalışma alanının farklı arazi kullanım sınıflarındaki karbon yoğunluk değerleri ve bu karbon yoğunluklarının her bir karbon havuzu itibariyle durumu Tablo 17’de gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu saf ormanlarda 129.56 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu boşluklu kapalı ve baltalık alanlardan sırasıyla 25.54 Mg ha<sup>-1</sup> ve 27.51 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanmıştır. Boşluklu kapalı ve baltalık alanlarının oldukça geniş alana sahip olması (12364.65 ha-8483.88 ha) yanında bu alanlardaki toprak üstü biyokütle miktarının (6.35 t/ha ve 6.40 t/ha) oldukça düşük olması birim alandaki karbon birikiminin düşük hesaplanmasına neden olmuştur. Oysaki saf ormanlık alanlar toplam toprak üstü biyokütle miktarının %81.75 gibi çok büyük bir oranına sahip olması (594948 ton- 67.98 t/ha) ve çok geniş alana sahip olmaması birim alandaki karbon miktarının yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 17. 1998 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Arazi Kullanımı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
Saf	34.66	10.56	0.32	7.46	76.56	129.56
Boşluklu Kapalı	3.18	1.33	0.03	1.86	19.14	25.54
Baltalık	3.07	1.41	0.03	0.97	22.03	27.51
<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.86</b>

Toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı arazi kullanım sınıfları bazında ayrı ayrı incelendiğinde en büyük katkının TOM ardından TÜB tarafından sağlandığı görülmektedir. Saf, boşluklu kapalı ve baltalık sahalarda TOM’un karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %59.09, %74.94, ve %80.08 iken TÜB’ün karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %26.75, %12.45 ve %11.16’dır. Bunun yanında TAB ve ÖÖ karbon yoğunlukları farklı arazi kullanım sınıfları için %5-10 arasında seyrederken, en düşük katkı ÖOB’den %1’in altında sağlanmıştır.

### 3.1.2.1.3. 1998 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon

Planlama biriminin 1998 yılı için gelişim çağlarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 18’de gösterilmiştir. Toplam karbon birikiminin 12.85 Gg’si

(%0.76) “a”, 9.68 Gg’si (%0.58) “b”, 383.83 Gg’si (%22.81) “bc”, 150.30 Gg’si (%8.93) “c”, 524.98 Gg’si (%31.19) “cd”, 52.25 Gg’si (%3.10) “d” gelişim çağlarından ve geri kalan 549.15 Gg’si (%32.63) boşluklu kapalı ve baltalık alanlardan sağlanmıştır.

Tablo 18. 1998 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

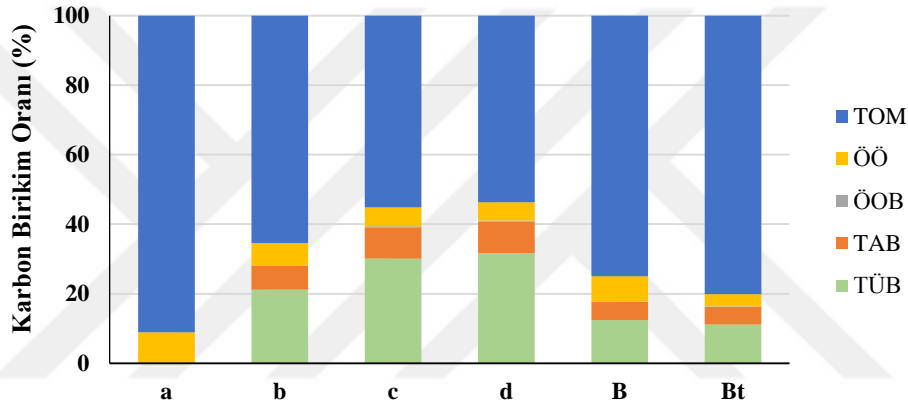
Gelişim çağı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
a	0.00	0.00	0.00	1.14	11.71	12.85	152.99
b	1.37	0.55	0.01	0.70	7.05	9.68	92.22
bc	81.98	26.26	0.76	24.40	250.43	383.83	3271.00
c	45.25	13.15	0.42	8.12	83.36	150.30	1088.77
cd	158.22	47.66	1.46	28.20	289.44	524.98	3780.51
d	16.53	4.79	0.15	2.73	28.05	52.25	366.37
B	39.27	16.46	0.37	23.00	236.66	315.75	12364.65
Bt	26.06	11.99	0.26	8.20	186.89	233.40	8483.88
<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>	<b>29600.38</b>

Gelişim çağları bazında toplam karbon miktarındaki farklılığın ana sebebi gelişim çağlarının alansal büyüklükleri ile birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarlarının birlikte etkisidir. “bc”, “c” ve “cd” gelişim çağlarında en yüksek oranda karbon birikiminin (sırasıyla toplam karbon yüzdesi %22.81, %8.93 ve %31.19) sağlanması toprak üstü biyokütle miktarı ile açıklanabilir. “bc”, “c” ve “cd” gelişim çağlarında toprak üstü biyokütle miktarları sırasıyla 24893.33 ton, 11336.20 ton ve 39146.63 ton ile alandaki toplam toprak üstü biyokütle miktarının %22.11, %12.19 ve %42.63’lük kısmını oluşturmaktadır. “d” gelişim çağında ise birim alandaki topraküstü biyokütle miktarı fazla olmasına rağmen bu gelişim çağına sahip meşcerelerin kapladıkları alanın (366.37 ha) çok düşük olması diğer sınıflardan daha düşük 52.25 Gg ile %3.10 oranında karbon birikimine katkıda bulunmasına neden olmuştur. “a” ve “b” gelişim çağlarındaki toprak üstü biyokütle miktarlarının çok düşük olması (sırasıyla 0 ve 754.95 ton) ve bunun yanında büyüklük bakımından da az alan kaplamaları (152 ha ve 92.22 ha) bu gelişim çağlarının çok düşük oranda karbon üretimine katkı sağlamasına neden olmuştur.

Her bir gelişim çağının kendi içerisinde farklı karbon havuzlarına göre karbon birikim miktarları Tablo 18 ve Şekil 8 ile özetlenmiştir. Gençlik (“a”) çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %91.13 (11.71 Gg)’ü TOM ve %8.87 (1.14 Gg)’si ÖÖ’den sağlanmıştır. Sırlıklık-direklik çağına (“b” ve “bc”) sahip alanlarda biriken toplam karbon



miktarının %21.18 (83.35)'i TÜB, %6.81 (26.81 Gg)'i TAB, %0.2 (0.77 Gg)'si ÖOB, %6.38 (25.10 Gg)'i ÖÖ ve %65.43 (257.48 Gg)'ü TOM'dan sağlanmıştır. İnce ağaçlık ("c" ve "cd") çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %30.13 (203.47)'ü TÜB, %9.00 (60.81 Gg)'i TAB, %0.28 (1.88 Gg)'i ÖOB, %5.38 (36.32 Gg)'i ÖÖ ve %55.21 (372.80 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Orta ağaçlık "d" çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %31.64 (16.53)'ü TÜB, %9.17 (4.79 Gg)'si TAB, %0.29 (0.15 Gg)'ü ÖOB, %5.22 (2.73 Gg)'si ÖÖ ve %53.68 (28.05 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Tüm gelişim çağları için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ve en düşük katkı ÖOB'den sağlanmaktadır.



Şekil 8. 1998 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

#### 3.1.2.1.4. 1998 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon Yoğunluğu

Planlama biriminin 1998 yılı envanter sonuçları dikkate alındığında farklı gelişim çağları itibariyle karbon yoğunluk değerleri ve bu karbon yoğunluklarının her bir karbon havuzu itibariyle durumu Tablo 19'da özetlenmiştir. En fazla karbon yoğunluğu "d" gelişim çağında  $142.63 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu "a" gelişim çağında  $84.02 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile sağlanmıştır. Gençlik çağındaki ("a") meşcerelerde birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarı olmadığından karbon yoğunluğu da oldukça düşük hesaplanmıştır. Ancak, "d" gelişim çağında birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarı  $32404.85$  ile toplam toprak üstü biyokütlenin sadece %4.45'ini oluşturmasına rağmen alanın  $366.37$  ile sırilıklık ("b" ve "bc") ve ince ağaçlık ("c" ve "cd") çağlarından daha düşük olması karbon yoğunluğunun yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 19. 1998 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Gelişim çağı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
a	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
b	14.80	5.93	0.14	7.46	76.56	104.89
bc	25.06	8.03	0.23	7.46	76.56	117.34
c	41.56	12.08	0.38	7.46	76.56	138.04
cd	41.85	12.61	0.39	7.46	76.56	138.87
d	45.11	13.08	0.42	7.46	76.56	142.63
B	3.18	1.33	0.03	1.86	19.14	25.54
Bt	3.07	1.41	0.03	0.97	22.03	27.51
<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.87</b>

Her bir karbon havuzunun toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde katkısı gelişim çağları açısından değerlendirildiğinde en büyük katkının TOM, en düşük katkının da ÖOB'den olduğu görülmektedir. Gençlik çağındaki alanlarda karbon yoğunlukları TÜB, TAB ve ÖOB'de 0 Mg ha<sup>-1</sup> (%0) ile ÖÖ ve TOM'da sırasıyla 7.46 (%8.88) ve 76.56 (%91.12) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Sırlıklık direklik çağındaki alanlarda ("b" ve "bc") TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'daki karbon yoğunlukları sırasıyla 24.78 (%21.17), 7.97 (%6.81), 0.23 (%0.20), 7.46 (%6.38) ve 76.56 (%65.44) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. İnce ağaçlık çağındaki meşcerelerde ("c" ve "cd") ise TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'daki karbon yoğunlukları sırasıyla 41.79 (%30.13), 12.49 (%9.01), 0.39 (%0.28), 7.46 (%5.38) ve 76.56 (%55.20) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Bu değerler orta ağaçlık çağı "d" için ise sırasıyla 45.11 (%31.63), 13.08 (%9.17), 0.42 (%0.29), 7.46 (%5.23) ve 76.56 (%53.68) Mg ha<sup>-1</sup>'dir.

### 3.1.2.1.5. 1998 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon

Hisar planlama biriminin 1998 yılı kapalılıklarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 20'de özetlenmiştir. Toplam karbon birikiminin 530.27 Gg'si (%31.51) "3" tam kapalı, 425.40 Gg'si (%25.28) "2" orta kapalı, 165.38 Gg'si (%9.82) "1" gevşek kapalı, 12.85 Gg'si (%0.76) kapalılığı oluşmamış gençliklerde "0" ve 549.14 Gg'si (%32.63) boşluklu kapalı alanlardan sağlanmıştır.

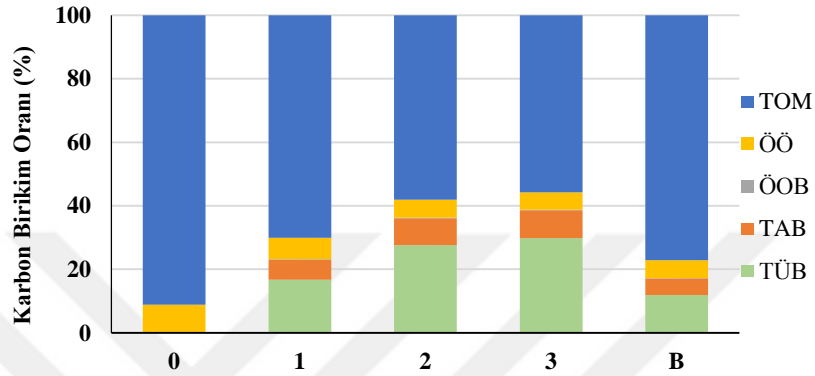
Tablo 20. 1998 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzundaki karbon birikimi

Kapalılık	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
0	0.00	0.00	0.00	1.14	11.71	12.85	152.99
1	27.60	10.41	0.25	11.29	115.83	165.38	1512.96
2	117.48	35.79	1.08	24.07	246.98	425.40	3225.98
3	158.27	46.22	1.46	28.80	295.52	530.27	3859.93
B+Bt	65.33	28.44	0.63	31.19	423.55	549.14	20848.53
<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>	<b>29600.38</b>

Meşcere kapalılıkları itibariyle toplam karbon miktarları tam ve orta kapalı alanlarda oldukça yüksek çıkmasının sebebi alansal büyüklükleri ile toplam toprak üstü biyokütle miktarlarıdır. “2” ve “3” kapalı alanların orman alanları içerisinde sırasıyla %10.90 ve %13.04 gibi yaklaşık oranlara sahip olmasına rağmen “3” kapalı alanların daha yüksek oranda karbon birikimine katkı sağlamasının sebebi en yüksek oranda toplam toprak üstü biyokütle (310465.55 ton-%42.66) taşımasıdır. Normal kapalılığa sahip alanlar içerisinde “2” kapalı alanlarda toplam toprak üstü biyokütlesinin (230373 ton-%31.65) daha düşük olmasından ötürü “3” kapalı alanlara göre daha düşük karbon birikimi gerçekleştirmiştir. “0” kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin henüz oluşmaması (0 ton) ve “1” kapalı alanlarda en düşük miktarda toprak üstü biyokütle (54109.25-%7.43) bulunması sebebiyle normal kapalılıktaki alanlara kıyasla en düşük karbon birikimini gerçekleştirmiştir. Bunun yanında boşluklu kapalılığa sahip alanlarda (B-Bt) düşük toprak üstü biyokütleye (132832.33 ton-%18.25) rağmen çok geniş alanda yayılış göstermesi (20848.53 ha) sebebiyle toplam karbon birikiminin %32.63’lük pay ile en yüksek karbon birikimine neden olmuştur.

Her bir kapalılığın karbon birikimine katkısı farklı karbon havuzları itibariyle Tablo 20 ve Şekil 9’da gösterilmiştir. Kapalılığın henüz oluşmadığı “0” kapalı alanlarda toplam karbona katkı %91.12 (11.71 Gg) ile TOM ile %8.88 (1.14 Gg) ile ÖÖ’dür. Gevşek (“1”) kapalılığa sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %16.69 (27.60 Gg)’u TÜB, %6.29 (10.41 Gg)’u TAB, %0.15 (0.25 Gg)’i ÖOB, %6.83 (11.29 Gg)’si ÖÖ ve %70.04 (115.83 Gg)’ü TOM’dan sağlanmıştır. Orta kapalılığa (“2”) sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %27.62 (117.48)’si TÜB, %8.41 (35.79 Gg)’i TAB, %0.25 (1.08 Gg)’i ÖOB, %5.66 (24.07 Gg)’sı ÖÖ ve %58.06 (246.98 Gg)’sı TOM’dan sağlanmıştır. Tam kapalı (“3”) alanlarda biriken toplam karbon miktarının %29.85 (158.27)’i TÜB, %8.72 (46.22 Gg)’si TAB, %0.27 (1.46 Gg)’i ÖOB, %5.43 (28.80 Gg)’ü ÖÖ ve %55.73 (295.52

Gg)'ü TOM'dan sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda ("B" ve "BBt") biriken toplam karbon miktarının %11.90 (65.33)'ı TÜB, %5.18 (28.44 Gg)'i TAB, %0.11 (0.63 Gg)'u ÖOB, %5.68 (31.19 Gg)'i ÖÖ ve %77.13 (423.55 Gg)'ü TOM'dan sağlanmıştır. Kısacası, tüm kapalılık sınıflarına sahip alanlar için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ardından da TÜB'den sağlanırken en düşük katkı ÖOB'den sağlanmaktadır.



Şekil 9. 1998 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.2.1.6. 1998 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon Yoğunluğu

Çalışma alanının 1998 yılı envanteri sonucuna göre farklı kapalılıklara göre karbon yoğunluk değerleri ve karbon yoğunlukları üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı Tablo 21'de gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu normal kapalı alanlar olarak ifade edilen "1", "2" ve "3" kapalılığa sahip alanlarda sırasıyla 109.31, 131.87 ve 137.37 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu boşluklu kapalılığa sahip "B" ve "Bt" alanlarda 26.34 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin oldukça düşük (132832.33 ton) ancak alanın çok geniş (orman alanının %70.43'ü) olması karbon yoğunluğunu olumsuz etkilemiştir. Benzer şekilde "3" kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin oldukça yüksek olması (310465.55) karbon yoğunluğunun çok yüksek olmasına neden olmuştur.

Tablo 21. 1998 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Kapalılık	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
1	18.24	6.88	0.17	7.46	76.56	109.31
2	36.42	11.09	0.34	7.46	76.56	131.87
3	41.00	11.97	0.38	7.46	76.56	137.37
B+Bt	3.13	1.36	0.03	1.50	20.32	26.34
<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.87</b>

Toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı kapalılık açısından ayrı ayrı incelendiğinde en büyük katkının TOM en düşük katkının da ÖOB'den olduğu görülmektedir. "0" kapalı alanlarda toplam karbon yoğunluğuna katkı %91.12 (76.56 Mg ha<sup>-1</sup>) ile TOM ile %8.88 (7.46 Mg ha<sup>-1</sup>) ile ÖÖ'den olmuştur. Gevşek kapalı "1" alanlarda TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'daki karbon yoğunlukları sırasıyla 18.24 (%16.69), 6.88 (%6.29), 0.17 (%0.16), 7.46 (%6.82) ve 76.56 (%70.04) Mg ha<sup>-1</sup> dir. Orta kapalı "2" alanlarda ise bu değerler sırasıyla 36.42 (%27.62), 11.09 (%8.41), 0.34 (%0.25), 7.46 (%5.66) ve 76.56 (%58.06) Mg ha<sup>-1</sup> ve tam kapalı "3" alanlarda ise sırasıyla 41.00 (%29.85), 11.97 (%8.71), 0.38 (%0.28), 7.46 (%5.43) ve 76.56 (%55.73) Mg ha<sup>-1</sup> dir. Boşluklu kapalılığa sahip alanlarda ise bu değerler sırasıyla 3.13 (%11.90), 1.36 (%5.18), 0.03 (%0.11), 1.50 (%5.68) ve 20.32 (%77.13) Mg ha<sup>-1</sup> şeklinde olmuştur.

### 3.1.2.1.7. 1998 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon

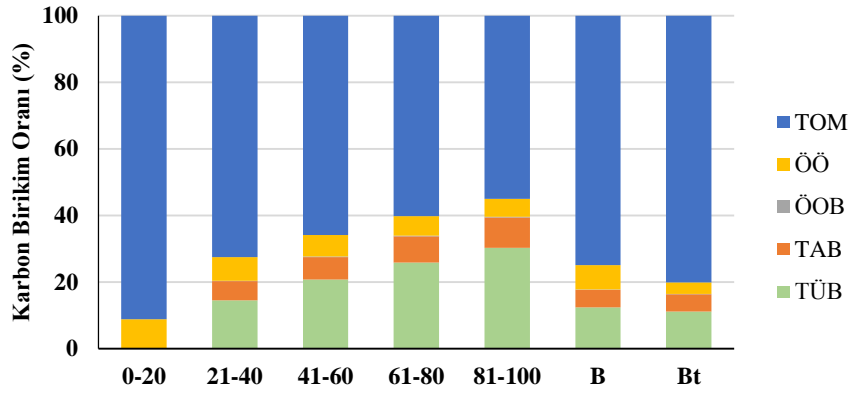
1998 yılı envanter sonuçlarına göre çalışma alanının yaş sınıflarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 22'de verilmiştir. Toplam karbon birikiminin 12.85 Gg'si (%0.76) 0-20, 2.76 Gg'si (%0.13), 21-40, 254.49 Gg'si (%15.12) 41-60, 263.46 Gg'si (%15.66) 61-80, 600.83 Gg'si (%35.70) 81-100 yaş sınıflarında elde edilmiştir. Planlama birimi içerisinde en toplam karbon birikimine en büyük katkı %35.70 oranında 81-100 yaş sınıfında ortaya çıkmıştır. Bu alanlardaki en yüksek karbon birikiminin temel sebebi bu yaş sınıfında toprak üstü biyokütle ve alan miktarlarının çok yüksek olmasıdır. Bu yaş sınıfında toprak üstü biyokütle miktarının (357175.52 ton) toplam biyokütlenin (727780.93 ton) %49.08'ini oluşturması ve alansal büyüklüğünde normal orman içerisinde yaklaşık %49.31 oranında olması karbon birikimine en yüksek katkının sebebini teşkil etmektedir.

Toprak üstü biyokütleyle oldukça düşük katkısı olan 21-40 (640.87 ton-%0.09) yaş sınıfında karbon birikimi de oldukça düşük seviyede (%0.13) kalmıştır. 21-40 yaş sınıfında toprak üstü biyokütlesi olmayan 0-20 yaş sınıfına göre daha düşük karbon birikiminin sağlanmasının sebebi ise 21-40 yaş sınıfındaki alansal büyüklüğün 21.40 ha gibi oldukça düşük olmasıdır. Alanın düşük olması ÖÖ ve TOM'da depolanan karbon miktarlarının düşük seviyede kalmasına neden olmuştur.

Tablo 22. 1998 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yaş sınıfı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
0-20	0.00	0.00	0.00	1.14	11.71	12.85	152.99
21-40	0.33	0.13	0.00	0.16	1.64	2.26	21.40
41-60	52.82	17.10	0.49	16.34	167.74	254.49	2190.99
61-80	68.05	20.76	0.63	15.45	158.57	263.46	2071.17
81-100	182.15	54.42	1.68	32.20	330.38	600.83	4315.30
B	39.27	16.46	0.36	23.00	236.66	315.75	12364.65
Bt	26.06	11.99	0.26	8.20	186.89	233.40	8483.88
<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>	<b>29600.38</b>

Yaş sınıflarının kendi içerisinde farklı havuzlarındaki karbon birikimleri Tablo 22 ve Şekil 10'da özetlenmiştir. 0-20 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %8.88 (1.14 Gg)'i ÖÖ ve %91.12 (11.71 Gg)'si, TOM'dan sağlanmıştır. 21-40 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %14.46 (0.33 Gg)'si TÜB, %5.75 (0.13 Gg)'u TAB, %7.08 (0.16 Gg)'si ÖÖ ve %72.57 (1.64 Gg)'ü, TOM'dan sağlanmıştır. 41-60 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %20.76 (52.82 Gg)'i TÜB, %6.72 (17.10 Gg)'si TAB, %0.19 (0.49 Gg)'u ÖOB, %6.42 (16.34 Gg)'si ÖÖ ve %65.91 (167.74 Gg)'i, TOM'dan sağlanmıştır. 61-80 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %25.83 (68.05 Gg)'ü TÜB, %7.88 (20.76 Gg)'i TAB, %0.24 (0.63 Gg)'ü ÖOB, %5.86 (15.45 Gg)'si ÖÖ ve %60.19 (158.57 Gg)'u TOM'dan sağlanmıştır. 81-100 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %30.31 (182.15 Gg)'si TÜB, %9.06 (54.42 Gg)'si TAB, %0.28 (1.68 Gg)'i ÖOB, %5.36 (32.2 Gg)'si ÖÖ ve %54.99 (330.38 Gg)'u TOM'dan sağlanmıştır. Özetle, her bir yaş sınıfı için toplam karbon birikimine en büyük katkı TOM ve ardından da TÜB'den sağlanmaktadır. Ancak, toplam karbon birikimine en düşük katkıyı ÖOB'den sağlamaktadır.



Şekil 10. 1998 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.2.1.8. 1998 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon Yoğunluğu

Planlama biriminin 1998 yılına ait farklı yaş sınıflarındaki karbon yoğunluk değerleri ve bu karbon yoğunluklarının her bir karbon havuzu itibariyle miktarı Tablo 23'te gösterilmiştir. Normal kapalıdaki orman alanları içerisinde en fazla karbon yoğunluğu 81-100 yaş sınıfında  $139.23 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile ve en düşük karbon yoğunluğu 0-20 yaş sınıfında  $84.02 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile ortaya çıkmıştır. 0-20 yaş sınıfında karbon yoğunluğunun çok düşük hesaplanmasının sebebi toprak üstü biyokütle miktarının olmamasıdır. Yaş sınıfları itibariyle karbon yoğunluklarının büyükten küçüğe doğru sıralaması toprak üstü biyokütle miktarlarıyla doğru orantılı olacak şekilde 81-100, 61-80, 41-60, 21-40 ve 0-20 yaş sınıfları şeklinde ortaya çıkmaktadır.

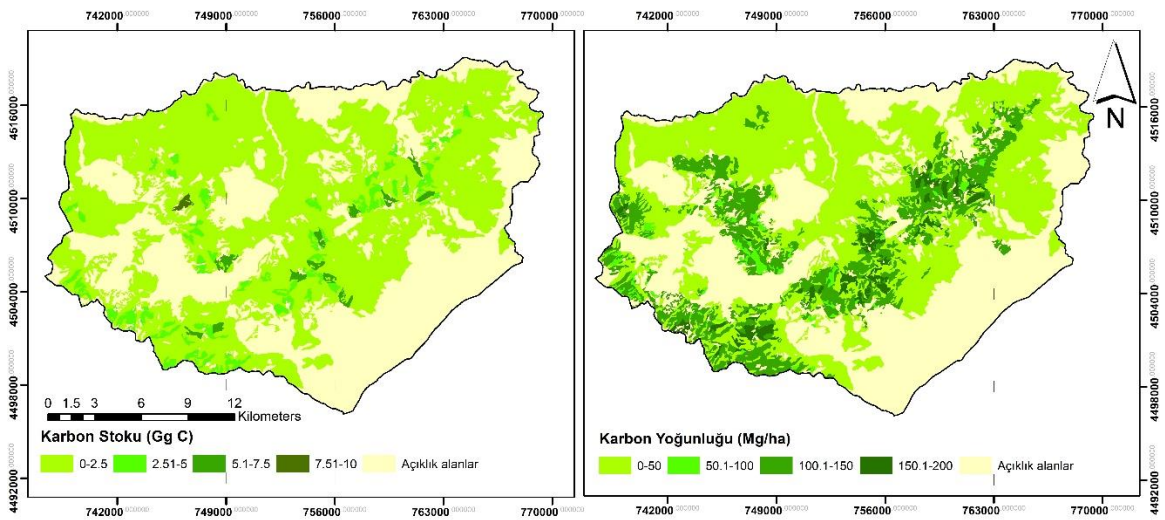
Tablo 23. 1998 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Yaş sınıfı	TÜB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	TAB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	ÖOB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	ÖÖ ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	TOM ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	Toplam ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )
0-20	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
21-40	15.26	6.11	0.14	7.46	76.56	105.54
41-60	24.11	7.81	0.22	7.46	76.56	116.16
61-80	32.86	10.02	0.30	7.46	76.56	127.20
81-100	42.21	12.61	0.39	7.46	76.56	139.23
B	3.18	1.33	0.03	1.86	19.14	25.54
Bt	3.07	1.41	0.03	0.97	22.03	27.51
<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.87</b>

Toplam karbon yoğunlukları üzerinde karbon havuzlarının katkı oranı her bir yaş sınıfı itibariyle değerlendirildiğinde en büyük katkının TOM en düşük karbon yoğunluğunun da ÖOB'den sağlandığı görülmektedir. Tüm yaş sınıflarında TOM'un karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %91.12, %72.55, %65.91 ve %60.19 ve %54.99 ile TÜB'ün karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %0, %14.46, %20.76, %25.83 ve %30.31'dir. Ayrıca TAB, ÖO ve ÖÖ'nün karbon yoğunluğuna katkısı tüm yaş sınıfları için %10'un altında kalmıştır.

### 3.1.2.2. 1998 Yılı Karbon Birikiminin Konumsal Dağılımı

Çalışma alanının 1998 yılı meşcere haritası baz alınarak meşcere bazında belirlenen TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'un tümünde depolanan toplam karbon birikiminin konumsal dağılımı ile toplam karbon değerinin birim alandaki yoğunluk değerlerinin konumsal dağılımı Şekil 11'de gösterilmiştir. Buna göre alanda toplam karbon birikimi 2,500 tonun altında olan alanlar 27076.88 ha (%54.32), 2,501-5,000 ton arasında olan alanlar 1951.98 ha (%3.92), 5,001-7500 ton arasında olan alanlar 512.26 ha (%1.03) ve 7,501-10,000 ton olan alanlar 59.25 ha (%0.12)'dir. Alanın %40.62'si ağaçsız orman alanı ya da açıklık alan olduğundan karbon birikimine katkı sağlamazken, %41.83'ünde toplam karbon birikimi 5000 ton'un altında kalmıştır. Ayrıca karbon yoğunlukları alanın %41.60'ında  $50 \text{ Mg ha}^{-1}$ 'in altında, %1.47'sinde  $50.1-100 \text{ Mg ha}^{-1}$  arasında, %13.84'ünde  $100.1-150 \text{ Mg ha}^{-1}$  arasında ve %2.47'sinde  $150 \text{ Mg ha}^{-1}$ 'in üzerinde çıkmıştır.



Şekil 11. 1998 yılı karbon stoku ve yoğunluğunun konumsal dağılımı

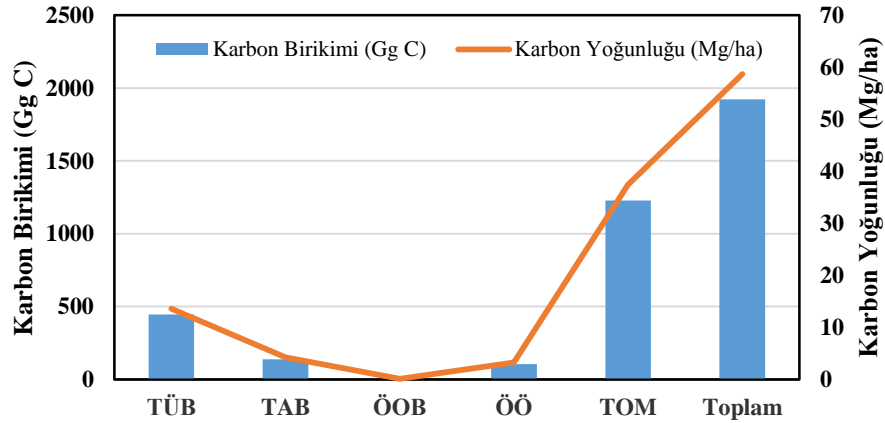


### 3.1.3. Hisar Planlama Biriminin 2015 Yılı Karbon Hesabı

Planlama biriminin 2015 yılı envanter değerleri baz alındığında farklı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve karbon yoğunlukları Tablo 24’de özetlenmiştir. Buna göre, planlama birimi sınırları içerisinde toplam karbon birikimi ve karbon yoğunluğunun sırasıyla 1922.80 Gg ve 58.70 Mg ha<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Toplam karbon birikiminin 1228.27 Gg’si TOM, 446.02 Gg’si TÜB, 138.73 Gg’si TAB, 105.65 Gg’si ÖÖ ve 4.13 Gg’si da ÖOB’de depolanmaktadır. Sonuç olarak, toplam karbon havuzuna en büyük katkı %63.88 ile TOM’dan sağlanırken, en düşük katkı %0.21 ile ÖOB’den sağlanmıştır. TÜB, TAB ve ÖÖ’nün toplam karbon havuzuna katkısı sırasıyla %23.20, %7.21 ve %5.49’dur (Şekil 12).

Tablo 24. 2015 yılı karbon havuzlarındaki karbon birikimi ve karbon yoğunluğu

Karbon havuzu	Karbon birikimi (Gg C)	Karbon Yoğunluğu (Mg ha <sup>-1</sup> )	Karbon birikimi (%)
Toprak Üstü Biyokütle	446.02	13.62	23.20
Toprak Altı Biyokütle	138.73	4.24	7.21
Ölü Odun Biyokütlesi	4.13	0.13	0.21
Ölü örtü	105.65	3.23	5.49
Toprak Organik Maddesi	1228.27	37.50	63.88
<b>Toplam</b>	<b>1922.80</b>	<b>58.70</b>	<b>100.00</b>



Şekil 12. 2015 yılı farklı karbon havuzlarının karbon stoku ve karbon yoğunluğuna katkısı

### 3.1.3.1. 2015 Yılı Farklı Parametrelere Göre Karbon Havuzlarındaki Durum

#### 3.1.3.1.1. 2015 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon

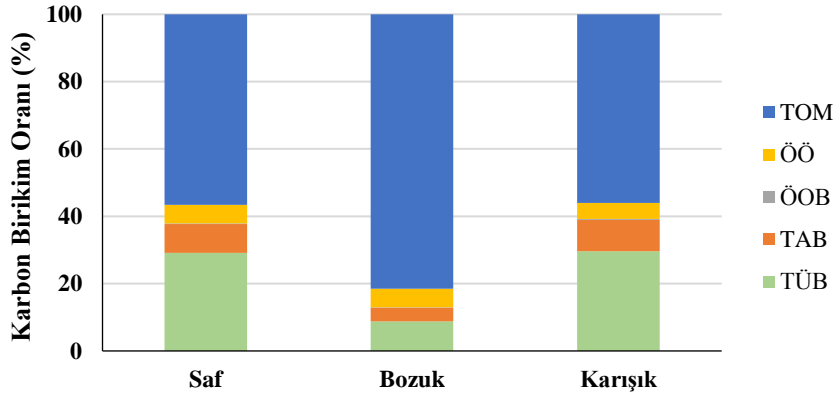
2015 yılı envanter verilerine dayanarak her bir arazi kullanım sınıfı için karbon havuzlarının karbon birikimine katkısı Tablo 25’te özetlenmiştir. Toplam karbon birikiminin 1342.21 Gg’si (%69.80) saf, 564.48 Gg’si (%29.36) boşluklu kapalı ve 16.10 Gg’si (%0.84) karışık alanlardan elde edilmiştir. Arazi kullanım sınıfları arasında saf meşcerelerin toplam karbon birikimine en yüksek katkıyı sağlamasının ana sebebi bu alanlardaki toprak üstü biyokütle miktarının boşluklu kapalı ve karışık meşcerelere göre oldukça yüksek olmasıdır. Saf alanlardaki toplam toprak üstü biyokütle 767439.28 ton ile toplam biyokütlenin %87.33’ünü oluşturmaktadır. Benzer şekilde boşluklu kapalı orman alanlarında toplam alan miktarı ormanlık alanların %69.38’ini oluşturmasına rağmen toprak üstü biyokütlesinin düşük olması (101924.28 ton-%11.60) düşük miktarda karbon birikimine neden olmuştur. Karışık meşcereler ise gerek alan olarak oldukça düşük değere sahip olması (115.21 ha-%0.35) ve gerekse toprak üstü biyokütle olarak düşük değere sahip olması (9433.42 ton-%1.07) ibrelili-yapraklı karışık meşcerelerin en düşük oranda karbon birikimine katkı sağlamasına sebep olmuştur.

Tablo 25. 2015 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Arazi Kullanımı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
Saf	391.39	114.15	3.61	73.97	759.09	1342.21	9915.02
Boşluklu kapalı	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48	22726.69
Karışık	4.77	1.50	0.04	0.77	9.02	16.10	115.21
<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.73</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>	<b>32756.92</b>

Her bir arazi kullanım sınıfının farklı karbon havuzlarındaki toplam karbon birikimleri ve oranları Tablo 25 ve Şekil 13 ile özetlenmiştir. Saf ormanlık alanlarda biriken toplam karbon miktarının %56.56 (759.09 Gg)’sı TOM, %29.16 (391.39 Gg)’sı TÜB, %8.50 (114.15 Gg)’si TAB, %5.51 (73.97 Gg)’i ÖÖ ve %0.27 (3.61 Gg)’si ÖOB’den sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda biriken toplam karbon miktarının %81.52 (460.16 Gg)’si TOM, %8.83 (49.86 Gg)’ü TÜB, %4.09 (23.07 Gg)’u TAB, %5.47 (30.91 Gg)’i ÖÖ ve %0.09 (0.48 Gg)’i ÖOB’den sağlanmıştır. Karışık meşcerelerde biriken toplam karbon miktarının

%56.02 (9.02 Gg)'u TOM, %29.63 (4.77 Gg)'ı TÜB, %9.32 (1.50 Gg)'ü TAB, %4.78 (0.77 Gg)'u ÖÖ ve %0.25 (0.04 Gg)'i ÖOB'den sağlanmıştır. Özetle, tüm arazi kullanım sınıfları ayrı ayrı değerlendirildiğinde toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ve TÜB'den sağlanmaktayken en düşük katkı ÖOB'den sağlanmaktadır.



Şekil 13. 2015 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.3.1.2. 2015 Yılı Arazi Kullanımlarına Göre Karbon Yoğunluğu

2015 yılı itibariyle çalışma alanının farklı arazi kullanım sınıflarındaki karbon yoğunluk değerleri Tablo 26'da gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu karışık meşcerelerde  $139.77 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu boşluklu kapalı alanlardan  $24.84 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanların orman alanları içerisinde oldukça geniş alana sahip olması ( $122726.69 \text{ ha}$ -%45.59) yanında bu alanlardaki toprak üstü biyokütle miktarının ( $101924.28 \text{ ton}$ -  $4.48 \text{ t/ha}$ ) oldukça düşük olması birim alandaki karbon birikiminin düşük hesaplanmasına neden olmuştur. Karışık meşcerelerde toprak üstü biyokütlenin çok düşük olmasına rağmen ( $9433.42 \text{ ton}$ -%1.07) oldukça küçük alanda ( $115.21 \text{ ha}$ -%0.23) yayılış göstermeleri toplam karbon yoğunluğunun yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Saf ibreli meşcereler ise karışık alanlara nazaran çok yüksek toprak üstü biyokütleye ( $767439.28 \text{ ton}$ -%87.33) sahip olmasına rağmen alan olarak %19.89 gibi oldukça yüksek bir paya sahip olması karbon yoğunluğunun daha düşük hesaplanmasına neden olmuştur.

Tablo 26. 2015 yılı arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Arazi Kullanımı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
Saf	39.47	11.51	0.36	7.46	76.56	135.36
Boşluklu kapalı	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
Karışık	41.37	13.06	0.38	6.70	78.26	139.77
<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.50</b>	<b>58.72</b>

Toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı arazi kullanım sınıfları bazında ayrı ayrı incelendiğinde en büyük katkının TOM ardından TÜB tarafından sağlandığı görülmektedir. Saf, boşluklu kapalı ve karışık meşcerelerde TOM'un karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %56.56, %81.52 ve %56.02 oranında iken TÜB'ün karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %29.16, %8.83 ve %29.63'tür. TAB ve ÖÖ'deki karbon yoğunlukları farklı arazi kullanım sınıfları için %5-10 arasında seyrederken, en düşük katkı ÖOB'den %1'in altında sağlanmıştır.

### 3.1.3.1.3. 2015 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon

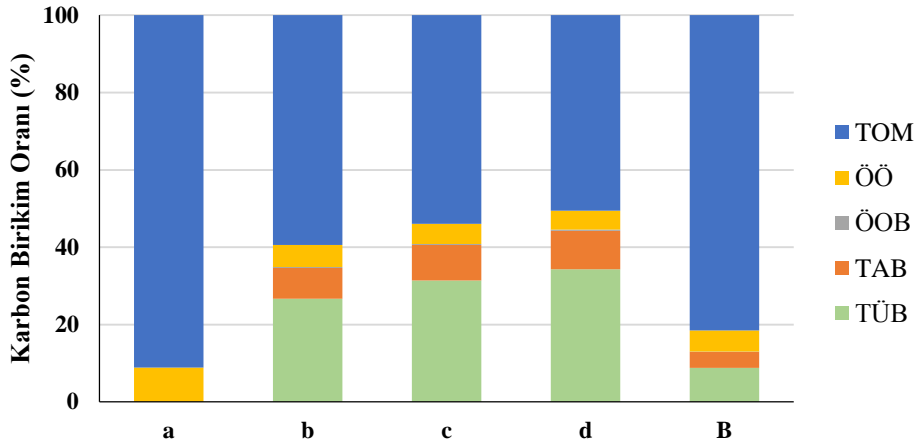
Planlama biriminin 2015 yılı için gelişim çağlarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 27'de gösterilmiştir. Toplam karbon birikiminin 52.60 Gg'si (%2.74) "a", 4.71 Gg'si (%0.24) "b", 302.16 Gg'si (%15.71) "bc", 49.76 Gg'si (%2.59) "c", 934.92 Gg'si (%48.62) "cd", 14.16 Gg'si (%0.74) "d" gelişim çağlarından ve geri kalan 564.48 Gg'si (%29.36) "B" nitelikli alanlardan sağlanmıştır. Gelişim çağları bazında toplam karbon birikimine en yüksek katkı "cd" ve en düşük katkı "b" gelişim çağlarından olmuştur. "cd" gelişim çağının toprak üstü biyokütle miktarının çok yüksek olması (576568.5 ton) toprak üstü biyokütlesinde depolanan karbon miktarını olumlu etkilerken, bu gelişim çağlarında alanın yaklaşık 934.92 ha ile %20.1'lik bir paya sahip olması toprakta biriken karbon miktarının yüksek çıkmasına neden olarak toplam karbon birikiminin maksimum düzeyde olmasını sağlamıştır. Benzer şekilde "bc" gelişim çağındaki yüksek toprak üstü biyokütle (159131.4 ton) ve %7.12'lik (2332.43 ha) alansal büyüklük toplam karbon birikiminin "cd" gelişim çağından sonra yüksek çıkmasına neden olmuştur. "b" gelişim çağında toprak üstü biyokütlenin yanında alanında oldukça düşük (1326.82 ton- 44.74 ha) olması en az oranda karbon birikimine neden olmuştur. "a" gelişim çağının toprak üstü

biyokütlesi olmamasına rağmen alansal büyüklüğü (626.07 ha) “b” gelişim çağından daha fazla olduğundan bu alana göre daha fazla karbon birikimine katkı sağlamıştır.

Tablo 27. 2015 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Gelişim çağı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
a	0.00	0.00	0.00	4.67	47.93	52.60	626.07
b	0.68	0.27	0.01	0.33	3.42	4.71	44.74
bc	81.11	24.22	0.75	17.31	178.77	302.16	2332.43
c	15.47	4.49	0.14	2.63	27.03	49.76	353.07
cd	294.05	85.27	2.71	49.09	503.80	934.92	6580.43
d	4.85	1.40	0.04	0.71	7.16	14.16	93.49
B	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48	22726.69
<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.72</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>	<b>32756.92</b>

Her bir gelişim çağının kendi içerisinde farklı karbon havuzlarına göre karbon birikim miktarları Tablo 27 ve Şekil 14 ile özetlenmiştir. Gençlik (“a”) çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %91.12 (47.93 Gg)’si TOM ve %8.88 (4.67 Gg)’i ÖÖ’den sağlanmıştır. Sırlıklı-direklik çağına (“b” ve “bc”) sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %26.65 (81.79)’i TÜB, %7.98 (24.49 Gg)’i TAB, %0.25 (0.76 Gg)’i ÖOB, %5.75 (17.65 Gg)’i ÖÖ ve %59.37 (182.19 Gg)’si TOM’dan sağlanmıştır. İnce ağaçlık (“c” ve “cd”) çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %31.43 (309.52)’ü TÜB, %9.12 (89.76 Gg)’si TAB, %0.29 (2.85 Gg)’u ÖOB, %5.25 (51.72 Gg)’i ÖÖ ve %53.91 (530.83 Gg)’i TOM’dan sağlanmıştır. Orta ağaçlık “d” çağına sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %34.25 (4.85)’i TÜB, %9.89 (1.40 Gg)’u TAB, %0.28 (0.04 Gg)’si ÖOB, %5.01 (0.71 Gg)’si ÖÖ ve %50.56 (7.16 Gg)’ü TOM’dan sağlanmıştır. Tüm gelişim çağları için toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ve en düşük katkı ÖOB’den sağlanmaktadır.



Şekil 14. 2015 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

#### 3.1.3.1.4. 2015 Yılı Gelişim Çağlarına Göre Karbon Yoğunluğu

2015 yılı farklı gelişim çağları itibariyle en fazla karbon yoğunluğu “d” gelişim çağında  $151.49 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu “a” gelişim çağında  $84.02 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile sağlanmıştır. Gençlik çağındaki meşcerelerde (“a”) birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarı (0 ton) çok düşük olduğu için karbon yoğunluğu da oldukça düşük hesaplanmıştır (Tablo 28). Ancak, “d” gelişim çağında birim alandaki toprak üstü biyokütle miktarı  $9519.84$  ile toplam toprak üstü biyokütlenin sadece %1.08’ini oluşturmasına rağmen alanın  $93.49 \text{ ha}$  diğer gelişim çağların çok altında olması karbon yoğunluğunun yüksek çıkmasına neden olmuştur.

Tablo 28. 2015 yılı gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Gelişim çağı	TÜB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	TAB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	ÖOB ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	ÖÖ ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	TOM ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )	Toplam ( $\text{Mg ha}^{-1}$ )
a	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
b	15.12	6.05	0.14	7.46	76.55	105.32
bc	34.78	10.38	0.32	7.42	76.64	129.54
c	43.81	12.70	0.40	7.46	76.56	140.93
cd	44.69	12.96	0.41	7.46	76.56	142.08
d	51.93	15.06	0.48	7.46	76.56	151.49
B	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.50</b>	<b>58.72</b>

Her bir karbon havuzunun toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde katkısı gelişim çağları açısından değerlendirildiğinde en büyük katkının TOM, en düşük katkının ÖOB'den olduğu görülmektedir. Orman alanlarındaki ÖÖ ve TOM'da biriken karbon miktarının belirlenmesi noktasında sırasıyla 7.46 Mg ha<sup>-1</sup> ve 76.56 Mg ha<sup>-1</sup> değerleri kullanıldığı için her bir gelişim çağında karbon yoğunluk değerleri aynı çıkmıştır. Gelişim çağları itibariyle TÜB'deki karbon yoğunlukları "a" "b", "c" ve "d" gelişim çağlarında sırasıyla 0 Mg ha<sup>-1</sup> (%0), 34.41 Mg ha<sup>-1</sup> (%26.65), 44.64 Mg ha<sup>-1</sup> (%31.43), 51.93 Mg ha<sup>-1</sup> (%34.25)'dir. TAB'daki karbon yoğunlukları "a" "b", "c" ve "d" gelişim çağlarında sırasıyla 0 Mg ha<sup>-1</sup> (%0), 10.30 Mg ha<sup>-1</sup> (%7.98), 12.95 Mg ha<sup>-1</sup> (%9.12), 15.06 Mg ha<sup>-1</sup> (%9.89)'dir. ÖOB'deki karbon yoğunlukları "a" "b", "c" ve "d" gelişim çağlarında sırasıyla 0 Mg ha<sup>-1</sup> (%0), 0.32 Mg ha<sup>-1</sup> (%0.25), 0.41 Mg ha<sup>-1</sup> (%0.29), 0.48 Mg ha<sup>-1</sup> (%0.28)'dir.

### 3.1.3.1.5. 2015 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon

Çalışma alanının 2015 yılı kapalılıklarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 29'da özetlenmiştir. Toplam karbon birikiminin 547.10 Gg'si (%28.45) "3" tam kapalı, 552.01 Gg'si (%28.71) "2" orta kapalı, 206.59 Gg'si (%10.74) "1" gevşek kapalı, 52.60 Gg'si (%2.74) kapalılığı oluşmamış gençliklerde "0", 564.48 Gg'si (%29.36) "B" boşluklu kapalı alanlardan sağlanmıştır.

Tablo 29. 2015 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

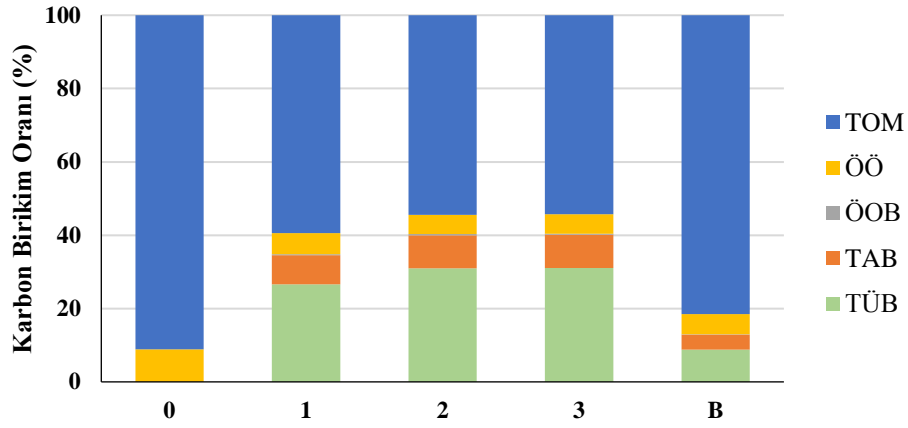
Kapalılık	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
0	0.00	0.00	0.00	4.67	47.93	52.60	626.07
1	54.95	16.51	0.50	11.95	122.68	206.59	1602.41
2	171.18	49.64	1.58	29.27	300.35	552.02	3923.02
3	170.03	49.50	1.57	28.85	297.15	547.10	3878.73
B	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48	22726.69
<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.72</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>	<b>32756.92</b>

Meşcere kapalılıkları itibariyle toplam karbon miktarları tam ve orta kapalı alanlarda oldukça yüksek çıkmasının sebebi alansal büyüklükleri ile toplam toprak üstü biyokütle miktarlarıdır. "2" ve "3" kapalı alanların orman alanları içerisinde sırasıyla %11.98 ve %11.84 gibi yaklaşık oranlara sahip olmasına rağmen "2" kapalı alanların "3" kapalı alanlara

göre daha yüksek oranda karbon birikimine katkı sağlamasının sebebi en yüksek oranda toplam toprak üstü biyokütle (335641.42 ton-%38.19) taşımasıdır. Normal kapalılığa sahip alanlar içerisinde “3” kapalı alanlarda toplam toprak üstü biyokütlesinin (333484.45 ton-%37.95) daha düşük olmasından ötürü “3” kapalı alanlara göre daha düşük karbon birikimi gerçekleştirmiştir. “0” kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin henüz oluşmaması (0 ton) ve “1” kapalı alanlar ise en düşük miktarda toprak üstü biyokütleye sahip (54109.25- %7.43) olunması sebebiyle normal kapalılıktaki alanlara kıyasla en düşük toprak üstü biyoküttele biriken karbon miktarını oluşturmuştur. Ayrıca “0” ve “1” kapalı alanların alansal büyüklüklerinin %2.74 ve %10.74 gibi oldukça düşük olması topraktaki karbon ve dolayısıyla toplam karbon birikimini olumsuz etkilemiştir. Bunun yanında boşluklu kapalılığa sahip boşluklu kapalı alanlarda düşük toprak üstü biyokütleye (101924.28 ton-%11.60) rağmen çok geniş alanda (22726.69 ha-%69.38) yayılış göstermesi sebebiyle toplam karbon birikiminin %29.36’lık pay ile normal kapalı alanlara göre (“1”, “2” ve “3”) daha yüksek oranda karbon birikimine katkı sağlamasına neden olmuştur.

Her bir kapalılığın karbon birikimine katkısı farklı karbon havuzları itibariyle Tablo 29’da gösterilmiştir. Kapalılığın henüz oluşmadığı “0” kapalı alanlarda toplam karbona katkı %91.12 (47.93 Gg) ile TOM ve %8.88 (4.67 Gg) ile ÖÖ’dür. Gevşek (“1”) kapalılığa sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %26.61 (54.95 Gg)’ı TÜB, %7.99 (16.51 Gg)’u TAB, %0.24 (0.50 Gg)’i ÖOB, %5.78 (11.95 Gg)’u ÖÖ ve %59.38 (122.68 Gg)’i TOM’dan sağlanmıştır. Orta kapalılığa (“2”) sahip alanlarda biriken toplam karbon miktarının %31.01 (171.18)’i TÜB, %8.99 (49.64 Gg)’u TAB, %0.29 (1.58 Gg)’u ÖOB, %5.30 (29.27 Gg)’u ÖÖ ve %54.41 (300.35 Gg)’i TOM’dan sağlanmıştır. Tam kapalı (“3”) alanlarda biriken toplam karbon miktarının %31.08 (170.03)’i TÜB, %9.05 (49.50 Gg)’i TAB, %0.29 (1.57 Gg)’i ÖOB, %5.27 (28.85 Gg)’si ÖÖ ve %54.31 (297.15 Gg)’i TOM’dan sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda (“B”) biriken toplam karbon miktarının %8.83 (49.86)’ü TÜB, %4.09 (23.07 Gg)’u TAB, %0.09 (0.48 Gg)’i ÖOB, %5.47 (30.91 Gg)’i ÖÖ ve %81.52 (460.16 Gg)’si TOM’dan sağlanmıştır (Şekil 15). Sonuç olarak, tüm kapalılık sınıflarında toplam karbon birikimine katkı en fazla TOM ardından TÜB’den sağlanırken en düşük katkı ÖOB’den olmuştur.





Şekil 15. 2015 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.3.1.6. 2015 Yılı Meşcere Kapalılıklarına Göre Karbon Yoğunluğu

Planlama biriminin 2015 yılı envanteri sonucuna göre farklı kapalılıklara göre karbon yoğunluk değerleri ve karbon yoğunlukları üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı Tablo 30’da gösterilmiştir. En fazla karbon yoğunluğu normal kapalı alanlar olarak ifade edilen “1”, “2” ve “3” kapalılığa sahip alanlarda sırasıyla 128.93, 140.70 ve 141.05 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanırken, en düşük karbon yoğunluğu boşluklu kapalılığa sahip “B” alanlarda 24.84 Mg ha<sup>-1</sup> ile sağlanmıştır. Boşluklu kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin oldukça düşük (101924.28 ton) ancak alanın çok geniş (orman alanının %69.38’ü) olması karbon yoğunluğunu olumsuz etkilemiştir. Ancak “2” ve “3” kapalı alanlarda toprak üstü biyokütlenin oldukça yüksek olması (335641.42 ton-333484.45 ton) ve alanlarında birbirine çok yakın değerlerde olması (3923.02-3878.73 ha) karbon yoğunluğunun birbirine çok yakın ve çok yüksek değerlerde olmasına neden olmuştur.

Tablo 30. 2015 yılı meşcere kapalılıklarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Kapalılık	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
0	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
1	34.29	10.30	0.32	7.46	76.56	128.93
2	43.63	12.65	0.40	7.46	76.56	140.70
3	43.84	12.76	0.40	7.44	76.61	141.05
B	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.50</b>	<b>58.72</b>

Toplam karbon yoğunluk değerleri üzerinde her bir karbon havuzunun katkısı kapalılık açısından ayrı ayrı incelendiğinde en büyük katkının TOM, en düşük katkının ÖOB'den olduğu görülmektedir. “0” kapalı alanlarda toplam karbon yoğunluğuna katkı %91.12 (76.56 Mg ha<sup>-1</sup>) ile TOM ve %8.88 (7.46 Mg ha<sup>-1</sup>) ile ÖÖ'den olmuştur. Gevşek kapalı (“1”) alanlarda TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'daki karbon yoğunlukları sırasıyla 34.29 (%26.60), 10.30 (%7.99), 0.32 (%0.24), 7.46 (%5.78) ve 76.56 (%59.38) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Orta kapalı “2” alanlarda ise bu değerler sırasıyla 43.63 (%31.01), 12.65 (%8.99), 0.40 (%0.29), 7.46 (%5.30) ve 76.56 (%54.41) Mg ha<sup>-1</sup> ve tam kapalı “3” alanlarda ise sırasıyla 43.84 (%31.08), 12.76 (%9.05), 0.40 (%0.29), 7.44 (%5.27) ve 76.61 (%54.31) Mg ha<sup>-1</sup>'dir. Boşluklu kapalılığa sahip alanlarda ise bu değerler sırasıyla 2.19 (%8.83), 1.02 (%4.09), 0.02 (%0.09), 1.36 (%5.47) ve 20.25 (%81.52) Mg ha<sup>-1</sup> şeklinde olmuştur.

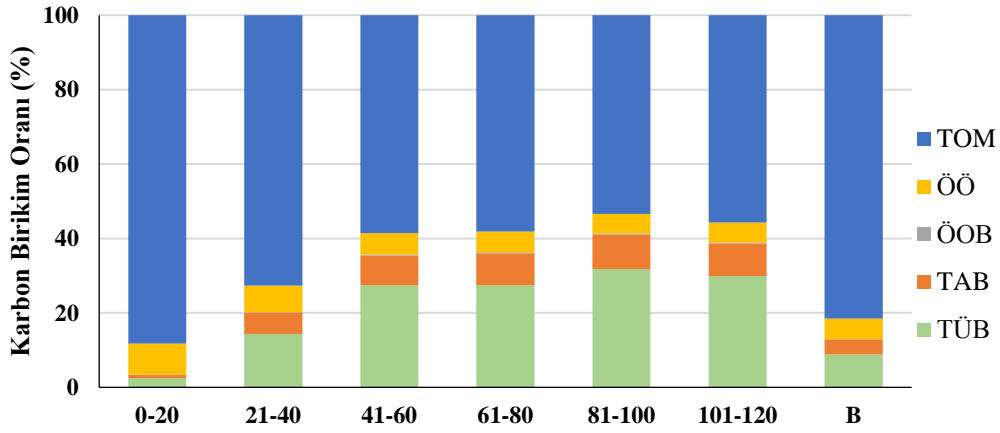
### **3.1.3.1.7. 2015 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon**

2015 yılı için çalışma alanının yaş sınıflarına göre karbon havuzlarında biriken karbon miktarları Tablo 31'de verilmiştir. Toplam karbon birikiminin 59.55 Gg'si (%3.10) 0-20, 1.15 Gg'si (%0.06), 21-40, 278.96 Gg'si (%14.51) 41-60, 70.45 Gg'si (%3.66) 61-80, 780.60 Gg'si (%40.60) 81-100 ve 167.59 Gg'si (%8.72) 101-120 yaş sınıflarında elde edilmiştir. Planlama birimi içerisinde toplam karbon birikimine en büyük katkı 81-100 yaş sınıfında iken en düşük katkı 21-40 yaş sınıfında ortaya çıkmıştır. En yüksek karbon birikiminin temel sebebi bu yaş sınıfında toprak üstü biyokütle ve alan miktarlarının çok yüksek olmasıdır. Bu yaş sınıfında toprak üstü biyokütle miktarının (487310.73 ton) toplam biyokütlenin (878796.98 ton) %55.45'ini oluşturması ve alansal büyüklüğünde normal orman içerisinde yaklaşık %69.38 oranında olması karbon birikimine en yüksek katkının sebebini teşkil etmektedir. Toprak üstü biyokütleye oldukça düşük katkısı olan 21-40 (322.92 ton-%0.04) yaş sınıfında karbon birikimi de oldukça düşük seviyede (%0.06) kalmıştır. 21-40 yaş sınıfında toprak üstü biyokütlesi olmayan 0-20 yaş sınıfına göre daha düşük karbon birikiminin sağlanmasının sebebi ise 21-40 yaş sınıfındaki alansal büyüklüğün 10.89 ha gibi oldukça düşük olmasıdır. Alanın düşük olması ölü örtü ve toprak organik maddesinde depolanan karbon miktarlarının düşük seviyede kalmasına neden olmuştur.

Tablo 31. 2015 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yaş sınıfı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)	Alan (ha)
<b>0-20</b>	1.47	0.53	0.01	5.01	52.53	59.55	683.62
<b>21-40</b>	0.17	0.07	0.00	0.08	0.83	1.15	10.89
<b>41-60</b>	76.51	22.44	0.71	15.92	163.39	278.97	2134.10
<b>61-80</b>	19.35	6.01	0.18	3.99	40.92	70.45	534.51
<b>81-100</b>	248.53	72.07	2.29	40.64	417.07	780.60	5447.64
<b>101-120</b>	50.13	14.53	0.46	9.10	93.37	167.59	1219.47
<b>B</b>	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48	22726.69
<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.72</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>	<b>32756.92</b>

Yaş sınıflarının kendi içerisinde farklı havuzlarındaki karbon birikimleri Tablo 31 ve Şekil 16'da özetlenmiştir. 0-20 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %2.47 (1.47 Gg)'si TÜB, %0.89 (0.53 Gg)'u TAB, %0.02 (0.01Gg)'si ÖOB, %8.41 (5.01 Gg)'i ÖÖ ve %88.21 (52.53 Gg)'si TOM'dan sağlanmıştır. 21-40 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %14.78 (0.17 Gg)'si TÜB, %6.09 (0.07 Gg)'ü TAB, %6.96 (0.08 Gg)'i ÖÖ ve %72.17 (0.83 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. 41-60 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %27.43 (76.51 Gg)'ü TÜB, %8.04 (22.44 Gg)'ü TAB, %0.25 (0.71 Gg)'i ÖOB, %5.71 (15.92 Gg)'i ÖÖ ve %58.57 (163.39 Gg)'si TOM'dan sağlanmıştır. 61-80 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %27.47 (19.35 Gg)'si TÜB, %8.53 (6.01 Gg)'ü TAB, %0.26 (0.18 Gg)'i ÖOB, %5.66 (3.99 Gg)'si ÖÖ ve %58.08 (40.92 Gg)'u TOM'dan sağlanmıştır. 81-100 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %31.84 (248.53 Gg)'ü TÜB, %9.23 (72.07 Gg)'ü TAB, %0.29 (2.29 Gg)'u ÖOB, %5.21 (40.64 Gg)'i ÖÖ ve %53.43 (417.07 Gg)' TOM'dan sağlanmıştır. 101-120 yaş sınıfında biriken toplam karbon miktarının %29.92 (50.13 Gg)'i TÜB, %8.67 (14.53 Gg)'si TAB, %0.27 (2.29 Gg)'i ÖOB, %5.43 (9.10 Gg)'ü ÖÖ ve %55.71 (93.37 Gg)'i TOM'dan sağlanmıştır. Sonuç olarak, her bir yaş sınıfı için toplam karbon birikimine en büyük katkı TOM ve ardından TÜB'den sağlanmaktadır. Ancak, toplam karbon birikimine en düşük katkıyı ÖOB'den sağlamaktadır.



Şekil 16. 2015 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimine katkı oranı

### 3.1.3.1.8. 2015 Yılı Yaş Sınıflarına Göre Karbon Yoğunluğu

2015 yılı için normal kapalıdaki orman alanları içerisinde en fazla karbon yoğunluğu 81-100 yaş sınıfında  $143.29 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile en düşük karbon yoğunluğu 0-20 yaş sınıfında  $87.13 \text{ Mg ha}^{-1}$  ile ortaya çıkmıştır. 0-20 yaş sınıfında karbon yoğunluğunun çok düşük hesaplanmasının sebebi ilk yaş sınıfında toprak üstü biyokütle miktarının 2918.78 ile oldukça düşük seviyede olması ve alansal büyüklüğün azımsanmayacak (%2.09) oranda olmasıdır. Yaş sınıfları itibariyle karbon yoğunluklarının büyükten küçüğe doğru sıralaması toprak üstü biyokütle miktarlarıyla doğru orantılı olacak şekilde 81-100, 101-120, 61-80, 41-60, 21-40 ve 0-20 yaş sınıfları şeklinde ortaya çıkmaktadır (Tablo 32).

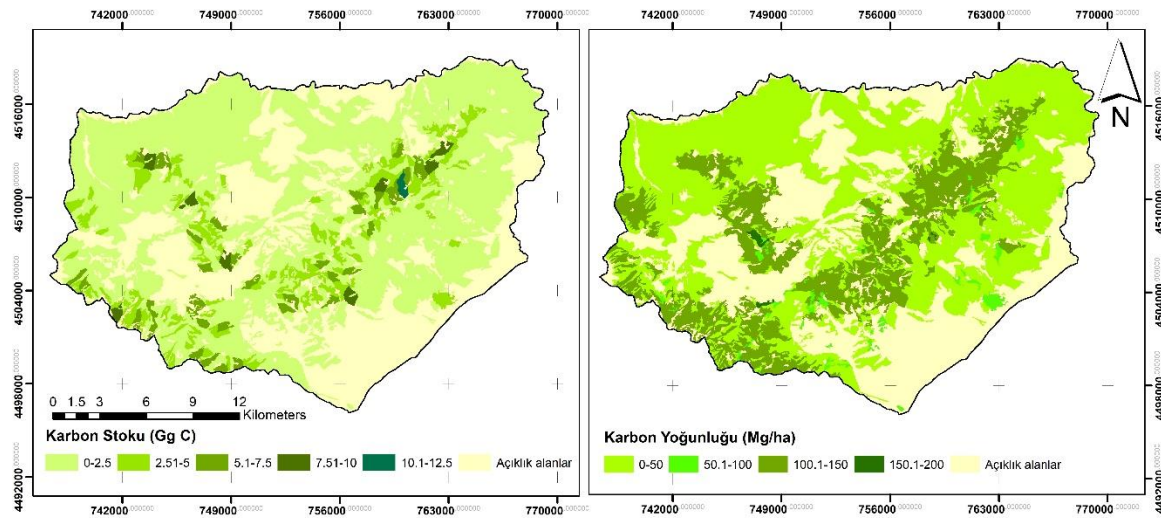
Tablo 32. 2015 yılı yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Arazi Kullanımı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
0-20	2.15	0.78	0.02	7.33	76.85	87.13
21-40	15.12	6.05	0.14	7.46	76.54	105.31
41-60	35.85	10.51	0.33	7.46	76.56	130.71
61-80	36.20	11.25	0.33	7.46	76.56	131.80
81-100	45.62	13.23	0.42	7.46	76.56	143.29
101-120	41.11	11.92	0.38	7.46	76.56	137.43
B	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.50</b>	<b>58.72</b>

Toplam karbon yoğunlukları üzerinde karbon havuzlarının katkı oranı her bir yaş sınıfı itibariyle değerlendirildiğinde en büyük katkının TOM, en düşük karbon yoğunluğunun ÖOB'den sağlandığı görülmektedir. Tüm yaş sınıflarında TOM'un karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %88.20, %72.17, %58.57, %58.08, %53.43 ve %55.71 ile TÜB'ün karbon yoğunluğuna katkısı sırasıyla %2.47, %14.78, %27.43, %27.47, %31.84 ve %29.92'dir. TAB ve ÖÖ'nün karbon yoğunluğuna katkısı tüm yaş sınıfları için %10'un altında benzer oranlarda hesaplanmışken, ÖOB'nin karbon yoğunluğuna katkısı en düşük oranda olmuştur.

### 3.1.3.2. 2015 Yılı Karbon Birikiminin Konumsal Dağılımı

Çalışma alanının 2015 yılı yılı meşcere haritası baz alınarak meşcere bazında belirlenen TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM'un tümünde depolanan toplam karbon birikiminin konumsal dağılımı ile toplam karbon değerinin birim alandaki yoğunluk değerlerinin konumsal dağılımı Şekil 17'de gösterilmiştir. Buna göre alanda toplam karbon birikimi 2,500 tonun altında olan alanlar 27026.85 ha, 2,501-5,000 ton arasında olan alanlar 3664.97 ha, 5,001-7,500 ton arasında olan alanlar 1509.62 ha, 7,501-10,000 ton olan alanlar 483.00 ha ve 10,001-12,500 ton olan alanlar 72.47 ha'dır. Alanın %34.29'unda ormansız alan olma sebebiyle karbon birikimi sağlanmazken, alanın %54.22'sinde karbon birikimlerinin en alt düzeyde olduğu görülmüştür. Karbon yoğunlukları 50 Mg ha<sup>-1</sup>'in altında olan alanlar toplam alanın %45.52'sini, 50.1-100 Mg ha<sup>-1</sup> olan alanlar %1.33'ünü, 100.1-150 Mg ha<sup>-1</sup> olan alanlar %18.68'ini ve 150 Mg ha<sup>-1</sup>'in üzerinde olan alanlarda 0.19'unu oluşturmaktadır.



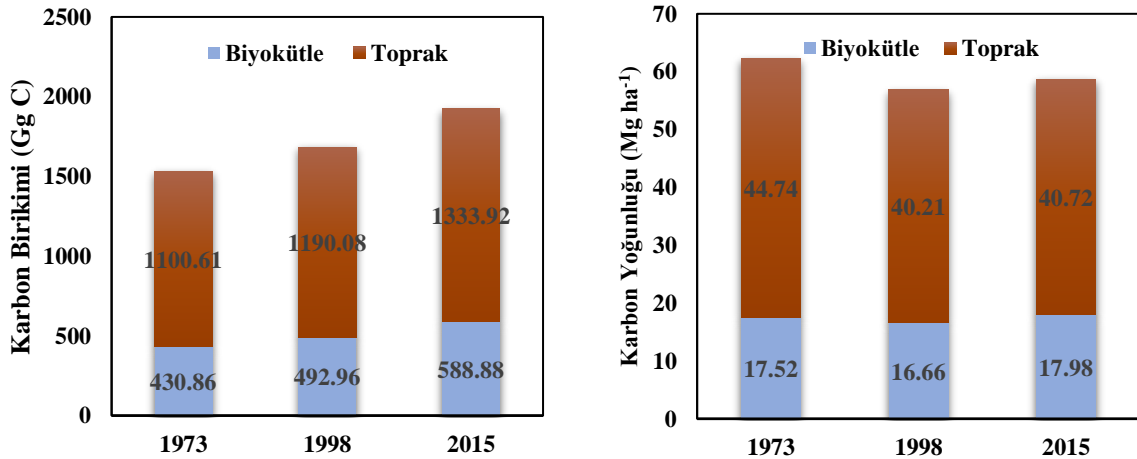
Şekil 17. 2015 yılı karbon stoku ve yoğunluğunun konumsal dağılımı

### 3.2. Karbon Birikiminin Zamana Bağlı Değişimi

Çalışma alanının 1973, 1998 ve 2015 yılı envanter verileri dikkate alındığında toplam karbon miktarı her üç plan döneminde sırasıyla 1531.47 Gg, 1683.05 Gg ve 1922.80 Gg olarak hesaplanmıştır. Buna göre, toplam karbon birikiminin 1973 ile 1998 yılları arasında %9.90, 1998 ile 2015 yılları arasında %14.24 ve 1973 ile 2015 yılları arasında %25.55 oranında arttığı görülmektedir (Tablo 33). Üç farklı dönemde karbon birikimindeki artışın temel sebebi ormanlık alanların (sırasıyla 24602.36 ha, 29600.4 ha ve 32756.9 ha) ve toprak üstü biyokütlenin (sırasıyla 635468.29 ton, 727780.93 ton ve 878796.98 ton) artmasıdır. Yıllar itibariyle karbon birikiminde meydana gelen değişimi biyokütle (TÜB, TAB ve ÖOB) ve topraktaki (ÖÖ ve TOM) karbon birikimi şeklinde iki sınıfta değerlendirmek gerekirse benzer şekilde karbon birikimi yıllar itibariyle artmış ancak karbon yoğunlukları ilk periyotta azalış daha sonra artış trendine geçmiştir (Şekil 18).

Tablo 33. Karbon havuzlarındaki karbon dinamiklerinin zamansal değişimi

Karbon Havuzu	Karbon (Gg C)			Karbon Yoğunluğu (Mg/ha)		
	1973	1998	2015	1973	1998	2015
Toprak Üstü Biyokütle	323.9	368.68	446.02	13.17	12.46	13.62
Toprak Altı Biyokütle	103.97	120.86	138.72	4.23	4.08	4.24
Ölü Odun Biyokütlesi	2.99	3.42	4.13	0.12	0.12	0.13
Ölü Örtü	97.65	96.49	105.65	3.97	3.26	3.23
Toprak Organik Maddesi	1002.96	1093.59	1228.27	40.77	36.95	37.5
<b>Toplam</b>	<b>1531.47</b>	<b>1683.04</b>	<b>1922.79</b>	<b>62.26</b>	<b>56.86</b>	<b>58.72</b>



Şekil 18. Biyokütle ve toprak havuzlarındaki karbon dinamiklerinin zamansal değişimi

Karbon havuzları itibariyle karbon birikimindeki zamansal değişim değerlendirildiğinde 1973-1998, 1998-2015 yılları arasında TÜB’de 44.78 Gg ve 77.34 Gg, TAB’da 16.89 Gg ve 17.86 Gg, ÖOB’da 0.43 Gg ve 0.71 Gg ÖÖ’de -1.16 Gg ve 9.16 Gg ve TOM’da 90.63 Gg ve 134.68 Gg karbon artışı görölmektedir. Yalnız 1973-1998 yılları arasındaki dönemde ölü örtüde biriken karbon miktarının %1.19 oranında azalış gösterdiği görölmüştür. Karbon havuzları içerisinde 1973, 1998 ve 2015 planlama yıllarındaki karbon birikime en büyük katkı %65.49, %64.98 ve %63.88 ile TOM’dan olmuştur. Karbon havuzları içerisinde TOM’dan sonra en büyük katkı %21.15, %21.91 ve %23.20 ile TÜB’den olmuştur. Karbon havuzları içerisinde 1973, 1998 ve 2015 planlama yıllarındaki karbon birikime en düşük katkı ise %0.20, %0.20 ve %0.21 ile ÖOB’den olmuştur.

1973, 1998 ve 2015 planlama yıllarında toplam karbon yoğunlukları sırasıyla 62.26 Mg ha<sup>-1</sup>, 56.86 Mg ha<sup>-1</sup> ve 58.72 Mg ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Buna göre, toplam karbon yoğunluğunun 1973 ile 1998 yılları arasında %8.67 arttığı, 1998 ile 2015 yılları arasında %3.27 azaldığı ve 1973 ile 2015 yılları arasında %5.69 oranında arttığı görölmektedir (Tablo 33). Karbon yoğunluklarının 1998 yılında azalış göstermesinin temel sebebi TÜB’deki artışla birlikte alansal artışın da olmasıdır.

Karbon yoğunluklarının 1973-1998 yılları arasındaki TÜB, TAB, ÖOB, ÖÖ ve TOM’da azalış sırasıyla 0.71 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.15 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.00 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.71 Mg ha<sup>-1</sup>, 3.82 Mg ha<sup>-1</sup>’dır. Karbon yoğunluklarının 1998-2015 yılları arasındaki karbon havuzlarındaki artışı sırasıyla 1.16 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.16 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.01( Mg ha<sup>-1</sup>, -0.03 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.55 Mg ha<sup>-1</sup>’dır. Karbon havuzlarının karbon birikimine katkısını inceleyen pek çok çalışma benzer sonuçlar ortaya koyarak en büyük payın TOM ve TÜB’den olduğu en düşük katkının ÖÖ’den olduğunu göstermiştir (Chen at al., 2019).

Çalışma alanına ait yıllık karbon depolama oranları 1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 periyotları için sırasıyla 0.22 Mg ha<sup>-1</sup>, 0.11 Mg ha<sup>-1</sup> ve 0.08 Mg ha<sup>-1</sup>’dır. Bu değerler ölkemizde daha önceki yıllarda Sivrikaya et al. (2007) (0.67-0.04 Mg C ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>), Sivrikaya et al. (2013) (0.11 Mg C ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>), ve Keleş et al. (2012) (0.29 Mg C ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>) tarafından farklı çalışma alanlarında yapılan benzer çalışmalarda elde edilen değerlere benzer değerlerdir.

Hisar planlama birimi sınırları içerisinde bulunan orman köyleri ve bu köylerdeki nüfus bilgileri incelendiğinde 1970-2010 yılları arasında toplam nüfusun yaklaşık %44.34 azaldığı görölmektedir (Tablo 34). Planlama birimi sınırları değişmemiş bir alanda ormanlık alanlarda ve bu alanlardaki servette meydana gelen artış planlama birimi içerisindeki köy nüfusunun azalması köylülerin orman üzerindeki baskısının azaldığı ve terk edilen

alanlardaki açıklık ya da ziraat alanlarının orman alanlarına dönüşmesi ile açıklanabilir. Zamana bağlı olarak TÜB’de meydana gelen artış karbonun artmasına neden olmuştur.

Tablo 34. Hisar planlama birimi sınırları içerisindeki köyler ve nüfus bilgileri

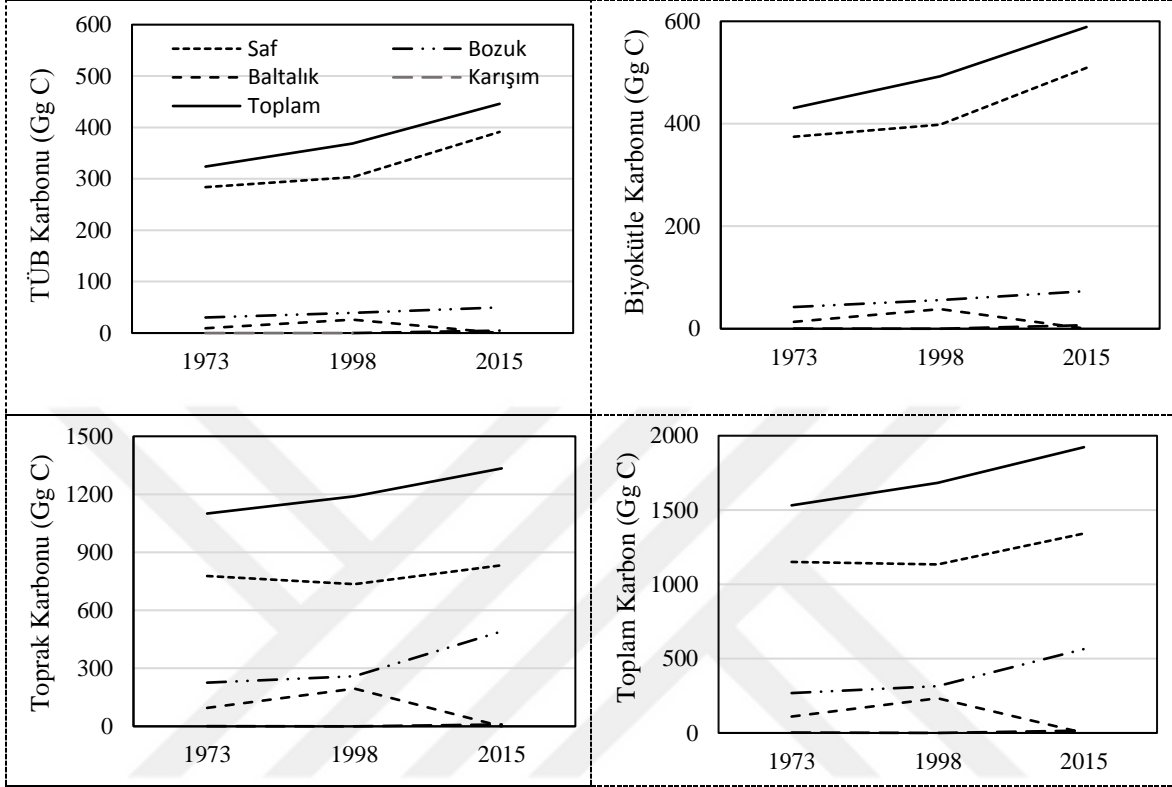
Köy İsimleri	Nüfus Bilgileri		
	1970	1990	2010
Kaledibi	373	432	146
Ormanağzı	1614	1283	674
Dutlu	-	-	-
Güzelsu	732	855	492
Tekeli	174	231	140
İriağaç	226	261	95
Yaylaçayır	228	222	114
Sülünkaya	598	433	251
Gökçedere	871	963	850
Elmadüzü	432	410	83
Ayvalı	490	795	802
Arıtışı	193	275	66
Günlüce	478	513	251
Tuzla	225	342	207
Güryaprak	437	435	164
Çanakpınar	520	361	121
Derebaşı	776	243	220
Kayaaltı	295	219	68
Köprübaşı	211	148	89
Taşlıköy	1155	1154	678
Dağdibi	246	318	207
<b>Toplam</b>	<b>10274</b>	<b>9893</b>	<b>5718</b>

### 3.2.1. Arazi Kullanımına Göre Karbon Değişimi

Zamana bağlı olarak toprak üstü, toprak altı ve ölü odun biyokütlesinde biriken karbon değerleri saf ve boşluklu kapalı alanlarda artan, baltalık alanlarda önce artan ve sonra azalan ve karışık ormanlarda da önce azalan ve sonra artan bir eğilim göstermiştir. Toprak ölü örtüsü ve organik maddesinde biriken karbon miktarı zamana bağlı olarak değişimi saf ve karışık meşcerelerde önce azalan sonra artan, boşluklu kapalılığa sahip boşluklu kapalı sahalarda artan ve baltalıklarda önce artan ve sonra azalan eğilim göstermiştir (Şekil 19). Genel olarak farklı havuzlardaki karbon trendinin temel sebebi zamana bağlı olarak alan büyüklüğündeki değişimdir. Ancak, saf meşcerelerde 1973-1998 yılları arasında alan 9248.2 hektardan 8751.85 hektara düşmesine rağmen toprak üstü karbon miktarının artış



göstermesinin temel sebebi 1998 yılındaki saf meşcerelerin daha fazla topraküstü biyokütle içermesi gösterilebilir.



Şekil 19. Yıllara göre arazi kullanım sınıflarındaki karbon dinamikleri

Yıllar itibariyle farklı arazi kullanım sınıflarında biriken toplam karbon değerleri kıyaslandığında; toplam karbon miktarı 1973-1998 yılları arasında saf ormanlarda %1.55 (1151.75, 1133.89) azalmış, boşluklu kapalı alanlardaki %17.67 (268.33, 315.75) artmış, baltalıklarda %113.05 (109.55, 233.4) artmış ve karışık meşcerelerde %100 (1.84, 0) azalmıştır. Toplam karbon miktarı 1998-2015 yılları arasında saf ormanlarda %18.37 (1133.89, 1342.21) artmış, boşluklu kapalı alanlardaki %78.77 (315.75, 564.48) artmış ve baltalıklarda %100 (233.4, 0) azalmıştır. Toplam karbon miktarı 1973-2015 yılları arasında saf ormanlarda %16.54 (1151.75, 1342.21) artmış, boşluklu kapalı alanlarda %110.37 (268.33, 564.48) artmış, baltalıklarda %100 (109.55, 0) azalmış ve karışık meşcerelerde %775.12 (1.84, 16.1) artmıştır (Tablo 35).

Tablo 35. Yıllara göre arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yıllar	Arazi kullanımı	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)
1973	Saf	283.87	88.23	2.62	68.99	708.04	1151.75
	Boşluklu kapalı	30.27	11.83	0.28	20.01	205.94	268.33
	Baltalık	9.54	3.82	0.09	8.51	87.59	109.55
	Karışık	0.22	0.09	0	0.14	1.39	1.84
	<b>Toplam (ha)</b>	<b>323.9</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>
1998	Saf	303.35	92.41	2.8	65.29	670.04	1133.89
	Boşluklu kapalı	39.27	16.46	0.36	23	236.66	315.75
	Baltalık	26.06	11.99	0.26	8.2	186.89	233.4
	Karışık	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplam (ha)</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>
2015	Saf	391.39	114.15	3.61	73.97	759.09	1342.21
	Boşluklu kapalı	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48
	Baltalık	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Karışık	4.77	1.5	0.04	0.77	9.02	16.1
	<b>Toplam (ha)</b>	<b>446.02</b>	<b>138.72</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>

Zamana bağlı olarak TÜB, toplam biyokütledeki ve tüm havuzlardaki toplam karbon yoğunlukları saf alanlarda artan, boşluklu kapalıya sahip boşluklu kapalı sahalarda ve baltalık alanlarda ilk periyotta artan ve sonraki periyotta azalan, karışık ormanlarda önce azalan ve sonra artan bir eğilim göstermiştir. 1973-2015 yılları arasında toplam karbon yoğunlukları saf ve karışık meşcerelerde artan, boşluklu kapalı ve baltalıklarda azalan bir değişim göstermiştir (Tablo 36). 1973 yılı envanterine göre en yüksek toplam karbon yoğunluğu saf ve en düşük yoğunluk boşluklu kapalı ve baltalıklarda iken, 2015 yılında en yüksek karbon yoğunluğu karışık meşcerelerden sağlanmıştır.

Tablo 36. Yıllara göre arazi kullanım sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Yıllar	Arazi kullanımı	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
1973	Saf	30.69	9.54	0.28	7.46	76.56	124.53
	Boşluklu kapalı	2.81	1.1	0.03	1.86	19.14	24.94
	Baltalık	2.09	0.83	0.02	1.86	19.14	23.94
	Karışık	12.11	4.84	0.11	7.46	76.55	101.07
	<b>Toplam (ha)</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>
1998	Saf	34.66	10.56	0.32	7.46	76.56	129.56
	Boşluklu kapalı	3.18	1.33	0.03	1.86	19.14	25.54
	Baltalık	3.07	1.41	0.03	0.97	22.03	27.51
	Karışık	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplam (ha)</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.86</b>
2015	Saf	39.47	11.51	0.36	7.46	76.56	135.36
	Boşluklu kapalı	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
	Baltalık	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Karışık	41.37	13.06	0.38	6.7	78.26	139.77
	<b>Toplam (ha)</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.5</b>	<b>58.72</b>

Arazi kullanım sınıfları itibariyle karbon stoklarının zamana bağlı olarak değişimi yaklaşık 42 yıl boyunca orman ekosistemlerinin yapısında meydana gelen değişimle ifade edilebilir. 1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarının değişimini Tablo 37, 38 ve 39 ile sırasıyla gösterilmiştir. Buna göre 1973-1998 yılları arasında toplam alan azalmasına rağmen (55463 ha-49849 ha) toplam orman alanı (24602.36 ha-29600.38 ha) artmıştır. Boşluklu kapalı sahaların %10.11'i, baltalıkların %2.14'ünün normal kapalıdaki saf alanlara dönüşmesi açıklık alanların %5.31, %30.21 ve %12.20'sinin ve orman olmayan alanların %2.17, %6.47 ve %28.59'unun saf, boşluklu kapalı ve baltalık alanlara dönüşümü ormandaki serveti arttırmakta ve dolayısıyla toplam karbon birikimini artmasına neden olmaktadır.

Tablo 37. 1973 -1998 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişim

1973 \ 1998	Saf	Boşluklu kapalı	Baltalık	Açıklık	Orman dışı	Toplam (ha)
<b>Saf</b>	6611.15	1549.31	161.29	181.37	262.41	8765.53
<b>Boşluklu kapalı</b>	982.42	3265.47	2171.50	2622.80	677.88	9720.07
<b>Baltalık</b>	85.64	2265.56	797.71	461.07	385.64	3995.62
<b>Açıklık</b>	779.85	4433.84	1790.07	4027.58	3646.92	14678.27
<b>Orman dışı</b>	270.17	805.34	3560.02	1066.89	6747.54	12449.97
<b>Karışık</b>	3.32	14.71	0.00	0.00	0.00	18.03
<b>Toplam (ha)</b>	<b>8732.55</b>	<b>12334.23</b>	<b>8480.60</b>	<b>8359.71</b>	<b>11720.40</b>	<b>49627.48</b>

1998-2015 yılları arasında toplam alan büyüklüğü neredeyse aynı olmasına rağmen (49849 ha-49848 ha) ormanlık alanı (29600.38 ha- 32756.92 ha) artmıştır. Boşluklu kapalı sahaların %12.39'u, baltalıkların %2.10'unun normal kapalı saf alanlara dönüşmesi açıklık alanların %5.39 ve %45.99'unun saf ve boşluklu kapalı alanlara ve orman olmayan alanların %3.25, %17.88'inin saf ve boşluklu kapalı alanlara dönüşümü ormandaki serveti arttırmakta ve dolayısıyla toplam karbon birikimini artmasına neden olmaktadır.

Tablo 38. 1998 -2015 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişim

1998 \ 2015	Saf	Boşluklu kapalı	Açıklık	Orman dışı	Karışık	Toplam (ha)
<b>Saf</b>	7371.75	1027.39	218.18	44.01	88.96	8750.28
<b>Boşluklu kapalı</b>	1530.86	8877.70	1688.57	245.98	14.04	12357.15
<b>Baltalık</b>	177.94	6845.13	1244.04	212.25	5.04	8484.42
<b>Açıklık</b>	451.40	3849.66	3830.85	234.68	3.52	8370.11
<b>Orman dışı</b>	386.43	2123.61	4821.92	4542.46	3.58	11878.00
<b>Total (ha)</b>	<b>9918.38</b>	<b>22723.49</b>	<b>11803.57</b>	<b>5279.37</b>	<b>115.14</b>	<b>49839.95</b>

1973-2015 yılları arasında toplam alan büyüklüğü azalmasına rağmen (55463 ha-49849 ha) ormanlık alanı (24602 ha-32757 ha) artmıştır. Boşluklu kapalı sahaların %14.78'inin, baltalıkların %3.92'sinin normal kapalı saf alanlara dönüşmesi açıklık alanların %6.46, %44.56 ve %0.24'ünün ve orman olmayan alanların %3.29, %36.62 ve %0.08'inin saf, boşluklu kapalı ve karışık alanlara dönüşümü ormandaki serveti arttırmakta ve dolayısıyla toplam karbon birikimini artmasına neden olmaktadır.

Tablo 39. 1973 -2015 yılları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişim

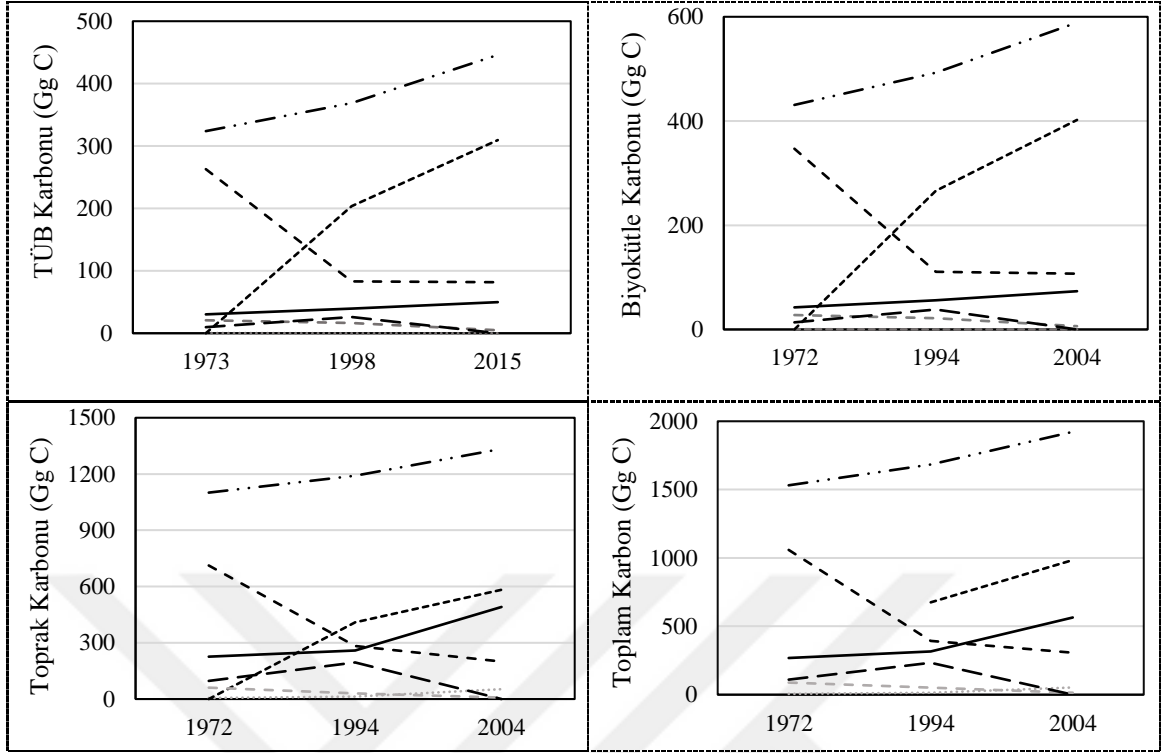
1973 \ 2015	Saf	Boşluklu kapalı	Açıklık	Orman dışı	Karışık	Toplam
<b>Saf</b>	6936.88	1447.03	263.98	60.15	65.24	8773.27
<b>Boşluklu kapalı</b>	1435.78	6868.13	1222.79	181.22	4.65	9712.56
<b>Baltalık</b>	156.53	3276.16	506.72	55.54	0.00	3994.95
<b>Açıklık</b>	948.97	6542.57	5951.77	1201.83	35.96	14681.11
<b>Orman dışı</b>	409.84	4560.15	3840.23	3631.84	9.38	12451.44
<b>Karışık</b>	7.12	10.95	0.00	0.00	0.00	18.07
<b>Toplam (ha)</b>	<b>9895.11</b>	<b>22704.99</b>	<b>11785.50</b>	<b>5130.58</b>	<b>115.23</b>	<b>49631.40</b>

Benzer çalışmalar boşluklu kapalı, baltalık, açıklık ya da orman olmayan alanların normal kapalıdaki orman alanlarına dönüşmesi ile toplam karbon birikiminin arttığını desteklemektedirler (Chen et al., 2019; Sivrikaya et al., 2013; Keleş et al., 2012; Sivrikaya et al., 2007; Sivrikaya ve Bozali, 2012; Günlü vd., 2019).

### 3.2.2. Gelişim Çağına Göre Karbon Değişimi

Periyodik olarak toplam biyokütlerdeki karbon değerleri “a”, “b” ve “d” gelişim çağlarında azalan ancak “c” gelişim çağında artan bir eğilim göstermiştir. ÖÖ ve TOM’da biriken karbon miktarının zamana bağlı olarak değişimi “a” ve “c” gelişim çağlarında artan, “b” ve “d” gelişim çağlarında azalan bir eğilim göstermiştir (Şekil 20). Genel olarak farklı havuzlardaki karbon trendinin temel sebebi zamana bağlı olarak alan büyüklüğündeki ve TÜB’deki değişimdir.

Yıllar itibariyle farklı gelişim çağlarında biriken toplam karbon değerleri kıyaslandığında; 1973-1998 yılları arasında “a” gelişim çağında %110.66 (6.10, 12.85) artmış, “b” gelişim çağında %62.84 (1059.03, 393.51) azalmış, “d” gelişim çağında %40.93 (88.46, 52.25) artmıştır. 1998-2015 yılları arasında “a” gelişim çağında %309.34 (12.85, 52.60) artmış, “b” gelişim çağında %22.02 (393.51, 306.87) azalmış, “c” gelişim çağında %45.82 (675.28, 984.68) artmış ve “d” gelişim çağında %72.90 (52.25, 14.16) azalmıştır. Toplam karbon miktarı 1973-2015 yılları arasında “a” gelişim çağında %762.30 (6.10, 52.60) artmış, “b” gelişim çağında %71.02 (1059.03, 306.87) azalmış, “d” gelişim çağında %83.99 (88.46, 14.16) azalmıştır (Tablo 40).



Şekil 20. Yıllara göre gelişim çağlarındaki karbon dinamikleri

Tablo 40. Yıllara göre gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yıllar	Gelişim Çağları	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)
1973	a	0.32	0.13	0.00	0.50	5.15	6.10
	b	262.96	81.46	2.42	63.23	648.94	1059.03
	c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	d	20.81	6.73	0.19	5.39	55.34	88.46
	B	30.27	11.83	0.28	20.01	205.94	268.33
	Bt	9.54	3.82	0.09	8.51	87.59	109.55
	<b>Toplam</b>	<b>323.90</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>
1998	a	0.00	0.00	0.00	1.14	11.71	12.85
	b	5	26.81	0.77	25.10	257.48	393.51
	c	203.47	60.81	1.88	36.32	372.8	675.28
	d	16.53	4.79	0.15	2.73	28.05	52.25
	B	39.27	16.46	0.36	23	236.66	315.75
	Bt	26.06	11.99	0.26	8.2	186.89	233.4
	<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>
2015	a	0.00	0.00	0.00	4.67	47.93	52.60
	b	81.79	24.49	0.76	17.64	182.19	306.87
	c	309.52	89.76	2.85	51.72	530.83	984.68
	d	4.85	1.41	0.04	0.70	7.16	14.16
	B	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48
	Bt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.72</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>

Periyodik olarak her bir gelişim çağı için farklı karbon havuzunun toplam karbon yoğunluğuna katkısını Tablo 41’de gösterilmiştir. 1973-1998 ve 1998-2015 yılları arasında toplam biyokütledeki karbon yoğunluğu (TÜB, TAB ve ÖOB) “a” gelişim çağlarında azalan, “b” gelişim çağlarında önce azalan sonra artan ve “c” ve “d” gelişim çağlarında artan bir eğilim göstermiştir. Aynı gelişim çağlarının periyodik olarak farklı karbon yoğunluğu içermesinin nedeni envanter çalışmasına bağlı olarak meşcerenin toprak üstü servetlerinin farklı hesaplanmasıdır. Karbon birikimini hesaplamasında toprakta biriken karbon değerleri sabit karbon yoğunluk değerleri ile çarpıldığından ÖÖ ve TOM karbon yoğunlukları tabloda sabit değerlerdir. Toplam karbon yoğunlukları gelişim çağları açısından kıyaslandığında “a” ve “b” gelişim çağlarında ilk periyotta azalan sonra artan, “c” ve “d” gelişim çağlarında ise artan bir değişim göstermiştir. Bu durumun temel sebebi zamana bağlı olarak birim alandaki toprak üstü biyokütle değerlerinin (t/ha) artması gösterilebilir. Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse toplam karbon yoğunluklarının gelişim çağları itibariyle büyükten küçüğe doğru sıralaması hektardaki servet değerlerine bağlı olarak “d”, “c”, “b” ve “a” şeklindedir.

Tablo 41. Yıllara göre gelişim çağlarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Yıllar	Gelişim Çağları	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
1973	a	4.72	1.89	0.04	7.46	76.56	90.67
	b	31.02	9.61	0.29	7.46	76.56	124.94
	c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	d	28.79	9.31	0.27	7.46	76.56	122.39
	B	2.81	1.1	0.03	1.86	19.14	24.94
	Bt	2.09	0.83	0.02	1.86	19.14	23.94
	<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>
1998	a	0	0	0	7.46	76.56	84.02
	b	24.78	7.97	0.23	7.46	76.56	117
	c	41.79	12.49	0.39	7.46	76.56	138.69
	d	45.11	13.08	0.42	7.46	76.56	142.63
	B	3.18	1.33	0.03	1.86	19.14	25.54
	Bt	3.07	1.41	0.03	0.97	22.03	27.51
	<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.87</b>
2015	a	0	0	0	7.46	76.56	84.02
	b	34.41	10.3	0.32	7.42	76.64	129.09
	c	44.64	12.95	0.41	7.46	76.56	142.02
	d	51.93	15.06	0.48	7.46	76.56	151.49
	B	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
	Bt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.5</b>	<b>58.72</b>

Gelişim çağları itibariyle karbon stoklarındaki zamansal değişim yaklaşık 42 yıl boyunca orman ekosistemlerinin yapısında meydana gelen değişimle ifade edilebilir. 1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarındaki değişimin alansal dağılımı Tablo 42, 43 ve 44’te gösterilmiştir. Buna göre 1973-1998 yılları arasında “a” gelişim çağlarının %41.13’ü “b” ve “c” gelişim çağına, “b” gelişim çağının %51.56’sının “c” ve “d” gelişim çağına çıkması birim alandaki servete dolaylı olarak da toprak üstü biyokütleye katkı sağlamaktadır. Boşluklu kapalı ve baltalık alanlarının %19.14’ünün ve açıklık ve orman dışı alanların %3.8’inin normal kapalı orman alanlarına dönüşümü karbon birikimine önemli katkı sağlamıştır.

Tablo 42. 1973 -1998 yılları arasındaki gelişim çağlarının alansal değişimi

<b>1973</b> \ <b>1998</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>B</b> <b>Bt</b>	<b>Açıklık</b> <b>Orm. Dışı</b>	<b>Toplam</b> <b>(ha)</b>
<b>a</b>	0.00	103.51	24.46	0.00	144.67	38.53	311.17
<b>b</b>	1086.35	12018.16	22729.90	2160.51	8638.24	1641.27	48274.43
<b>d</b>	4.79	1097.20	4021.02	448.73	1032.14	281.44	6885.33
<b>B</b>	164.65	14794.89	15928.97	764.63	62428.82	35483.38	129565.35
<b>Bt</b>	0.00	653.13	143.14	0.00	30692.81	8467.09	39956.17
<b>Orman Dışı</b>	99.25	1585.08	981.41	34.29	43655.31	78144.33	124499.66
<b>Açıklık</b>	175.67	2368.08	4813.88	243.59	62436.47	76745.03	146782.72
<b>Toplam (ha)</b>	<b>1530.72</b>	<b>32620.04</b>	<b>48642.78</b>	<b>3651.75</b>	<b>209028.46</b>	<b>200801.08</b>	<b>496274.83</b>

1998-2015 yılları arasında toplam alan büyüklüğü neredeyse aynı olmasına rağmen (49849 ha-49848 ha) ormanlık alanı (29600 ha- 32757 ha) artmıştır. 1998 yılı itibariyle “a” gelişim çağının %37.45’inin “b” ve “c” gelişim çağına, “b” gelişim çağının %49.17’sinin “c” ve “d” gelişim çağına, boşluklu kapalı ve baltalık alanların %8.6’sının ve açıklık alanlar ile ormansız alanların %4.2’inin normal kapalıdaki orman alanına dönüşümü karbon birikimine pozitif katkılar sağlamaktadır.



Tablo 43. 1998-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarının alansal değişimi

1998 \ 2015	a	b	c	d	B	Açıklık Orman Dışı	Toplam (ha)
a	19.94	41.08	16.14	0.00	57.89	17.75	152.81
b	9.56	1118.37	1594.10	13.74	444.63	89.55	3269.94
c	48.06	526.81	3582.71	56.68	511.40	142.84	4868.50
d	11.35	36.50	275.85	1.81	30.28	11.15	366.93
B	181.82	369.74	1047.10	9.82	8905.32	1935.45	12449.25
Bt	0.00	98.06	84.93	0.00	6845.13	1456.30	8484.42
Orman Dışı	94.86	91.78	191.72	11.64	2123.61	9364.38	11878.00
Açıklık	259.70	51.54	143.35	0.00	3849.99	4065.53	8370.11
<b>Toplam (ha)</b>	<b>625.29</b>	<b>2333.89</b>	<b>6935.90</b>	<b>93.69</b>	<b>22768.23</b>	<b>17082.95</b>	<b>49839.95</b>

1973-2015 yılları arasında toplam alan büyüklüğü azalmasına rağmen (55463 ha-49849 ha) ormanlık alanı (24602 ha- 32757 ha) artmıştır. “a” gelişim çağının %45.92’sinin “b” gelişim çağına dönüşümü, “b” gelişim çağının %59.46’sının “c” ve “d” gelişim çağına dönüşümü ile boşluklu kapalı, baltalık açıklık ve ormansız alanların %12.18’inin normal kapalı orman alanlarına dönüşümü serveti arttırmakta ve dolayısıyla toplam karbon birikimini artmasına olumlu katkılar sağlamaktadır.

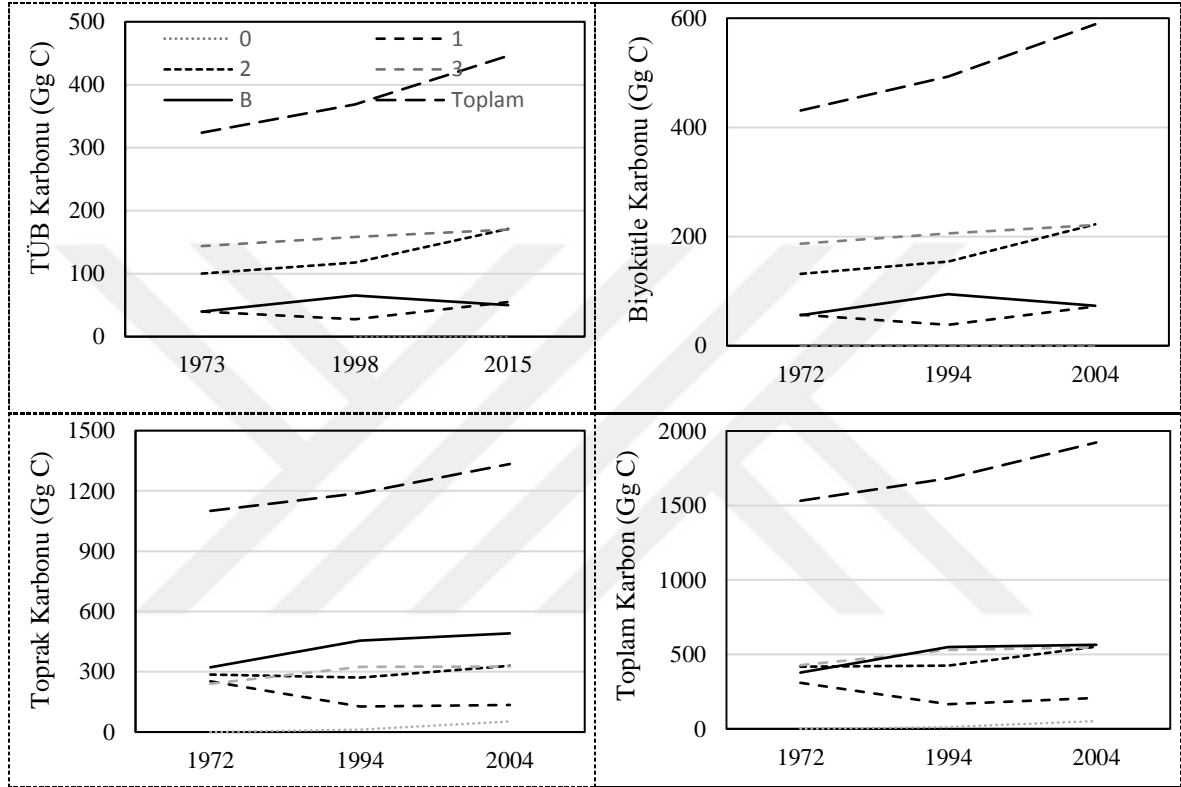
Tablo 44. 1973-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarının alansal değişimi

1973 \ 2015	a	b	c	d	B	Açıklık Orman Dışı	Toplam (ha)
a	0.36	14.25	0.00	0.00	16.42	0	31.03
b	64.03	1003.54	2818.68	55.15	750.94	141.2	4833.55
c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00
d	8.35	84.82	496.81	0.00	80.29	18.25	688.52
B	218.99	893.94	2731.71	14.71	7522.77	1568.69	12950.81
Bt	25.21	80.13	0.00	0.00	3276.16	562.26	3994.95
Orman Dışı	64.59	126.86	227.35	0.00	4560.57	7472.07	12451.44
Açıklık	237.97	124.34	598.97	23.66	6542.57	7153.6	14681.11
<b>Toplam (ha)</b>	<b>619.49</b>	<b>2327.88</b>	<b>6924.71</b>	<b>93.52</b>	<b>22749.73</b>	<b>16916.08</b>	<b>49631.40</b>

### 3.2.3. Meşcere Kapalılığına Göre Karbon Değişimi

Yıllara göre TÜB, TAB ve ÖOB’deki karbon birikimi “1” kapalı alanlarda ilk periyotta azalan ikinci periyotta artan, “2” ve “3” kapalı alanlardaki karbon birikimi her

periyotta artan bir eğilim göstermiştir. ÖÖ ve TOM’da biriken karbon miktarının zamana bağlı olarak değişimi “0” ve “3” kapalılık sınıflarında artan, “1” ve “2” kapalılık sınıflarında ilk periyot itibariyle azalan sonraki periyotta ise artan bir eğilim göstermiştir (Şekil 21). Genel olarak farklı havuzlardaki karbon trendinin temel sebebi zamana bağlı olarak alan büyüklüğündeki ve TÜB’deki değişimdir.



Şekil 21. Yıllara göre kapalılık sınıflarındaki karbon dinamikleri

Periyotlar itibariyle farklı kapalılık sınıflarında biriken toplam karbon değerleri kıyaslandığında; 1973-1998 yılları arasında “1” kapalılık sınıfında %46.49 (309.06, 165.38) azalmış, “2” kapalılık sınıfında %1.93 (417.33, 425.39) artmış, “3” kapalılık sınıfında %24.13 (427.20, 530.26) artmış, boşluklu kapalılığa sahip alanlarda %45.32 (377.88, 549.14) artmıştır. 1998-2015 yılları arasında “0” kapalılıktaki alanlarda %309.34 (12.85, 52.60), “1” kapalılık sınıfında %24.92 (165.38, 206.59), “2” kapalılık sınıfında %29.77 (425.39, 552.02), “3” kapalılık sınıfında %3.17 (530.27, 547.10) ve boşluklu kapalılığa sahip alanlarda %2.79 (549.14, 564.48) artış görülmüştür. Toplam karbon miktarı 1973-2015 yılları arasında “1” kapalılık sınıfında %33.15 (309.06, 206.59) azalış şeklindeyken “2” kapalılık sınıfında %32.27 (417.33, 552.02), “3” kapalılık sınıfında %28.07 (427.20, 547.10)

ve boşluklu kapalılığa sahip alanlarda %49.38 (377.88, 564.48) artış şeklinde olmuştur (Tablo 45).

Tablo 45. Yıllara göre kapalılık sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yıllar	Kapalılık	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)
1973	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	40.09	16.04	0.37	22.42	230.14	309.06
	2	100.16	30.55	0.92	25.37	260.33	417.33
	3	143.84	41.73	1.33	21.34	218.96	427.20
	B	39.81	15.65	0.37	28.52	293.53	377.88
	<b>Toplam</b>	<b>323.90</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>
1998	0	0.00	0.00	0.00	1.14	11.71	12.85
	1	27.60	10.41	0.25	11.29	115.83	165.38
	2	117.48	35.79	1.08	24.07	246.98	425.39
	3	158.27	46.22	1.46	28.80	295.52	530.27
	B	65.33	28.45	0.63	31.20	423.55	549.14
	<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>
2015	0	0.00	0.00	0.00	4.67	47.93	52.60
	1	54.95	16.51	0.50	11.95	122.68	206.59
	2	171.18	49.64	1.58	29.27	300.35	552.02
	3	170.03	49.50	1.57	28.85	297.15	547.10
	B	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48
	<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.73</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>

Kapalılık sınıflarının 1973, 1998 ve 2015 yıllarındaki farklı karbon havuzunun toplam karbon yoğunluğuna katkısı Tablo 46’da gösterilmiştir. 1973-1998 ve 1998-2015 yılları arasında toplam biyokütledeki karbon yoğunluğu “1” ve “2” kapalılık sınıflarında artan, “3” kapalılık sınıfında ilk periyotta azalan ardından artan ve “B” boşluklu kapalılığa sahip alanlarda ilk periyotta artan ve sonrasında azalan bir eğilim göstermiştir. Aynı kapalılık sınıflarının periyodik olarak farklı karbon yoğunluğu içermesinin nedeni envanter çalışmasına bağlı olarak meşcerenin toprak üstü servetlerinin farklı hesaplanmasıdır. Her iki periyotta toprak ölü örtüsü ve organik maddesinde karbon yoğunlukları karbon birikimini hesaplama yöntemine bağlı olarak kullanılan sabit değerler sebebiyle tüm kapalılık sınıflarında aynı değerde kalmıştır. Toplam karbon yoğunlukları kapalılık sınıfları itibariyle kıyaslandığında tüm havuzlardaki sonuçlara benzer olarak “1” ve “2” kapalılık sınıflarında

artan, “3” kapalılık sınıfında ilk periyotta azalan ve sonraki periyotta artan ve “B” boşluklu kapalılığa sahip alanlarda da ilk periyotta artan ardından azalan bir değişim göstermiştir. Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse toplam karbon yoğunluklarının kapalılık sınıfları itibariyle büyükten küçüğe doğru sıralaması hektardaki servet değerlerine bağlı olarak “3”, “2”, “1”, “0” ve “B” şeklindedir.

Tablo 46. Yıllara göre kapalılık sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Yıllar	Kapalılık	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
1973	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	13.34	5.33	0.12	7.46	76.56	102.81
	2	29.45	8.99	0.27	7.46	76.56	122.73
	3	50.30	14.59	0.46	7.46	76.56	149.37
	B	2.60	1.02	0.02	1.86	19.14	24.64
	<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>
1998	0	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
	1	18.24	6.88	0.17	7.46	76.56	109.31
	2	36.42	11.09	0.34	7.46	76.56	131.87
	3	41.00	11.97	0.38	7.46	76.56	137.37
	B	3.13	1.36	0.03	1.50	20.32	26.34
	<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.86</b>
2015	0	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
	1	34.29	10.30	0.32	7.46	76.56	128.93
	2	43.63	12.65	0.40	7.46	76.56	140.70
	3	43.84	12.76	0.40	7.44	76.61	141.05
	B	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
	<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.50</b>	<b>58.72</b>

1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarındaki değişimin alansal dağılımı Tablo 47, 48 ve 49’da sırasıyla gösterilmiştir. Buna göre 1973-1998 yılları arasında “1” kapalılık sınıfına ait alanların %22.54’ü “2” kapalılık sınıfının %35.87’si ve “B” boşluklu kapalılığa sahip alanların %10.11’inin ve açıklık alanlar ile ormansız alanların %3.87’sinin normal kapalılıktaki orman alanlarına dönüşmesi birim alandaki servete dolaylı olarak da TÜB’e katkı sağlamaktadır.

Tablo 47. 1973-1998 yılları arasındaki kapalılık sınıflarının alansal değişimi

1973-1998	0	1	2	3	B Bt	Açıklık Orman Dışı	Toplam (ha)
1	4.23	454.85	627.91	724.98	728.18	245.01	2785.16
2	59.16	320.66	943.42	1161.08	612.2	140.71	3237.23
3	50.4	221.15	901.09	1145.53	384.94	58.06	2761.17
B	11.79	260.35	353.83	356.45	5436.97	3300.68	9720.07
Bt	0	13.61	20.78	51.24	3063.27	846.71	3995.61
Orman Dışı	9.93	50.91	103.3	106.03	4365.36	7814.43	12449.96
Açıklık	17.57	187.78	271.69	302.81	6223.91	7674.5	14678.26
<b>Toplam (ha)</b>	<b>153.08</b>	<b>1509.31</b>	<b>3222.02</b>	<b>3848.12</b>	<b>20814.83</b>	<b>20080.1</b>	<b>49627.46</b>

1998-2015 yılları arasında toplam alan büyüklüğü neredeyse aynı olmasına rağmen (49849 ha-49848 ha) ormanlık alanı (29600 ha- 32757 ha) artmıştır. 1998 yılı itibariyle “0” kapalılığa sahip alanların %63.67’sinin, “1”, “2” ve “3” kapalı alanlara, “1” kapalı alanların %37.89’unun “2” ve “3” kapalı alanlara, “2” kapalı alanların %29.02’sinin “3” kapalı alanlara ve “B ve Bt” alanların %8.29’unun ve açıklık alanlar ile ormansız alanların %4.17’sinin normal kapalılıktaki orman alanına dönüşümü karbon birikimine pozitif katkılar sağlamaktadır.

Tablo 48. 1998-2015 yılları arasındaki kapalılık sınıflarının alansal değişimi

1998-2015	0	1	2	3	B	Açıklık Orman Dışı	Toplam (ha)
0	19.94	9.90	19.68	67.72	17.82	17.75	152.81
1	36.56	463.60	395.63	177.64	379.05	60.39	1512.87
2	15.42	400.11	1430.60	935.92	342.04	101.38	3225.47
3	16.99	222.90	1254.76	1993.34	288.48	82.68	3859.14
B	181.82	334.24	547.53	481.31	8877.70	1934.55	12357.15
Bt	0.00	23.71	73.36	85.92	6845.13	1456.29	8484.42
Orman Dışı	94.86	91.60	128.06	75.49	2123.61	9364.38	11878.00
Açıklık	259.70	57.61	73.32	64.28	3849.66	4065.53	8370.11
<b>Toplam (ha)</b>	<b>625.29</b>	<b>1603.68</b>	<b>3922.94</b>	<b>3881.62</b>	<b>22723.49</b>	<b>17082.95</b>	<b>49839.97</b>

1973-2015 yılları arasında toplam alan büyüklüğü azalmasına rağmen (55463 ha-49849 ha) ormanlık alanı (24602 ha- 32757 ha) artmıştır. “1” kapalı alanların %49.55’inin “2” ve “3” kapalı alanlara, “2” kapalı alanların %38.08’inin “3” kapalı alanlara ve “B” alanların %11.66’sinin normal kapalı orman alanına, orman içi açıklıkların %6.71’inin

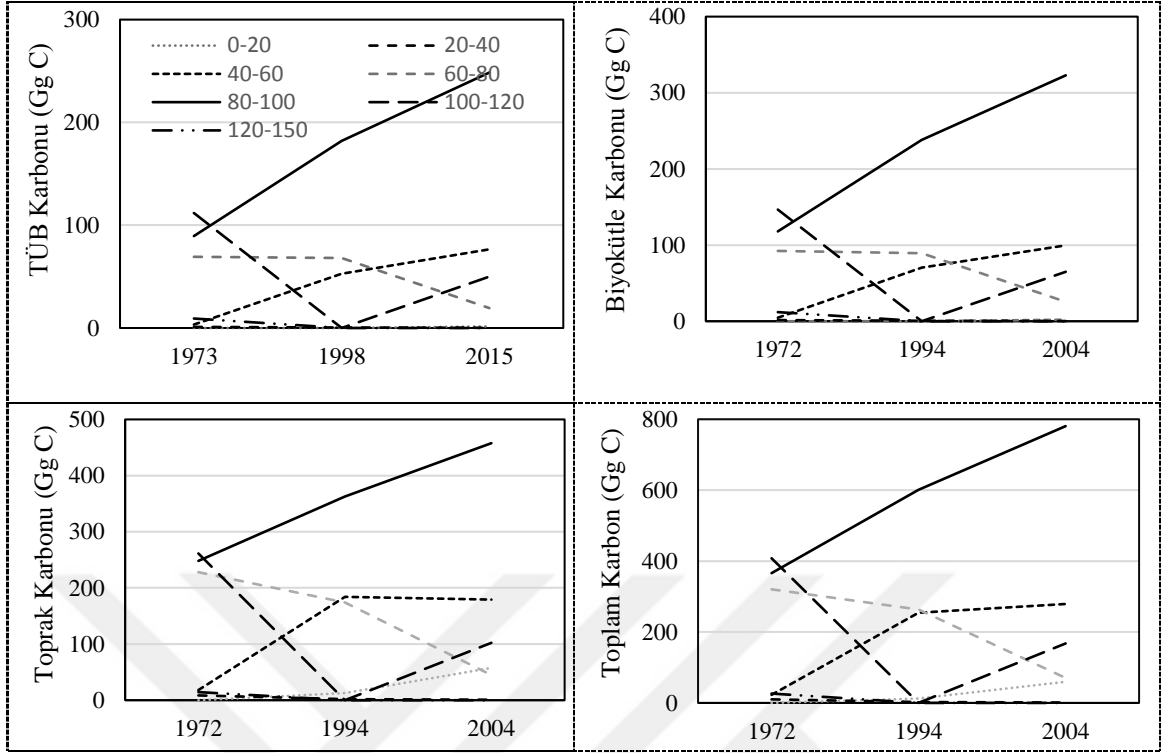
ormanlık alanlara ve orman olmayan alanların %40.0'nin orman alanına dönüşümü karbon birikimine olumlu katkılar sağlamaktadır.

Tablo 49. 1973-2015 yılları arasındaki kapalılık sınıflarının alansal değişimi

1973	2015	0	1	2	3	B	Açıklık Orman Dışı	Toplam (ha)
<b>1</b>		48.24	499.1	729.29	654.21	723.76	137.59	2792.19
<b>2</b>		39.51	324.27	1089.98	1232.41	436.27	113.77	3236.21
<b>3</b>		8.85	154.31	1080.27	1148.8	297.94	72.76	2762.93
<b>B</b>		220.34	367.02	557.91	451.68	10144.29	1966.28	13707.52
<b>Orman Dışı</b>		64.59	75.61	170.93	108.09	4560.15	7472.07	12451.44
<b>Açıklık</b>		237.97	180.74	293.06	273.16	6542.57	7153.6	14681.1
<b>Toplam (ha)</b>		<b>619.5</b>	<b>1601.05</b>	<b>3921.44</b>	<b>3868.35</b>	<b>22704.98</b>	<b>16916.07</b>	<b>49631.39</b>

#### 3.2.4. Yaş Sınıfına Göre Karbon Değişimi

Periyodik olarak toplam biyokütlerdeki karbon birikimi kıyaslandığında; “0-20”, “41-60” ve “81-100” yaş sınıflarında artan, “21-40” ve “61-80” yaş sınıflarında azalan eğilim göstermiştir. Toprakta biriken karbon miktarının zamana bağlı olarak değişimi “0-20” ve “81-100” yaş sınıflarında artan, “21-40” ve “61-80” yaş sınıflarında azalan, “41-60” yaş sınıfında ilk periyotta artan ardından da azalan bir eğilim göstermiştir. Ayrıca “101-120” ve “121-150” yaş sınıflarında ise 1998 yılı itibariyle hiç alan bulunmadığından karbon birikimleri her bir havuz için 1973-1998 yılları arasında azalan ancak 1998-2015 yılları arasında “101-120” yaş sınıfı için artan ve “121-150” yaş sınıfı için değişmeyen eğilim göstermiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Yıllara göre yaş sınıflarındaki karbon dinamikleri

Periyotlar itibariyle farklı yaş sınıflarında biriken toplam karbon değerleri kıyaslandığında; 1973-1998 yılları arasında “21-40” yaş sınıfında %77.50 (10.04, 2.26) azalmış, “41-60” yaş sınıfında %1017 (22.77, 254.49) artmış, “61-80” yaş sınıfında %17.75 (320.33, 263.46) azalmış, “81-100” yaş sınıfında %64.13 (366.07, 600.83) artmış, “101-120” ve “121-150” yaş sınıfında %100 (407.96, 0- 26.42, 0) artmıştır. 1998-2015 yılları arasında karbon birikimi “0-20” yaş sınıfında %363.42 ((12.85, 59.55) artmış, “21-40” yaş sınıfında %49.12 (2.26, 1.15) azalmış, “41-60” yaş sınıfında %9.62 (254.49, 278.97) artmış, “61-80” yaş sınıfında %73.26 (263.46, 70.45) azalmış, “81-100” yaş sınıfında %29.92 (600.83, 780.60) artmış, “101-120” yaş sınıfında artmış ancak “121-150” yaş sınıfında alan olmadığından değişmemiştir. Toplam karbon miktarının 1973-2015 yılları arasında değişimi ise “21-40” yaş sınıfında %88.55 (10.04, 1.15) azalış, “41-60” yaş sınıfında %1125.16 (22.77, 278.97) artış, “61-80” yaş sınıfında %78.01 (320.33, 70.45) azalış, “81-100” yaş sınıfında %113.24 (366.07, 780.60) artış, “101-120” yaş sınıfında %58.92 ((407.96, 167.59) azalış ve “121-150” yaş sınıfında %100 (26.42, 0) artış şeklinde olmuştur (Tablo 50).

Tablo 50. Yıllara göre yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon birikimi

Yıllar	Yaş Sınıfları	TÜB (Gg C)	TAB (Gg C)	ÖOB (Gg C)	ÖÖ (Gg C)	TOM (Gg C)	Toplam (Gg C)
1973	0-20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21-40	1.05	0.43	0.01	0.76	7.79	10.04
	41-60	3.31	1.32	0.03	1.61	16.50	22.77
	61-80	69.26	22.41	0.64	20.25	207.77	320.33
	81-100	89.42	27.73	0.82	22.03	226.07	366.07
	101-120	111.86	33.73	1.03	23.20	238.14	407.96
	121-150	9.19	2.70	0.09	1.28	13.16	26.42
	B	30.27	11.83	0.28	20.01	205.94	268.33
	Bt	9.54	3.82	0.09	8.51	87.59	109.55
	<b>Toplam</b>	<b>323.90</b>	<b>103.97</b>	<b>2.99</b>	<b>97.65</b>	<b>1002.96</b>	<b>1531.47</b>
1998	0-20	0.00	0.00	0.00	1.14	11.71	12.85
	21-40	0.33	0.13	0.00	0.16	1.64	2.26
	41-60	52.82	17.10	0.49	16.34	167.74	254.49
	61-80	68.05	20.76	0.63	15.45	158.57	263.46
	81-100	182.15	54.42	1.68	32.20	330.38	600.83
	101-120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	121-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	39.27	16.46	0.36	23.00	236.66	315.75
	Bt	26.06	11.99	0.26	8.20	186.89	233.40
	<b>Toplam</b>	<b>368.68</b>	<b>120.86</b>	<b>3.42</b>	<b>96.49</b>	<b>1093.59</b>	<b>1683.04</b>
2015	0-20	1.47	0.53	0.01	5.01	52.53	59.55
	21-40	0.17	0.07	0.00	0.08	0.83	1.15
	41-60	76.51	22.44	0.71	15.92	163.39	278.97
	61-80	19.35	6.01	0.18	3.99	40.92	70.45
	81-100	248.53	72.07	2.29	40.64	417.07	780.60
	101-120	50.13	14.53	0.46	9.10	93.37	167.59
	121-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	49.86	23.07	0.48	30.91	460.16	564.48
	Bt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplam</b>	<b>446.02</b>	<b>138.72</b>	<b>4.13</b>	<b>105.65</b>	<b>1228.27</b>	<b>1922.79</b>

1973, 1998 ve 2015 yıllarında yaş sınıfları itibariyle farklı karbon havuzunun toplam karbon yoğunluğuna katkısını Tablo 51’de gösterilmiştir. 1973-1998 ve 1998-2015 yılları arasında toplam biyokütledeki karbon yoğunluğu “0-20”, “41-60”, “61-80” ve “81-100” yaş sınıflarında artan, “21-40” yaş sınıfında ilk periyotta artan ardından azalan, “101-120” yaş sınıfında ilk periyotta azalan ve sonrasında artan ve “121-150” yaş sınıfında azalan bir eğilim göstermiştir. Her bir yaş sınıfının periyodik olarak farklı karbon yoğunluğu içermesinin nedeni envanter çalışmasına bağlı olarak meşcere tiplerinin farklı olması ve meşcerenin toprak üstü servetlerinin farklı hesaplanmasıdır. Her iki periyotta ÖÖ ve TOM’daki karbon yoğunlukları, karbon birikimini hesaplama yöntemine bağlı olarak kullanılan sabit değerler



sebebiyle tüm kapallık sınıflarında aynı değerde kalmıştır. Toplam karbon yoğunlukları yaş sınıfları bazında kıyaslandığında tüm yaş sınıflarında artan ancak “101-120” yaş sınıfında 1973-1998 yılları arasında azalan ve 1998-2015 yılları arasında artan, “121-150” yaş sınıfında ise azalan bir eğilim göstermiştir. Genel olarak toplam karbon yoğunluklarının yaş sınıfları itibarıyla yaşlı meşcerelerde yüksek ancak genç meşcerelerde düşük olduğu söylenebilir.

Tablo 51. Yıllara göre yaş sınıflarının karbon havuzlarındaki karbon yoğunluğu

Yıllar	Yaş sınıfları	TÜB (Mg ha <sup>-1</sup> )	TAB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖOB (Mg ha <sup>-1</sup> )	ÖÖ (Mg ha <sup>-1</sup> )	TOM (Mg ha <sup>-1</sup> )	Toplam (Mg ha <sup>-1</sup> )
1973	0-20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	21-40	10.36	4.14	0.10	7.46	76.56	98.62
	41-60	15.34	6.14	0.14	7.46	76.56	105.64
	61-80	25.52	8.26	0.24	7.46	76.56	118.04
	81-100	30.28	9.39	0.28	7.46	76.56	123.97
	101-120	35.96	10.84	0.33	7.46	76.56	131.16
	121-150	53.44	15.73	0.49	7.456	76.56	153.69
	B	2.81	1.10	0.03	1.86	19.14	24.94
	Bt	2.09	0.83	0.02	1.86	19.14	23.94
	<b>Toplam</b>	<b>13.17</b>	<b>4.23</b>	<b>0.12</b>	<b>3.97</b>	<b>40.77</b>	<b>62.26</b>
1998	0-20	0.00	0.00	0.00	7.46	76.56	84.02
	21-40	15.26	6.11	0.14	7.46	76.56	105.54
	41-60	24.11	7.81	0.22	7.46	76.56	116.15
	61-80	32.86	10.02	0.30	7.46	76.56	127.20
	81-100	42.21	12.61	0.39	7.46	76.56	139.23
	101-120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	121-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	3.18	1.33	0.03	1.86	19.14	25.54
	Bt	3.07	1.41	0.03	0.97	22.03	27.51
	<b>Toplam</b>	<b>12.46</b>	<b>4.08</b>	<b>0.12</b>	<b>3.26</b>	<b>36.95</b>	<b>56.87</b>
2015	0-20	2.15	0.78	0.02	7.33	76.85	87.13
	21-40	15.12	6.05	0.14	7.46	76.54	105.31
	41-60	35.85	10.51	0.33	7.46	76.56	130.71
	61-80	36.20	11.25	0.33	7.46	76.56	131.80
	81-100	45.62	13.23	0.42	7.46	76.56	143.29
	101-120	41.11	11.92	0.38	7.46	76.56	137.43
	121-150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	B	2.19	1.02	0.02	1.36	20.25	24.84
	Bt	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>Toplam</b>	<b>13.62</b>	<b>4.24</b>	<b>0.13</b>	<b>3.23</b>	<b>37.50</b>	<b>58.72</b>

1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 yılları arasındaki gelişim çağlarındaki değişimin alansal dağılımı Tablo 52, 53 ve 54’te sırasıyla gösterilmiştir. Buna göre 1973-1998 yılları arasında “21-40” yaş sınıfına ait alanların %69’u, “41-60” yaş sınıfındaki alanların %15.73’ü ve “61-80” yaş sınıfındaki alanların %26.87’si daha yaşlı ve dolayısıyla daha fazla servete sahip alanlara dönüşürken, “B” ve “Bt” alanlarının %7.79’u ile ormansız ve açıklık alanların %3.87’sinin normal kapalı orman alanlarına dönüşümü birim alandaki servete dolaylı olarak TÜB’e olumlu anlamda katkı sağlamıştır.

Tablo 52. 1973-1998 yılları arasındaki yaş sınıflarının alansal değişimi

1973	1998	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	B Bt	Açıklık Orman Dışı	Toplam (ha)
<b>21-40</b>		0.00	0	17.22	48.55	4.37	22.95	8.56	101.65
<b>41-60</b>		0	0	59.94	12.04	15.47	77.62	9.79	174.86
<b>61-80</b>		4.67	0	506.78	547.1	628.91	524.91	128.26	2340.63
<b>81-100</b>		40.43	11.48	390.78	451.24	1209.05	633.37	163.87	2900.22
<b>101-120</b>		68.68	0	639.27	444.34	1364.33	440.33	131.24	3088.19
<b>121-150</b>		0	0	6.52	34.52	108.44	20.49	2.06	172.03
<b>B</b>		11.79	2.98	271.86	226.23	469.56	5436.97	3300.68	9720.07
<b>Bt</b>		0	0	28.22	43.11	14.31	3063.27	846.71	3995.62
<b>Orman Dışı</b>		9.93	2.01	96.31	77.06	84.86	4365.36	7814.43	12449.96
<b>Açıklık</b>		17.57	4.88	163.11	182.56	411.74	6223.91	7674.5	14678.27
<b>Toplam (ha)</b>		<b>153.07</b>	<b>21.35</b>	<b>2180.01</b>	<b>2066.75</b>	<b>4311.04</b>	<b>20809.18</b>	<b>20080.1</b>	<b>49621.5</b>

1998-2015 yılları arasında “0-20” yaş sınıfına ait alanların %28.84’ü, “21-40” yaş sınıfına ait alanların %96.69’u, “41-60” yaş sınıfındaki alanların %48.73’ü ve “61-80” yaş sınıfındaki alanların %62.62’si ve “81-100” yaş sınıfındaki alanların %9.90’ının daha yaşlı ve dolayısıyla daha fazla servete sahip alanlara dönüşmesi, “B” ve “Bt” alanlarının %8.29’u ile ormansız ve açıklık alanların %4.17’sinin normal kapalı orman alanlarına dönüşmesi birim alandaki servete dolaylı olarak da TÜB’e olumlu anlamda katkı sağlamıştır.

Tablo 53. 1998-2015 yılları arasındaki yaş sınıflarının alansal değişimi

<b>2015</b>	<b>0-20</b>	<b>21-40</b>	<b>41-60</b>	<b>61-80</b>	<b>81-100</b>	<b>101-120</b>	<b>B</b>	<b>Açıklık</b>	<b>Toplam</b>
<b>1998</b>								<b>O. Dışı</b>	<b>(ha)</b>
<b>0-20</b>	73.16	7.8	20.13	0	9.86	6.28	17.82	17.75	152.8
<b>21-40</b>	0	0	6.9	12.04	1.83	0	0.71	0	21.48
<b>41-60</b>	10.32	0	756.21	251.66	569.22	246.44	294.79	61.72	2190.36
<b>61-80</b>	12.89	2.68	368.5	100.66	1093.87	202.1	237.79	51.19	2069.68
<b>81-100</b>	50.04	0.13	467.85	51.69	2711.14	427.32	476.28	131.53	4315.98
<b>B</b>	181.82	0	308.06	69.15	735.09	250.77	8877.7	1934.55	12357.14
<b>Bt</b>	0	0	97.01	11.26	57.26	17.45	6845.13	1456.29	8484.4
<b>O.Dışı</b>	94.86	0	72.95	22.24	153.73	46.22	2123.61	9364.38	11877.99
<b>Açıklık</b>	259.7	0.32	37.76	16.1	118.33	22.69	3849.66	4065.53	8370.09
<b>Toplam</b>	<b>682.79</b>	<b>10.93</b>	<b>2135.37</b>	<b>534.8</b>	<b>5450.33</b>	<b>1219.27</b>	<b>22723.49</b>	<b>17082.94</b>	<b>49839.92</b>

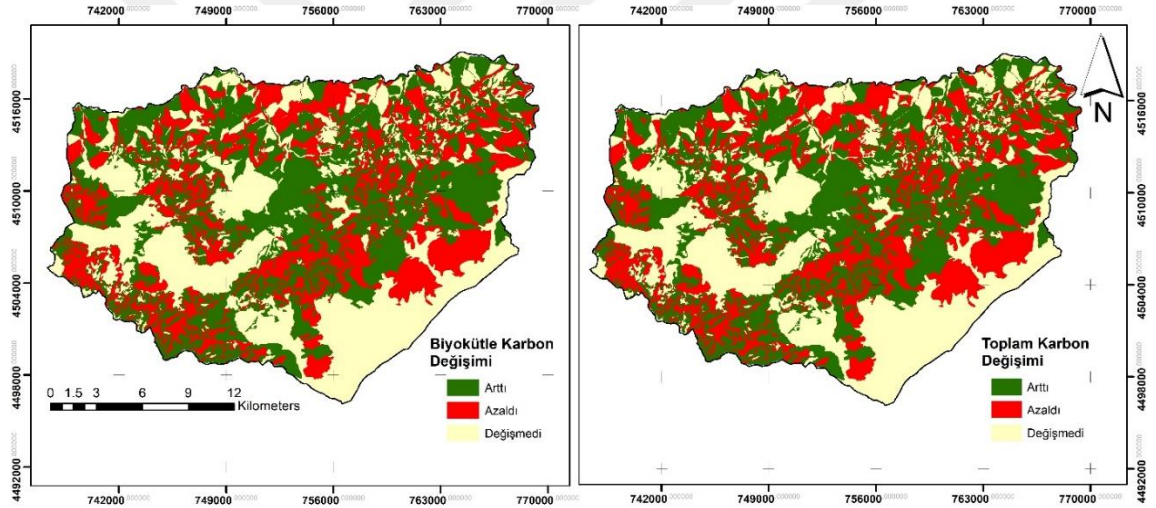
1973-2015 yılları arasında “21-40” yaş sınıfına ait alanların %71.66’sinin, “41-60” yaş sınıfına ait alanların %14.49’u, “61-80” yaş sınıfındaki alanların %53.44’ü ve “81-100” yaş sınıfındaki alanların %9.97’si daha yaşlı ve dolayısıyla daha fazla servete sahip alanlara dönüşmesi, “B” ve “Bt” alanlarının %11.65’i ile ormansız ve açıklık alanların %5.18’inin normal kapalı orman alanlarına dönüşmesi birim alandaki servete dolaylı olarak da toprak üstü biyokütle pozitif katkı sağlamıştır.

Tablo 54. 1973-2015 yılları arasındaki yaş sınıflarının alansal değişimi

<b>2015</b>	<b>0-20</b>	<b>21-40</b>	<b>41-60</b>	<b>61-80</b>	<b>81-100</b>	<b>101-120</b>	<b>B</b>	<b>Açıklık</b>	<b>Toplam</b>
<b>1973</b>								<b>Orm.Dışı</b>	<b>(ha)</b>
<b>21-40</b>	0	0	67.44	0	5.51	0	28.53	0.32	101.8
<b>41-60</b>	0	0	92.05	0	19.18	6.13	52.85	4.52	174.73
<b>61-80</b>	22	1.87	320.34	213.24	1081.96	170.26	421.75	111.61	2343.03
<b>81-100</b>	64.32	6.76	376.97	114.93	1447.21	289.68	484.88	120.38	2905.13
<b>101-120</b>	67.56	1.42	642.43	60.55	1506.36	277.7	452.64	86.17	3094.83
<b>121-150</b>	0	0	9.72	0	111.68	31.95	17.33	1.13	171.81
<b>B</b>	195.13	0.41	314.88	99.02	617.42	213.56	6868.13	1404.01	9712.56
<b>Bt</b>	25.21	0	78.73	1.4	40.24	10.95	3276.16	562.26	3994.95
<b>O.Dışı</b>	64.59	0.42	107.42	19.45	174.91	52.44	4560.15	7472.07	12451.45
<b>Açıklık</b>	238.21	0	120	18.54	441.46	166.72	6542.57	7153.6	14681.1
<b>Toplam</b>	<b>677.02</b>	<b>10.88</b>	<b>2129.98</b>	<b>527.13</b>	<b>5445.93</b>	<b>1219.39</b>	<b>22704.99</b>	<b>16916.07</b>	<b>49631.39</b>

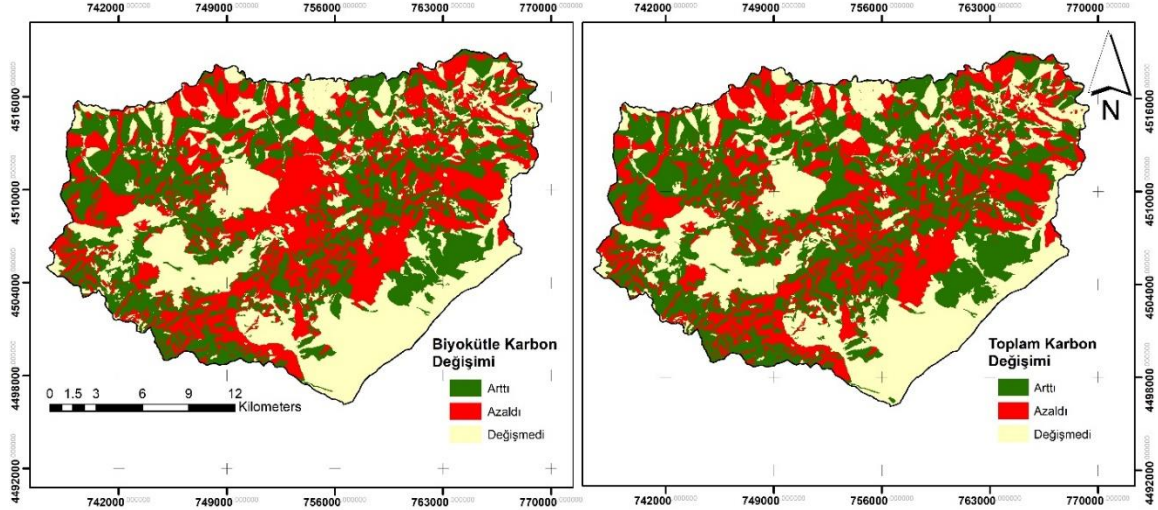
### 3.3. Karbon Birikiminin Zamansal Değişiminin Haritalandırılması

1973-1998 yılları arasında Hisar planlama biriminde TÜB, TAB ve ÖOB'de depolanan toplam karbonu temsil eden bitkisel biyokütlerde depolanan karbon birikimi ile tüm havuzlarda toplam karbon birikiminin zamana bağlı olarak konumsal değişimi Şekil 23'te gösterilmiştir. 1973-1998 yıllarını kapsayan periyotta alanın %39.63'ünü oluşturan 19665.98 ha alanda biyokütlerde depolanan karbon miktarı artış, %28.46'sını oluşturan 14122.14 ha alanda azalış ve %31.92'sini oluşturan 15839.36 ha alanda değişmediği görülmektedir. Benzer şekilde, 1973-1998 yıllarını kapsayan periyotta toplam karbon birikiminin 19706.60 ha alanda (alanın %39.71) artış, 14106.67 ha alanda (alanın %28.43) azalış ve 15814.21 ha alanda (alanın %31.87) değişmediği görülmektedir.



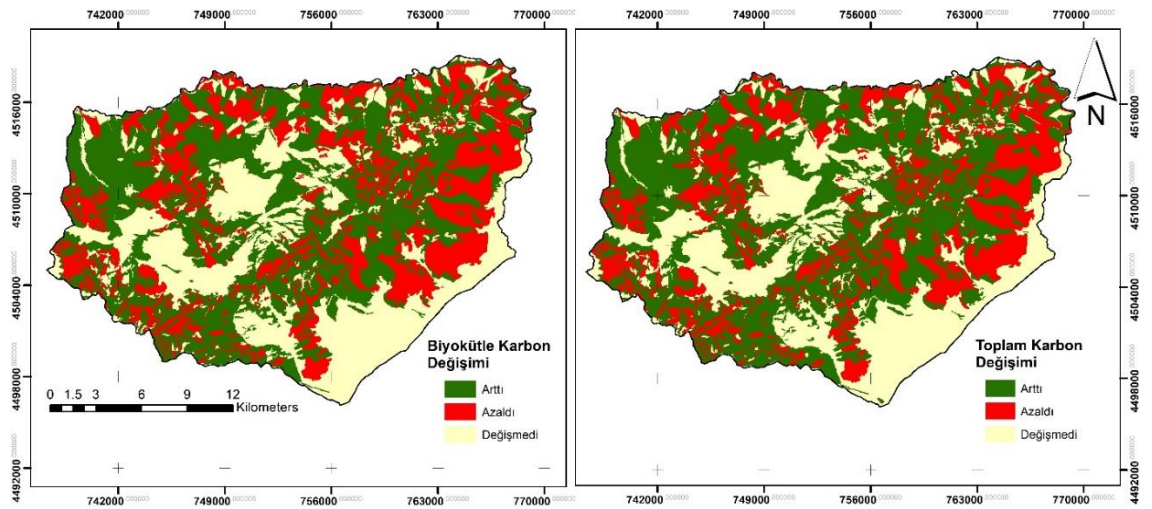
Şekil 23. 1973-1998 yılları arası biyokütle ve toplam karbon yoğunluklarının değişimi

1998-2015 yılları arasında Hisar planlama biriminde toplam bitkisel biyokütlerde depolanan karbon birikimi (TÜB, TAB ve ÖOB) ile tüm havuzlarda toplam karbon birikiminin zamana bağlı olarak konumsal olarak değişimi Şekil 24'te gösterilmiştir. 1998-2015 yıllarını kapsayan periyotta %35.25 ile 17568 ha alanda biyokütlerde depolanan karbon miktarı artış, %33.32 ile 16606.37 ha alanda azalış ve %31.43 ile 15665.58 ha alanda değişmediği görülmektedir. Benzer şekilde, 1998-2015 yıllarını kapsayan periyotta toplam karbon birikiminin alanın %39.20'sinde (19538.27 ha) arttığı, %30.25'inde (15078.25 ha) azaldığı ve %30.54'ünde (15223.43 ha) değişmediği görülmektedir.



Şekil 24. 1998-2015 yılları arası biyokütle ve toplam karbon yoğunluklarının değişimi

1973-2015 yılları arasında Hisar planlama biriminde bitkisel biyokütlede depolanan toplam karbon birikimi ile tüm havuzlarda toplam karbon birikiminin zamana bağlı olarak konumsal olarak değişimi Şekil 25’de gösterilmiştir. 1973-2015 yıllarını kapsayan periyotta biyokütlede depolanan karbon miktarının 21802.90 ha alanda (alanın %43.93) artış, 13338.29 ha alanda (alanın %26.87) azalış ve 14490.21 ha alanda (alanın %29.20) değişmediği görülmektedir. Benzer şekilde, 1973-2015 yıllarını kapsayan periyotta toplam karbon birikiminin 22885.15 ha alanda (alanın %46.11) artış, 12558.59 ha alanda (alanın %25.30) azalış ve 14187.66 ha alanda (alanın %28.59) değişmediği görülmektedir. Orman yapısındaki zamansal ve konumsal değişimler karbon birikimini doğrudan etkilemiştir.



Şekil 25. 1973-2015 yılları arası biyokütle ve toplam karbon yoğunluklarının değişimi

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Hisar planlama biriminin 1973, 1998 ve 2015 yılı envanter verilerine ve amenajman planlarına dayanılarak toprak üstü, toprak altı, ölü odun biyokütlesine bağlı karbon depolama kapasitesi ile toprak ölü örtüsü ve organik maddesindeki karbon depolama kapasiteleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Orman ekosistemi içerisinde zamana bağlı olarak arazi kullanım şekli (meşcere örtüsü), gelişme çağı, kapalılık ve yaş sınıfı gibi meşcere parametrelerinde meydana gelen değişimin her bir karbon havuzunda tutulan karbonu nasıl etkilediği analiz edilmiştir. Ayrıca ArcGIS 10<sup>TM</sup> yazılımı ile her plan dönemi için depolanan karbonun konumsal dağılım haritası oluşturulduğu gibi, periyodik olarak karbon değişim haritaları da oluşturulmuştur.

Farklı iki plan/envanter dönemi arasındaki karbon değişiminin belirlenmesinde “Karbon stok değişim metodu” kullanılmıştır. AFOLU kılavuzuna bağlı olarak hazırlanan çalışmada, TÜBK değerleri, meşcere servetlerinin BDGF ile çarpılmasıyla belirlenmiştir. Bu aşamada ibrelili/yapraklı gibi ağaç tür grupları için hazırlanan katsayılar yerine meşceredeki ağaç türleri için belirlenmiş hacim ağırlıkları ve biyokütle genişletme faktörleri kullanılmıştır. Ancak TABK'nın belirlenmesinde kullanılan kök ve sak oranları ve biyokütleyi karbona çeviren karbon faktörü değerleri AFOLU kılavuzundaki ılıman zona bağlı olarak ağaç tür grupları için belirlenen katsayılardır. Benzer şekilde topraktaki karbon içeriğinin belirlenmesinde kullanılan katsayılar ağaç tür grupları için hazırlanmış katsayılardır.

Sonuçlar zamana bağlı olarak orman ekosistemleri içerisinde arazi kullanım sınıfları ya da arazi örtüsünün değişmesi ile meşcere yapısındaki gelişim çağları, kapalılık ya da yaş sınıfı itibariyle değişimlerin biyokütleye ve toprakta depolanan karbonu önemli ölçüde etkilediğini ve karbonun konumsal dağılımını değiştirdiğini göstermiştir.

•Günümüze kadar yapılan orman ekosistemlerindeki karbon stok çalışmaları incelendiğinde, bu çalışmaların çoğunlukla toprak üstü biyokütleyi dikkate aldığı ancak diğer karbon havuzları olan toprak altı biyokütle, ölü odun biyokütlesi, ölü örtü ve toprak organik maddesindeki karbonu dikkate almadıklarını göstermiştir. Ölü odun, ölü örtü ve toprak organik maddesinde depolanan karbon miktarının toplam karbon değeri üzerindeki katkısı 1973, 1998 ve 2015 yıllarında sırasıyla %72.07, %70.91 ve %69.58 şeklinde olmuştur. Bu rakamlar orman ekosistemlerindeki karbon birikiminin hesaplanmasında ölü

odun, ölü örtü ve toprak organik maddesinin ihmal edilmesinin ne kadar ciddi bir hataya sebep olacağını göstermektedir.

- Çalışma alanındaki biyokütle ve karbon stoklarının ağaç türleri ya da tür grupları için geliştirilen katsayılara bağlı olarak hesaplanmıştır. Her bir ağaç türü için geliştirilen BGF katsayıları ve ağaç tür grupları (ibrelili ve yapraklı ağaç türleri) için belirlenen karbon katsayıları ve yine normal kapalı ve boşluklu kapalı alanlardaki ibrelili ve yapraklı türler için toprak karbon katsayıları kullanılmıştır.

- Beş farklı karbon havuzunun toplam karbon birikimine katkısı kıyaslandığında toprak organik maddesinde depolanan karbonun 1973, 1998 ve 2015 yılı envanterlerine göre %65.49, %64.98 ve %63.88 ile en yüksek oranda katkı sağladığı görülmüştür. Toprak organik maddesinden hemen sonra toprak üstü biyokütlenin %21.15, %21.91 ve %23.20 ile toplam karbon birikimine en yüksek oranda katkı sağladığı belirlenmiştir. Ölü odun biyokütlesinde depolanan karbonun ise toplam karbon birikimine katkısının %0.20, %0.20 ve %0.21 ile en düşük oranda olduğu belirlenmiştir.

- Toprak ölü örtüsü ve organik maddesinde depolanan karbon değerlerinin belirlenmesinde alan büyüklükleri ile ağaç tür grupları için belirlenmiş katsayıların kullanılması hesaplamalarda ciddi eksikliklere neden olmaktadır. Yapılan literatür çalışmalarına göre toprak organik maddesinde depolanan karbon aslında iklim, topografya, toprak tipi ve toprak faktörleri gibi çok sayıda değişkenin bir fonksiyonudur. Bu sebeple orman ekosistemlerinde depolanan karbon değerlerinin daha gerçekçi belirlenebilmesi için toprak organik maddesinde depolanan karbonun hesaplanması üzerine çalışmaların yoğunlaşması gerekmektedir.

- 1973-1998, 1998-2015 ve 1973-2015 yılları arasındaki periyotlarda ormana yapılan düzensiz insan müdahaleleri, planlama müdahaleleri ya da köylerden kentlere göç gibi sosyal etkilerin arazi örtüsü, gelişim çağı, kapalılık ya da yaş sınıfları gibi ormanın yapısında önemli değişikliklere neden olduğu görülmüştür. Orman yapısında meydana gelen bu değişimler doğrudan karbon dinamiklerini ve karbonun konumsal dağılımını etkilemiştir. Özellikle terkedilen köylerdeki orman olmayan alanların zamanla ormanlık alanlara dönüşmesi, üzerinde ağaç bulunmayan orman toprakları ile boşluklu kapalılığa sahip boşluklu kapalı alanların planlama müdahaleleri çerçevesinde ağaçlandırılması alandaki dikili servetin ve karbon birikiminin artmasına neden olmaktadır.

- Bu çalışmada alanın neredeyse tamamı saf sarıçam meşcerelerinden oluştuğundan ağaç türlerinin karbon birikimi üzerindeki etkisi incelenememiştir. Ancak karbonun

hesaplanması aşamasında BDGF değerlerinin yapraklı türler için daha yüksek olması buralarda depolanan karbonun ibrelilere göre daha yüksek olacağını işaretidir. Dolayısıyla orman ekosistemlerinde karbon depolama miktarının en iyilenmek istenmesi halinde ağaçlandırma ya da rehabilitasyon çalışmalarında tür seçiminin oldukça önemli olacağını göstermektedir.

• Sonuçlara göre; saf ve normal kapalıdaki orman alanları, orta ağaçlık çağındaki (“d”) meşcereler, tam kapalı alanlar (“3”) ile yaşlı meşcereler karbon birikiminde önemli rol oynamaktadır.

- Meşcere örtüsü itibariyle her üç planlama döneminin ortalama karbon yoğunluğu saf meşcerelerde boşluklu kapalı, baltalık ve karışık meşcerelere göre 129.82 Mg ha<sup>-1</sup> ile en yüksek seviyede olmuştur.
- Meşcere gelişim çağı itibariyle her üç planlama döneminin ortalama karbon yoğunluğu orta ağaçlık çağında yer alan “d” gelişim çağına sahip meşcerelerde gençlik, sırlık ve ince ağaçlık çağındaki meşcerelere göre 138.84 Mg ha<sup>-1</sup> ile en yüksek seviyede olmuştur.
- Meşcere kapalılıkları itibariyle her üç planlama döneminin ortalama karbon yoğunluğu tam kapalı (“3”) meşcerelerde orta kapalı (“2”), gevşek kapalı (“1”), kapalılık oluşmamış (“0”) ve boşluklu kapalılık (“B”) meşcerelere göre 142.60 Mg ha<sup>-1</sup> ile en yüksek seviyede olmuştur.
- Meşcere yaş sınıfları itibariyle her üç planlama döneminin ortalama karbon yoğunluğu 81-100 yaş sınıfına sahip meşcerelerde 80 yaşın altındaki ve 100 yaşın üzerindeki meşcerelere göre 135.50 Mg ha<sup>-1</sup> ile en yüksek seviyede olmuştur.

Bu nedenle, orman amenajman müdahaleleri ile meşcere gelişim çağı, kapalılıkları ya da yaş sınıfları dağılımı gibi meşcere dinamiklerinde yapılacak iyileştirme çalışmaları maksimum karbon depolanmasını sağlayacak etkili uygulamalar olacaktır.

• Planlama dönemlerindeki aktüel karbon depolama miktarlarını gösteren “karbon dağılım haritaları” ile plan periyotları arasındaki karbon depolamada meydana gelen değişimleri gösteren “karbon değişim haritaları” CBS teknolojisi yardımıyla türetilmiştir. Karbon değişim haritalarında her bir alanda karbonun artması, azalması ya da değişmemesi sonuçları ilgili periyotlarda meşcere parametrelerinde meydana gelen dinamiklerle alakalıdır. Mevcut dinamikler nüfus, göç ve arazi kullanımı/meşcere örtüsü değişimi gibi sosyal nedenlere bağlı olduğu gibi silvikültürel uygulamalarla da açıklanabilir.



- Karbon yoğunluklarının konumsal dağılımını gösteren haritalar, orman planlayıcıları ve uygulayıcıları için karbon üretimini arttırmaları gereken alanların daha doğru ve pratik şekilde belirlenmesinde oldukça etkili araçlardır.

Orman ekosistemleri içerisinde her bir karbon havuzunda depolanan karbon birikimlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi son derece önemlidir. Ancak bunun yanında orman ekosistemlerindeki zamansal ve konumsal değişimlerin karbon dinamikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması, orman ekosistemlerinden maksimum seviyede sürdürülebilir karbon üretiminin planlanmasını ve dolaylı olarak da iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesini sağlayacaktır.

Tüm bu sonuçların yanında yapılan çalışmanın eksiklikleri ve bu eksikliklerin giderilmesi için öneriler aşağıda sıralanmıştır:

- İklim değişikliği küresel bir sorun olması sebebiyle Türkiye’de de önemi giderek artmaktadır. Türkiye başta Kyoto Protokolü olmak üzere birçok uluslararası anlaşmalara taraf olmuştur. Taraf ülkeler iklim değişikliği ile mücadele konusunda karbon stoklarını uluslararası düzeyde kabul görmüş yöntemlere göre tahmin etmeli ve bu değerleri rapor halinde sunmalıdır. Bu bağlamda arazi kullanım sınıfları, alansal büyüklükleri ve ormanlardaki servetleri içeren en temel altlıklar orman amenajman planlarıdır. Dolayısıyla daha sağlıklı orman envanterlerin yapılarak daha doğru planların oluşturulması karbon hesaplamalarını da doğrudan etkileyecektir.

- Amenajman planlarındaki servet değerleri ağaç türleri için geliştirilen tek girişli hacim tablolarından elde edilmektedir. Bu tablolar bakım görmemiş meşcerelerden ve sadece göğüs çapı dikkate alınarak oluşturulmuştur. Dolayısıyla farklı ekolojik bölgeler için büyümeyi etkileyen bonitet ve kapalılık gibi değişkenleri dikkate alan hacim tabloları geliştirilmelidir.

- Amenajman planlarının hazırlanmasında “B” boşluklu kapalılığa sahip alanlar ile “a” gelişim çağındaki meşcerelerden örnek alınmayıp envanter yapılamadığından bu alanların serveti hesaplanamamaktadır. Dolayısıyla biyokütle ve karbon stok değerleri de tahmin edilememektedir. Orman alanlarındaki karbon stokunun daha gerçekçi tahmin edilebilmesi için bu alanlarda da envanter çalışmaları yapılmalıdır.

- Günümüze kadar yapılan bazı çalışmalar planlama birimlerindeki biyokütle ve karbon stoklarının belirlenmesinde her bir ağaç türü için geliştirilen allometrik denklemlerin kullanılmasının BGF katsayılarıyla yapılan hesaplamalara göre daha doğru ve gerçekçi

sonuçlar vereceğini göstermiştir. Dolayısıyla en yaygın türlerden başlanmak üzere ağaç türleri bazında allometrik denklemlerin geliştirilmesi elzemdir.

▪ Allometrik denklemlerin olmaması halinde ağaç türü bazında geliştirilen BGF katsayılarının kullanılması tercih edilmelidir. Fakat lkemizde yayılış gösteren her ağaç türü için BGF katsayıların olmaması yapılan pek çok çalışmada ibrelili ve yapraklı ağaç tür grupları için hesaplanan BGF katsayılarının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

▪ Karbon çalışmalarının tamamında biyokütlenin karbona dönüştürülmesinde ağaç tür grupları için belirlenen karbon katsayıları kullanılmaktadır. Her bir ağaç türü için karbon dönüşüm katsayıları geliştirilerek kullanılması daha gerçekçi karbon hesaplamaları sağlayacaktır.

▪ Orman ekosistemlerindeki karbon miktarının daha gerçekçi hesaplanabilmesi için ormanlardaki karbon döngüsüne katkı sağlayan karayosunu, alg, liken ve diğer otsu ve odunsu tüm bitkisel türlerin dikkate alınması önem taşımaktadır.

▪ Yapılacak çalışmalarda orman ekosistemlerinde depolanan karbonun ekonomik boyutu mutlaka dikkate alınmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

- Ackerman, F. ve Stanton, E.A. Climate Economics: The State of the Art, Stockholm Environment Institute.  
[http://frankackerman.com/publications/climatechange/Climate\\_Economics\\_State\\_Art.pdf](http://frankackerman.com/publications/climatechange/Climate_Economics_State_Art.pdf) 12 Aralık 2019
- Anonim, 2014. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait usul ve Esaslar, Tebliğ No: 299, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 214 s.
- Arevalo, C.B.M., Bhatti, J.S., Chang, S.X. ve Sidders, D., 2009. Ecosystem Carbon Stocks and Distribution under Different Land-Uses in North Central Alberta, Canada, Forest Ecology and Management, 257, 1776-1785.
- As, N., Koc, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B. ve Erdinler, S., 2001. Türkiye’de yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik, Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, B-51,1, 71-88.
- Asan, Ü., 1999. Climate Change, Carbon Sinks and the Forests of Turkey, Proceedings: International Conference on Tropical Forests and Climate Change: Status, Issues and Challenges (TFCC '98), October 1998, The Philippines: 157-170.
- Atmaca, S., 2008. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Aydın, Ç., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Borçka Orman İşletme Müdürlüğü Sarıçam Biyokütle Tabloları, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Backéus, S., Wikström, P. ve Lämås, T., 2005. A Model for Regional Analysis of Carbon Sequestration and Timber Production, Forest Ecology and Management, 216, 28-40.
- Başkent, E.Z. ve Jordan, G.A. 1991. Spatial Wood Supply Simulation Modelling, The Forestry Chronicle, 67, 6, 610-621.
- Başkent, E.Z. ve Mumcu Küçüker, D., 2010. Incorporating Water Production and Carbon Sequestration into Forest Management Planning: A Case Study in Yalnızçam Planning Unit, Forest Systems, 19, 98-111.
- Başkent, E.Z., Köse, S., Sönmez, T. ve Sivrikaya, F., 2002. Orman Amenajman Planlarının Yapımında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, İstanbul, 164-174.

- Bourque, C.P.A., Neilson, E.T., Gruenwald, C., Perrin, S.F., Hiltz, J.C., Blin, Y.A., Horsman, G.V., Parker, M.S., Thorburn, C.B., Corey, M.M., Meng, F.R. ve 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, 1253-1275.
- Bouyer, O., Ulgen, H., Serengil, Y. ve Liagre, L., 2014. Cost and Benefit Assessment of Implementing LULUCF Accounting Rules in Turkey. 1st Carbon Summit. Istanbul, Turkey.
- Cayuela, L., Rey Benayas, J.M. ve Echeverria, C., 2006. Clearance and Fragmentation of Tropical Montane Forests in the Highlands of Chiapas, Mexico (1975-2000), Forest Ecology and Management, 226, 208-218.
- Chen, L.C, Guan, X., Li, H.I., Wang, Q.K, Zhang, W.D., Yang, Q.P. ve Wang, S.L., 2019. Spatiotemporal Patterns of Carbon Storage in Forest Ecosystems in Hunan Province, China. Forest Ecology and Management, 432, 656-666.
- Chen, L.C, Guan, X., Li, H.I., Wang, Q.K, Zhang, W.D., Yang, Q.P. ve Wang, S.L., 2019. Spatiotemporal Patterns of Carbon Storage in Forest Ecosystems in Hunan Province, China, Forest Ecology and Management, 432, 656-666.
- Cienciala, E., Cerny, M., Tatarinov, F., Apltauer, J. ve Exnerová, Z., 2006. Biomass Functions Applicable to Scots Pine, Trees–Structure and Function, 20, 483-495.
- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Çakır, G., Ün, C., Başkent, E.Z., Köse, S., Sivrikaya, F. ve Keles, S., 2008. Evaluating Urbanization, Fragmentation, and Land Use/Land Cover Change Pattern in Istanbul City, Turkey from 1971 to 2002, Land Degradation and Development, 19, 663-675.
- ÇOB, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry-LULUCF), Çevre ve Orman Bakanlığı, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu Çalışma Grubu Raporu, Ankara, 125 s.
- Çömez, A., 2010. Sündiken Dağlarında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Karbon Birikiminin Belirlenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dong, L., Lu, W. ve Liu, Z., 2018. Developing Alternative Forest Spatial Management Plans when Carbon and Timber Values are Considered: A Real Case from Northeastern China, Ecological Modelling, 385, 45-57.
- Dong, L.B., Bettinger, P., Liu, Z.G. ve Qin, H.Y., 2015. Spatial Forest Harvest Scheduling for Areas Involving Carbon and Timber Management Goals, Forests, 6, 4, 1362-1379.

- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Meşe Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010 Main Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 340 s.
- FAO, Global Forest Resources Assessment 2015: How are the World's Forests Changing? Second Edition. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf> 10 Aralık 2019.
- Folland, C. K., Rayner, N.A., Brown, S.J., Smith, T.M., Shen, S.S.P., Parker, D.E., Mocombe, I., Jones, P.D., Jones, R.N., Nicholls, N. ve Sexton, P.M.H., 2001. Global Temperature Change and its Uncertainties since 1861, Geophysical Research Letters, 28, 2621-2624.
- Görücü, Ö. ve Eker Ö., 2009. Kahramanmaraş Ayvalı Baraj Havzasında Karbon Emisyonu ve Ekonomisi Üzerine Araştırmalar, II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Şubat, Isparta, Bildiriler Kitabı: 3-12.
- Grace, J., 2004. Understanding and Managing the Global Carbon Cycle, Journal of Ecology, 92, 189-202.
- Guo, Z.D., Hu, H.F., Li, P., Li, N.Y. ve Fang, J.Y., 2013. Spatio-Temporal Changes in Biomass Carbon Sinks in China's Forests from 1977 to 2008, Science China Life Sciences, 56, 7, 661-671.
- Günlü, A., Göl, C., Sarıçam, F., 2019. Topraküstü Meşcere Karbonunun Zamansal ve Konumsal Değişiminin Değerlendirilmesi: Yukarı Göksu Nehri Havzası Örneği, Turkish Journal of Forestry, 20,4, 352-359.
- Hansson, K., Fröberg, M., Helmisaari, H.S., Kleja, D.B., Olsson, B.A., Olsson, M. ve Tryggve, P., 2013. Carbon and Nitrogen Pools and Fluxes Above and Below Ground in Spruce, Pine and Birch Stands in Southern Sweden, Forest Ecology and Management, 309, 28-35.
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K.L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, Thomas, S.I. A., Warren, R. ve Zhou, G., 2018. Impacts of 1.5°C Global Warming on Natural and Human Systems. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter3\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf) 2 Temmuz 2019

- Hu, H.F. ve Wang, G.G., 2008. Changes in Forest Biomass Carbon Storage in the South Carolina Piedmont between 1936 and 2005, Forest Ecology and Management, 255, 1400-1408.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001 The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 s.
- IPCC, Methodological Issues, Good Practice Guidance for LULUCF. [http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/Chp3/Chp3\\_2\\_Forest\\_Land.pdf](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Chp3/Chp3_2_Forest_Land.pdf). 18 Aralık 2019.
- IPCC, Choise of Method, Good Practice Guidance for AFOLU. [http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_04\\_Ch4\\_Forest\\_Land.pdf](http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf). 18 Aralık 2019.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007 Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 s.
- İkinci, O., 2000. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Kestane Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Jia, S. ve Akiyama, T., 2005. A Precise, Unified Method for Estimating Carbon Storage in Cool-Temperate Deciduous Forest Ecosystems, Agricultural and Forest Meteorology, 134, 70-80.
- Kangas, A. ve Maltamo, M., 2006. Forest Inventory, Methodology and Applications, Managing Forest Ecosystems, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 384 s.
- Kantarıcı, M.D., 1979. Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Aklanındaki Uludağ Göknarı Ormanlarında Yükselti-İklim Kuşaklarına Göre Bazı Ölü Örtü ve Toprak Özelliklerinin Analitik Olarak Araştırılması, İÜ Yayın Nu: 2634, İstanbul, 220 s.
- Kantarıcı, M.D., 1981. Aladağ Kütlesinin (Bolu) Kuzey Yamacındaki Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) Ekosistemlerinde Ekolojik Araştırmalar, Orman Ekosistemi Sempozyumu, Kasım, İstanbul, Bildiriler Kitabı: 125-164.
- Karabürk, T., 2011. Bartın İli Göknar Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Kaul, M., Dadhwal, V.K. ve Mohren, G.M.J., 2009. Land Use Change and Net C Flux in Indian Forests, Forest Ecology and Management, 258, 100-108.

- Keleş, S., Kadioğulları, A.İ. ve Başkent, E.Z., 2012. 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.
- Ketizmen, B., 2011. Kahramanmaraş Başkonuş Araştırma Ormanında Karbon Ekonomisi Üzerine Araştırmalar ve Fonksiyonel Karşılaştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T.ve Potvin, C., 2003. Carbon Storage of Harvest-Age Teak (*Tectonia grandis*) Plantations, Panama, Forest Ecology and Management,173, 213-225.
- Kucuker, D.M., 2019. Analyzing the Effects of Various Forest Management Strategies and Carbon Prices on Carbon Dynamics in Western Turkey, Environmental Management, 249, 109356.
- Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. ve Liski, J., 2004. Biomass Expansion Factors (BEF) for Scots pine, Norway Spruce and Birch According to Stand Age for Boreal Forests, Forest Ecology and Management, 188, 211-224.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbaşlı, M., Sevgi, O., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Özdemir, E., Beşkardeş, V., Keten, A. ve Zengin, H., 2011. Kuzey Trakya Koruya Tahvil Meşe Ekosistemlerinde Sağlık Durumu, Biyokütle, Karbon Depolama ve Fanustik Özelliklerin Belirlenmesi, TÜBİTAK-TOVAG Tarafından Desteklenmiş 107O750 Nolu Proje.
- Mikšys, V., Varnagiryte-Kabasinskiene, I., Stupak, I., Armolaitis, K., Kukkola M., ve Wójcik, J., 2007. Above-Ground Biomass Functions for Scots Pine in Lithuania, Biomass and Bioenergy, 31, 685-692.
- Mumcu Kucuker, D. ve Baskent, E.Z., 2015. Evaluation of Forest Dynamics Focusing on Various Minimum Harvesting Ages in Multi-Purpose Forest Management Planning, Forest Systems, 24, 1-10.
- Muñoz-Rojas, M., De la Rosa, D., Zavala, L. M., Jordan, A. ve Anaya-Romero, M., 2011. Changes in Land Cover and Vegetation Carbon Stocks in Andalusia, Southern Spain (1956-2007), Science of the Total Environment, 409, 2796-2806.
- Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L.M., De La Rosa, D., Abd-Elmabod, S.K. ve Anaya-Romero, M., 2015. Impact of Land Use and Land Cover Changes on Organic Carbon Stocks in Mediterranean Soils (1956-2007), Land Degradation and Development, 26, 168-179.
- Muukkonen, P., 2007. Generalized Allometric Volume and Biomass Equations for Some European Tree Species in Europe, European Journal of Forest Research, 126, 157-166.
- NIR, Turkey, National Inventory Report, <https://unfccc.int/documents/194819>. 18 Aralık 2019.

- Nosetto, M.D., Jobbagy, E.G. ve Paruelo, J.M., 2006. Carbon Sequestration in Semi-Arid Rangelands: Comparison of *Pinus ponderosa* Plantations and Grazing Exclusion in NW Patagonia, Journal of Arid Environments, 67, 142-156.
- Novara, A., La Mantia, T., Barbera, V. ve Gristina, L., 2012. Paired-site Approach for Studying Soil Organic Carbon Dynamics in a Mediterranean Semiarid Environment, Catena, 89, 1-7.
- OGM, 1998. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Oltu Orman İşletme Müdürlüğü, Hisar Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (1998-2007).
- OGM, 2015. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü, Oltu Orman İşletme Müdürlüğü, Hisar Orman İşletme Şefliği Orman Amenajman Planı (2015-2034).
- OGM, 2017. Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesine Ait Usul ve Esaslar, Tebliğ No:299, Ankara.
- Onyekwelu, J.C., 2007. Growth, Biomass Yield and Biomass Functions for Plantationgrown *Nauclea diderrichii* (de Wild) in the Humid Tropical Rainforest Zone of Southwestern Nigeria. Bioresource Technology, 98,14, 2679-2687.
- Özkaya, S., 2004. Artvin-Genya Dağı Yöresi Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Ormanlarında Toprak Üstü Biyokütlenin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Peterson, H., Holm, S., Ståhl, Ş., Alşer, D., Fridman, J., Lethonen, A., Lundström, A. ve Mäkipää, R. 2012. Individual Tree Biomass Functions or Biomass Expansion Factors for Assessment of Carbon Stock Changes in Living Biomass - A Comparative Study, Forest Ecology and Management, 270, 78-84.
- Primicia, I., Artázcoz, R., Imbert, J.B., Puertas, F., Traver, M.D.C. ve Castillo, F.J., 2016. Influence of Thinning Intensity and Canopy Type on Scots Pine Stand and Growth Dynamics in a Mixed Managed Forest, Forest Systems, 25, 2, e057.
- Ren, H., Li, L., Liu, Q., Wang, X., Li, Y., Hui, D., Jian, S., Wang, J., Yang, H., Lu, H., Zhou, G., Tang, X., Zhang, Q., Wang, D., Yuan, L. ve Chen, X. 2014. Spatial and Temporal Patterns of Carbon Storage in Forest Ecosystems on Hainan Island, Southern China. PLoS One, 9,9, e108163.
- Ruiz Sinoga, J.D., Pariente, S., Romero Diaz, A. ve Martinez Murillo, J.F., 2011. Variability of Relationships between Soil Organic C and Some Soil Properties in Mediterranean Rangelands under Different Climatic Conditions (South of Spain), Catena, 97, 17-25.
- Ruiz-Peinado, R., Bravo-Oviedo, A., Lo'pez-Senespleda, E., Montero, G. ve Rio, M., 2013. Do Thinnings Influence Biomass and Soil Carbon Stocks in Mediterranean Maritime Pinewoods?, European Journal of Forest Research, 132, 253-262.
- Sağlam, F., 2016. Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) meşcereleri için topraküstü biyokütle tablolarının düzenlenmesi ve uyumlu biyokütle-



hacim denklemlerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.

- Sakıcı, O.E., Seki, M., Sağlam, F., 2018. Above-Ground Biomass and Carbon Stock Equations for Crimean Pine Stands in Kastamonu Region of Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 27, 10, 7079-7089.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 93-100.
- Saraçoğlu, N., 2000. Sakallı Kızılağaç (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Biyokütle Tabloları, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24, 147-156.
- Sedjo, R.A., 2001. Forest Carbon Sequestration: Some Issues for Forest Investments. Washington DC. Resources for the Future, 23 s.
- Sivrikaya, F., Bozali, N., 2012. Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi: Türkoğlu Planlama Birimi Örneği, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14, 69-76.
- Sivrikaya, F., Baskent, E.Z. ve Bozali, N., 2013. Spatial Dynamics of Carbon Storage: A Case Study from Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 185, 9403-9412.
- Sivrikaya, F., Keleş, S. ve 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.
- Sun, O., Uğurlu, S. ve Özer, E., 1980. Kızılcım (*P. brutia* Ten.) Türüne Ait Biyolojik Kütlenin Saptanması, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 104, Ankara, 32 s.
- Tolunay, D., 2013. Coefficients that can be used to Calculate Biomass and Carbon Amounts from Increment and Growing Stocks in Turkey, Proceedings of the International Symposium for the 50<sup>th</sup> Anniversary of Forestry Sector Planning in Turkey, November, Antalya, Bildiriler Kitabı: 240-251.
- Tolunay, D. ve Çömez, A., 2008. Türkiye Ormanlarında Toprak ve Ölü Örtüde Depolanmış Organik Karbon Miktarları, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Ekim, Hatay, Bildiriler Kitabı: 750-765.
- Tolunay, D., 1997. Aladağ'da (Bolu) Sıklık Çağındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinde Bakımların Madde Dolaşımına Etkileri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tolunay, D., 2011. Total Carbon Stocks and Carbon Accumulation in Living Tree Biomass in Forest Ecosystems of Turkey, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 35, 265-279.

- Tolunay, D., 2012. Bolu-Aladağ'daki Genç Sarıçam Meşcereleri için Oluşturulan Bitkisel Kütle Denklemleri, Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University 2012, 62,2, 97-111.
- Tolunay, D., Karabıyık, B. ve Özturba, A.G., 2018. Türkiye Ormanlarında Bitkisel Kütledeki Karbon Stokları, 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Nisan, Ankara, Bildiriler Kitabı: 1027-1027.
- Tüfekçioğlu, A. ve Güner, S., 2008. Artvin-Murgul Yalancı Akasya Ağaçlandırmalarının Odun Üretimi, Biyokütle, Karbon Depolama, Toprak Islahı ve Erozyonu Önleme Yönelimlerinden Araştırılması, TÜBİTAK-TOVAG Tarafından Desteklenmiş 106O418 Nolu Proje.
- TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu, Nüfus Verileri.
- Uğurlu, S., Araslı, B. ve Sun, O., 1976. Stebe Geçiş Yörelilerindeki Sarıçam Meşcerelerinde Biyolojik Kütlelerin Saptanması, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 80, 48 s.
- URL-1, <https://yesilekonomi.com/atmosferdeki-karbondioksit-yogunlugu-gecen-ay-40853-ppm-oldu/> 1 Aralık 2019
- URL-2, [http://www.unicankara.org.tr/language/tr/bm-dogal-afetlerin-yuzde-90i-asiri-iklim-hareketlerinden-kaynaklaniyor/#.XfsU\\_mQzb4Y](http://www.unicankara.org.tr/language/tr/bm-dogal-afetlerin-yuzde-90i-asiri-iklim-hareketlerinden-kaynaklaniyor/#.XfsU_mQzb4Y) 30 Kasım 2019
- URL-3, <https://www.thegef.org/topics/ozone-layer-depletion> 3 Aralık 2019
- URL-4, [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview\\_report\\_complete.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf) 2 Kasım 2019
- URL-5, <https://www.ipcc.ch/about/history/> 2 Ekim 2019
- Ülker, C., 2010. Amasya Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi (Kunduz Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ülküdür, M., 2010. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Sedir Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Ünsal, A., 2007. Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü Kızılcım Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Varamesh, S., Hosseini, S.M., Behjou, F.K. ve Fataei, E., 2014. The Impact of Land Afforestation on Carbon Stocks Surrounding Tehran, Iran, Journal of Forestry Research, 25, 135-141.

- Vashum, K.T. ve Jayakumar, S., 2012. Methods to Estimate Above-Ground Biomass and Carbon Stock in Natural Forests - A Review, Journal of Ecosystem & Ecography, 2, 4, 1-7.
- Wang, H., Liu, W., Wang, W. ve Zu, Y., 2013. Influence of Long-Term Thinning on the Biomass Carbon and Soil Respiration in a Larch (*Larix gmelinii*) Forest in Northeastern China. The Scientific World Journal, 1-9.
- Wang, S., Zhou, C., Liu, J., Tian, H., Li, K. ve Yang, X., 2002. Carbon Storage in Northeast China as Estimated from Vegetation and Soil Inventories, Environmental Pollution, 116, 157-165.
- Watson, R.T., 2000. Land Use, Land-Use Change, and Forestry: A Special Report of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wellock, W.L., LaPerle, C.M. ve Kiely, G., 2011. What is the Impact of Afforestation on the C Stocks of Irish Mineral Soils?, Forest Ecology and Management, 262, 1589-1596.
- Yang, J., Ji, X., Deane, D.C., Wu, L. ve Chen, S., 2017. Spatiotemporal Distribution and Driving Factors of Forest Biomass Carbon Storage in China: 1977-2013, Forests, 8, 263.
- Yang, K. ve Guan, D., 2008. Changes in Forest Biomass Carbon Stock in the Pearl River Delta between 1989 and 2003, Journal of Environmental Sciences, 20, 1439-1444.
- Yang, X., Song, Z., Liu, H., Zwieten, L.V., Song, A., Li, Z., Hao, Q., Zhang, X.Z. ve Wang, H., 2018. Phytolith Accumulation in Broadleaf and Conifer Forests of Northern China: Implications for Phytolith Carbon Sequestration, Geoderma, 312, 36-44.
- Yılmaz, S. (2015). Antalya Yöresi Aynı Yaşlı ve Saf Kızılcım Meşçerelerinde Toprak Üstü Biyokütlenin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Artvin.
- Yüksek, T. ve Yüksek, F., 2011. The Effects of Restoration on Soil Properties in Degraded Land in the Semi-Arid Region of Turkey, Catena, 84, 47-53.
- Zhang, C., Liu, F., Xue, S. ve Sun, C., 2013. Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Storage as affected by Land Use in a Small Watershed of the Loess Plateau, China, European Journal of Soil Biology, 54, 16-24.
- Zhou, C.Y., Wei, X.H., Zhou, G.Y., Yan, J.H., Wang, X., Wang, C.L., Liu, H.G., Tang, X.Y. ve Zhang, Q.M., 2008. Impacts of a Large-Scale Reforestation Program on Carbon Storage Dynamics in Guangdong, China, Forest Ecology and Management, 255, 847-854.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. ve Mencuccini, M., 2005. Biomass and Stem Volume Equations of Tree Species in Europe, *Silva Fennica Monographs*, Tammer-Paino Oy, Tampere, Finland, 63 s.

## ÖZGEÇMİŞ

Orman Mühendisi Özden TUYOĞLU, 1983 yılında Erzurum ili Merkez ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2000 yılında başladığı Artvin Orman Fakültesi Orman Mühendisliği bölümünden 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümüne yatay geçiş yaptı. 2004 yılında Orman Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başlayan TUYOĞLU, 2007 yılında Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü'ne mühendis olarak atandığı için kaydını sildirmek zorunda kaldı. 18 Mayıs 2018 de resmi gazetede yayımlanan 7143 sayılı kanun kapsamında öğrenci affından yararlanan TUYOĞLU, Ekim 2018 yılında yüksek lisans eğitimine tekrar başladı. Evli ve bir çocuk annesi olan TUYOĞLU orta derecede ingilizce bilmektedir.