

**ARTVİN, ERZURUM VE BAYBURT İLLERİNDEKİ BAZI MİKRO
HAVZALARDA ORMAN, MERA VE TARIM ALANLARINDA TOPRAK ALTI
VE TOPRAK ÜSTÜ KARBON MİKTARLARININ BELİRLENMESİ, UYDU
GÖRÜNTÜLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ VE MODELLENMESİ**

Musa DİNÇ

**Doktora Tezi
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU**

27/10/2017

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ARTVİN, ERZURUM VE BAYBURT İLLERİNDEKİ BAZI MİKRO
HAVZALARDA ORMAN, MERA VE TARIM ALANLARINDA TOPRAK ALTI
VE TOPRAK ÜSTÜ KARBON MİKTARLARININ BELİRLENMESİ, UYDU
GÖRÜNTÜLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ VE MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Musa DİNÇ

**Danışman
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU**

Artvin 2017

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Doktora Tezi olarak sunduğum “Artvin, Erzurum ve Bayburt İllerindeki Bazı Mikro Havzalarda Orman, Mera ve Tarım Alanlarında Toprak Altı ve Toprak Üstü Karbon Miktarlarının Belirlenmesi, Uydu Görüntüleri ile İlişkilendirilmesi ve Modellenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOğLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, analizleri Artvin oruh Üniversitesi, Orman Fakóltesi, Toprak İlimi ve Ekoloji laboratuvarlarda yaptığımı, 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. 27/10/2017

Musa DİNÇ

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ARTVİN, ERZURUM VE BAYBURT İLLERİNDEKİ BAZI MİKRO
HAVZALARDA ORMAN, MERA VE TARIM ALANLARINDA TOPRAK
ALTI VE TOPRAK ÜSTÜ KARBON MİKTARLARININ BELİRLENMESİ,
UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ VE MODELLENMESİ**

Musa DİNÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22/09/2017

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 27/10/2017

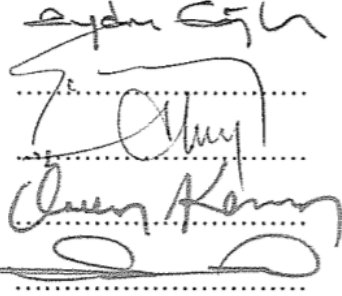
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Sinan GÜNER

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Halil AKINCI

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer KARA

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Günay ÇAKIR



ONAY:

Bu Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

Doç. Dr. Hilal TURGUT

ÖNSÖZ

“Artvin, Erzurum ve Bayburt İllerindeki Bazı Mikro Havzalarda Orman, Mera ve Tarım Alanlarında Toprak Altı ve Toprak Üstü Karbon Miktarlarının Belirlenmesi, Uydu Görüntüleri ile İlişkilendirilmesi ve Modellenmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma süresince danışmanlığımı üstlenen, çok yoğun çalışma ortamına rağmen araştırma konusunun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar, her aşamada, çalışmanın planlanması, arazi çalışması ve tezin yazım sürecinde yardımlarını esirgemeyen hocam sayın Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU’na değerli teşvik ve katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Tez izleme komitesi üyeleri sayın Doç. Dr. Sinan GÜNER ve Doç. Dr. Halil AKINCI hocalarıma teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanmasında, literatür araştırmalarımnda, arazi çalışmalarımnda ve laboratuvar çalışmalarımnda beni hiçbir zaman yalnız bırakmayıp yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜK’e, Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU’na, Yrd. Doç. Dr. Mehmet YAVUZ’a, Yrd. Doç. Dr. İsmet YENER’e, Arş. Gör. Ahmet Duman’a, Arş. Gör. Musa AKBAŞ’a, Arş. Gör. Can VATANDAŞLAR’a, Orman Yüksek Mühendisleri Canan AÇIKGÖZ HARŞIT’e, Burhan HARŞIT’e ve Bahar Elif KOCAMANOĞLU’na çok teşekkür ederim. Ayrıca, tez çalışmam süresince beni destekleyen anneme, babama, eşim Özlem ve oğlum Bekir Muhammed’e de en derin duygularımla teşekkür ederim.

Bu doktora çalışması JICA (Japan International Cooperation Agency) ve OGM (Orman Genel Müdürlüğü) tarafından desteklenmiş olup katkılarından dolayı proje yöneticilerine, JICA ve OGM’ye teşekkür ederim. Büyük bir emek ve özveri ile hazırlanan bu çalışmanın olası eksikliklerine rağmen, ülkemiz için önemli bir boşluğu dolduracağı kanaatindeyim. Bu çalışmanın bilimsel ve teknik açıdan ilgilenen herkese faydalı olmasını temenni ediyorum.

Musa DİNÇ
Artvin - 2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1 GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Tez Organizasyonu	7
1.3 Çalışmanın Amacı	7
1.4 Literatür Çalışması	9
1.4.1 Yurt İçinde Yapılan Çalışmalar.....	9
1.4.1.1 Orman Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları.....	9
1.4.1.2 Tarım Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları	18
1.4.1.3 Mera Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları	19
1.4.1.4 Yıllık Net Biyokütle Üretim Miktarına İlişkin Yapılan Çalışmalar	20
1.4.1.5 Toprak Karbonuna İlişkin Yapılan Çalışmalar	21
1.4.2 Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar	22
1.4.2.1 Orman Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları.....	22
1.4.2.2 Tarım Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları	26
1.4.2.3 Mera Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları	28
1.4.2.4 Mera Alanlarındaki Toprak Üstü Biyokütle ve Karbon Çalışmaları	29
1.4.2.5 Mera Alanlarındaki Toprak Altı Biyokütle ve Karbon Çalışmaları	31
1.4.2.6 Yıllık Net Biyokütle Üretim Miktarına İlişkin Yapılan Çalışmalar	33
1.4.2.7 Toprak Karbonuna İlişkin Yapılan Çalışmalar	40
2 MATERYAL VE YÖNTEM	46
2.1 Çalışma Alanının Tanıtımı.....	46
2.1.1 Coğrafi Konum.....	46
2.1.2 Topoğrafik Durumu.....	47

2.1.3	İklim Özellikleri	50
2.1.4	Jeolojik Yapı	50
2.1.5	Arazi Kullanım Şekilleri	52
2.1.6	Bitki Örtüsü	54
2.2	Materyal	56
2.2.1	Meteorolojik Veriler	56
2.2.2	Uydu Verileri.....	57
2.2.3	Yazılımlar	58
2.2.4	Amenajman Planları	58
2.3	Yöntem	59
2.3.1	Büro Çalışmaları	59
2.3.1.1	Örnek Alanların Seçimi	59
2.3.1.2	Ön Bilgilerin Toplanması ve Veri Tabanının Oluşturulması.....	60
2.3.1.3	Yağış Miktarlarına Göre Mikro Havzaların Ayrımı	60
2.3.2	Arazi Çalışmaları.....	61
2.3.2.1	Mera Alanlarında Toprak Örneklerinin Alınması	61
2.3.2.2	Meralarda Toprak Üstü Biyokütle Örneklerinin Alınması	62
2.3.2.3	Meralarda Toprak Altı (kök) Biyokütle Örneklerinin Alınması.....	63
2.3.3	Deneylikte Yapılan Çalışmalar	64
2.3.3.1	Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	64
2.3.3.2	Toprak Üstü Biyokütle Örneklerinin Analize Hazırlanması	64
2.3.3.3	Toprak Altı Biyokütle Örneklerinin Analize Hazırlanması.....	65
2.3.4	Amenajman Plan Haritalarında Yapılan Ön İşlemler	66
2.3.5	Uydu Görüntüsünde Yapılan Ön İşlemler ve NDVI Yüzeyinin Üretilmesi ..	67
2.3.6	Biyokütle ve Karbon Sınıflarının Oluşturulması	69
2.3.7	Yıllık Net Biyokütle Üretimi ve Karbon Birikimi Sınıflarının Oluşturulması	70
2.3.8	Orman Alanlarında Biyokütle ve Karbon Hesaplaması.....	70
2.3.9	Tarım Alanlarında Biyokütle ve Karbon Hesaplaması	72
2.3.10	Toprak Karbonu	74
2.3.11	Uydu Görüntüsü ile Verimli ve Boşluklu Kapalı Orman Alanlarda Yıllık Net Biyokütle Miktarının Hesaplanması	76
2.3.12	Verimli Orman, Boşluklu Kapalı Orman, Mera ve Tarım Alanlarında Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Birikiminin Hesaplanması	76

2.3.13 Değerlendirme Aşamasında Yapılan Çalışmalar	79
2.3.14 İstatistik Analiz	79
2.3.15 Karbon Etkinlik Değerinin (KED) Hesaplanması.....	79
3 BULGULAR	81
3.1 Mera Alanlarında Toprak Organik Karbonuna İlişkin Bulgular.....	81
3.2 Yersel Ölçümler Sonucu Mera Alanlarında Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	83
3.3 Uydu Görüntüsü ile Mera Alanlarında Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular.....	87
3.4 Mera Alanlarında Yersel Ölçümler ve Uydu Görüntüsüne ait Hesaplanan Biyokütle Miktarının Karşılaştırılması	93
3.5 Verimli ve Boşluklu Kapalı Orman Alanlarda Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	95
3.5.1 Verimli Orman Alanlarda Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular....	95
3.5.2 Boşluklu Kapalı Orman Alanlarda Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	99
3.6 Tarım Alanlarında Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	102
3.7 Toprak Karbonuna İlişkin Bulgular.....	105
3.8 Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	107
3.8.1 Verimli Orman Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular.....	107
3.8.2 Boşluklu Kapalı Orman Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular.....	109
3.8.3 Uydu Görüntüsü ile Verimli ve Boşluklu Kapalı Ormanlık Alanlarda Yıllık Net Biyokütle Miktarına İlişkin Bulgular	111
3.8.4 Tarım Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	112
3.8.5 Mera Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	115
3.9 Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	117
3.10 Toplam Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular	119
3.11 Karbon Etkinlik Değerine İlişkin Bulgular	123
4 TARTIŞMA.....	125

4.1	Mera Alanlarında Toprak Organik Karbonuna İlişkin Tartışmalar	125
4.2	Mera Alanlarındaki Biyokütle ve Toplam Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar 126	
4.3	Verimli ve Boşluklu Kapalı Orman Alanlarındaki Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar	130
4.4	Tarım Alanlarındaki Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar.....	139
4.5	Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar.....	141
4.6	Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar.....	144
4.7	Karbon Etkinlik Değerine İlişkin Tartışmalar	147
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	148
	EKLER.....	161
	KAYNAKLAR.....	193
	ÖZGEÇMİŞ.....	230

ÖZET

ARTVİN, ERZURUM VE BAYBURT İLLERİNDEKİ BAZI MİKRO HAVZALARDA ORMAN, MERA VE TARIM ALANLARINDA TOPRAK ALTI VE TOPRAK ÜSTÜ KARBON MİKTARLARININ BELİRLENMESİ, UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ VE MODELLENMESİ

Bu çalışmada Çoruh Nehri Havzasının 11 alt mikro havzalarında verimli orman, boşluklu kapalı orman, tarım ve mera alanlarında toprak altı ve toprak üstü karbon miktarlarının belirlenerek uydu görüntüleri ile ilişkilendirilmesi ve modellenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında mera alanlarında toprak üstü biyokütleyi belirlemek için 49, toprak karbonunu belirlemek için 666 ve toprak altı biyokütleyi belirlemek için 299 farklı noktadan toplam 1196 adet kök örnekleme yapılmıştır. Diğer arazi kullanımlarındaki biyokütle ve karbon miktarlarının hesaplanmasında literatürde var olan katsayılardan yararlanılmıştır. Verimli ve boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net biyokütle miktarlarının tahmin edilmesi için uydu görüntülerine atılan rastgele noktaların yansıma değerleri ile regresyon denklemleri geliştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, mera alanlarındaki toprak üstü biyokütle miktarının belirlenmesi için geliştirilen modelin belirtme katsayısı 0,72'dir. Toprak üstü karbon miktarları 0,48 ton/ha ile 0,94 ton/ha arasında, toprak altı karbon miktarları ise 1,70 ton/ha ile 2,76 ton/ha arasında bulunmuştur. Arazide ölçülmüş olan toprak üstü biyokütle değerleri uydu görüntüsü yansıma değerleri ile ilişkilendirilerek $R^2=0,67$ ile $R^2= 0,8$ arasında değişen regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Verimli ve boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net biyokütle üretim miktarları ise geliştirilen denklemler ile $R^2= 0,62$ ile $R^2= 0,8$ oranları arasında olduğu tespit edilmiştir. Tarım alanlarındaki toplam karbon miktarı 467.997 ton olarak hesaplanmıştır. Toplam biyokütle miktarı ise 6.803.967 ton, toplam karbon miktarı (toprak karbonu dahil) 14.589.276 ton olduğu ve hektardaki karbon miktarının 31,3 ton/ha ile 121,6 ton/ha arasında değiştiği görülmüştür. Toplam yıllık net karbon üretim miktarı ise 139.852 ton olup hektarda 0,26 ton/ha ile 0,67 ton/ha arasında değiştiği bulunmuştur. Bulgulara göre, karbon etkinlik değeri hesaplanarak sıralamanın en iyiden kötüye doğru verimli orman, boşluklu kapalı orman, tarım ve mera şeklinde olduğu görülmüştür. Toprak üstü biyokütle miktarlarının uydu görüntüsü verileri yardımıyla etkili bir şekilde tahmin edilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak altı toprak üstü biyokütle, karbon, karbon etkinlik değeri, yıllık net üretim, mera, uzaktan algılama, Çoruh Nehri.

SUMMARY

DETERMINATION AND MODELLING OF ABOVE GROUND AND BELOW GROUND CARBON CONTENTS IN FOREST, GRASSLAND AND AGRICULTURE AREAS WITH ASSOCIATION BY USING SATALLITE IMAGES IN SOME SUB-BASINS OF ARTVIN, ERZURUM AND BAYBURT

In the present study, it was aimed to determine above and below ground carbon contents in some land uses of 11 sub-basins in the Coruh River Basin using satellite images. For this, 49 samples were taken for above ground biomass (AGB), 1196 root samples from 299 different points for below ground biomass (BGB) and 666 samples for soil carbon in the grassland areas. Biomass and carbon contents in other land uses were calculated using related coefficients in the literature. The reflectance values of satellite images were used to develop regression models and thus to estimate the annual net biomass amounts in productive and degraded forest.

The coefficient of determination (R^2) of regression model for the AGB was found to be 0,72 based on ecological factors in grassland areas. Similarly, R^2 values of the developed models for the AGB based on satellite images were between 0,67 to 0,80. On the other hand, above ground carbon (AGC) and below ground carbon (BGC) contents ranged from 0,48 ton/ha to 0,94 ton/ha and 1,70 ton/ha to 2,76 ton/ha, respectively. Moreover, annual net biomass productions in the productive and degraded forest were modeled using satellite images with R^2 values between 0,62 and 0,80. The total amount of carbon in agricultural areas was calculated as 467.997 tons. The total biomass, total amount of carbon (including soil carbon) and the annual net carbon production were 6.803.967, 14.589.276 and 139.852 tons, respectively. The carbon contents for the unit area changed from 31,3 tons/ha to 121,6 tons/ha. Total annual net carbon production was calculated as 139.852 tons and the unit values were between 0.26 ton/ha and 0.67 ton/ha. Finally, the carbon efficiency values were calculated for the all land uses. It was seen that the performance ranking for the land use classes in terms of carbon efficiency were productive forest, degraded forest, agriculture and grassland. In conclusion, this study suggests that AGB contents can be effectively estimated using remote sensing data.

Keywords: above and below ground biomass, carbon, carbon efficiency value, annual net production, grassland, remote sensing, Coruh River.

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Sera gazlarının sanayi devrimi öncesinden günümüze kadar konsantrasyonları, değişim oranları ve atmosferik ömürleri (Babuş, 2005; URL-1; URL-2).....	3
Tablo 2. Sera gazları etki oranları ve emisyon kaynakları (Nordhaus, 1991).....	4
Tablo 3. Türkiye'deki bazı ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütleye çevirme faktörleri ve fırın kurusu ağırlıkları.....	13
Tablo 4. Çalışma alanlarında bulunan mikro havzaların enlem ve boylamları.....	47
Tablo 5. Mikro havzaların ortalama yükselti değerleri (m)	48
Tablo 6. Mikro havzaların ortalama eğim değerleri (%).....	49
Tablo 7. Çalışma alanlarımıza ait arazi kullanım şekilleri ve büyüklükleri (ha).	53
Tablo 8. Çalışma alanlarındaki doğal bitki örtüsü (Atalay, 2002).	55
Tablo 9. Çalışma alanlarına ait Meteoroloji İstasyonu verileri	56
Tablo 10. Çalışma alanlarındaki mikro havzaların enterpole edilmiş iklim verileri..	57
Tablo 11. Mikro havza sınırları içerisindeki Orman İşletme Şefliklerinin dağılımı. .	59
Tablo 12. Mikro havzalardan alınan toprak, toprak üstü ve toprak altı biyokütle örnek alan sayıları.	60
Tablo 13. Yağış miktarlarına göre mikro havzaların ayrımı.....	61
Tablo 14. Biyokütle ve karbon sınıfları (ton/ha).....	69
Tablo 15. Yıllık net biyokütle üretimi, karbon birikimi ve KED sınıfları.....	70
Tablo 16. Örnek meşçere tipleri tanıtım tablosu.	70
Tablo 17. Çalışma alanları içerisindeki verimli orman ve boşluklu kapalı orman alanları için biyokütle hesaplanmasında kullanılan eşitlikler	72
Tablo 18. Ürün çeşitlerine göre biyokütle ve karbon miktarları.	73
Tablo 19. Yıllık net biyokütle miktarını belirlemek için verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki örnek alan sayıları.	76
Tablo 20. Mera alanlarındaki toprak altı yıllık net biyokütle üretimi için katsayılar	77
Tablo 21. Mikro havzaların toprak derinlik kademesine göre ortalama organik karbon (%) değerleri.....	81
Tablo 22. Mikro havzaların yağış miktarlarına göre ortalama organik karbon (%)	

değerleri.....	83
Tablo 23. Mikro havzalara ait ortalama toprak üstü biyokütle ve karbon değerleri. .	84
Tablo 24. Mikro havzalara ait ortalama toprak altı biyokütle ve karbon değerleri. ...	85
Tablo 25. Bölgelere göre ortalama toprak altı biyokütle ve karbon değerleri.	86
Tablo 26. Toplam biyokütle miktarının yükselti, yağış ve sıcaklık özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi.	86
Tablo 27. Yağış miktarlarına göre toprak üstü ve toprak altı biyokütle yüzdeleri.	87
Tablo 28. Uydu görüntüsüne ait bandların yansıma değerleri.	87
Tablo 29. Toprak üstü biyokütle miktarı ile bandların yansıma değerleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon matrisi.	88
Tablo 30. Uydu görüntüleri ile yağış miktarları için elde edilen regresyon denklemleri.....	89
Tablo 31. Yağış miktarlarına göre toprak üstü biyokütle miktarlarının bandların yansıma değerlerine ilişkin korelasyon tablosu.....	89
Tablo 32. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait toplam toprak üstü, toprak altı ve toplam biyokütle miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	90
Tablo 33. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı ve toplam biyokütle miktarları (ton/ha).	91
Tablo 34. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait toprak üstü, toprak altı ve toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	92
Tablo 35. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı ve toplam karbon miktarları (ton/ha).	93
Tablo 36. Yersel ölçümler ve uydu görüntülerine ait hesaplanan biyokütle miktarlarının karşılaştırılması.	94
Tablo 37. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam biyokütle miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	95
Tablo 38. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarları (ton/ha). ..	96
Tablo 39. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	97
Tablo 40. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait ortalama toprak üstü,	

toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki karbon miktarları (ton/ha).	98
Tablo 41. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam biyokütle miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	99
Tablo 42. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarları (ton/ha).	100
Tablo 43. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	101
Tablo 44. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki karbon miktarları (ton/ha).	102
Tablo 45. Mikro havzalardaki tarım alanlarına ait toprak üstü ve toprak altı içerisindeki toplam biyokütle, toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	103
Tablo 46. Mikro havzalardaki tarım alanlarına ait hektardaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).	104
Tablo 47. Mikro havzaların arazi kullanımlarına göre toprakta depolanan toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	105
Tablo 48. Mikro havzaların arazi kullanımlarına göre hektarda depolanan toprak karbonu miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).	106
Tablo 49. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarındaki toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).	108
Tablo 50. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarındaki yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	109
Tablo 51. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarındaki toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).	110
Tablo 52. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	111
Tablo 53. Verimli orman alanları için uydu görüntüleri ile yağış miktarları için elde edilen regresyon denklemleri.	112
Tablo 54. Boşluklu kapalı orman alanları için uydu görüntüleri ile yağış miktarları	

için elde edilen regresyon denklemleri.....	112
Tablo 55. Mikro havzalardaki tarım alanlarının toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).	113
Tablo 56. Mikro havzalardaki tarım alanlarının yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	114
Tablo 57. Mikro havzalardaki mera alanlarının toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).	115
Tablo 58. Mikro havzalardaki mera alanlarının yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	116
Tablo 59. Mikro havzalardaki toplam biyokütle ve karbon miktarları (ton).....	117
Tablo 60. Mikro havzaların hektardaki toplam biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).	118
Tablo 61. Mikro havzalardaki toplam yıllık net biyokütle ve karbon miktarları (ton).	119
Tablo 62. Mikro havzaların hektardaki yıllık net biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).	120
Tablo 63. Arazi kullanım şekillerine göre toprak altı net üretim (TANÜ) miktarının toprak üstü net üretim (TÜNÜ) miktarlarına oranı.....	122
Tablo 64. Arazi kullanım şekillerine göre mikro havzalardaki yıllık net biyokütle ve karbon miktarları (ton)	122
Tablo 65. Mikro havzalara ait ortalama Karbon Etkinlik Değerleri (KED).	123

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Ağaç üzerinde biyokütle bileşenlerinin dağılımı	12
Şekil 2. Çoruh havzası haritası	46
Şekil 3. Çalışma alanını kapsayan mikro havzalar	47
Şekil 4. Çoruh havzası yükseklik grupları haritası	48
Şekil 5. Çoruh havzası eğim grupları haritası	49
Şekil 6. Çoruh havzası bakı grupları haritası	50
Şekil 7. Çalışma alanına ait jeoloji haritası (URL-7)	52
Şekil 8. Çoruh nehri havzası arazi kullanım haritası (URL-5)	53
Şekil 9. Araştırma alanındaki toprak örneklemesinden görünüm	62
Şekil 10. Toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi için kurulan kafeslerden görünüm (a) Vejetasyon başı, (b) Vejetasyon sonu	63
Şekil 11. Deneme alanlarında yapılan kök örneklemesinden görünüm	63
Şekil 12. Toprak üstü biyokütle örneklerinin kurutulması ve tartılması	65
Şekil 13. Kök örneklerinin topraktan ayrıştırılması işleminden görünüm	65
Şekil 14. Kök ayıklaması ve kurutulmasından görünüm	66
Şekil 15. Bıçakçılar mikro havzasına ait meşçere haritası (a) öncesi, (b) sonrası ...	66
Şekil 16. Geometrik düzeltmesi yapılan uydu görüntüsü örneği	68
Şekil 17. Mikro havzaların 0-15 cm derinlik kademesindeki ortalama organik karbon (%) içerikleri	81
Şekil 18. Mikro havzaların 15-30 cm derinlik kademesindeki ortalama organik karbon (%) içerikleri	82
Şekil 19. Mikro havzaların yağış miktarlarına göre organik karbon (%) içerikleri ..	83
Şekil 20. Mikro havzaların ortalama toprak üstü biyokütle ve karbon (ton/ha) içerikleri	84
Şekil 21. Mikro havzaların ortalama toprak altı biyokütle ve karbon (ton/ha) içerikleri	85
Şekil 22. Bölgelere göre ortalama toprak altı biyokütle ve karbon (ton/ha) içerikleri	86
Şekil 23. Mikro havzaların mera alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha)	93

Şekil 24. Mikro havzaların verimli orman alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).	98
Şekil 25. Mikro havzaların boşluklu kapalı orman alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).	102
Şekil 26. Mikro havzaların tarım alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).	104
Şekil 27. Mikro havza topraklarında biriktirilmiş ortalama karbon değerleri (ton/ha).	107
Şekil 28. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	109
Şekil 29. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	111
Şekil 30. Mikro havzalardaki tarım alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	114
Şekil 31. Mikro havzalardaki mera alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).	116
Şekil 32. Mikro havzalardaki biyokütle, biyokütle karbonu, toprak karbonu ve toplam karbon miktarları (ton/ha).	118
Şekil 33. Mikro havzalardaki yıllık net biyokütle, biyokütle karbonu, toprak karbonu ve toplam karbon miktarları (ton/ha).	121
Şekil 34. Mikro havzaların ortalama Karbon Etkinlik Değerleri (KED)	124

KISALTMALAR DİZİNİ

AFALU	Tarım, Orman ve Diğer Arazi Kullanımları
Ark	Arkadaşları
AS	Ağaç Serveti
BÇF	Biyokütle Çevirme Faktörü
BÇGF	Biyokütle Dönüştürme ve Genişletme Katsayısı
C	Karbon
⁰ C	Santigrad Derece
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CFC11	Kloroflorokarbon Gazları
CH ₄	Metan
CI	Uluslararası Çevre Koruma Örgütü
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondiyoksit
DK	Derinlik Kademesi
DTK	Depolanmış Toplam Karbon
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FKA	Fırın Kuru Ağırlık
FRA	Küresel Orman Kaynakları Değerlendirme Raporu
GEF	Uluslararası Çevre Fonu
GHG	Sera Gazları
h	Araştırma Alanı Rakımı ile Meteoroloji İstasyonu Rakımı Farkı
gr	Gram
gt	Gigaton
ha	Hektar
HA	Hacim Ağırlığı
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
IUCN	Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği
İDÇS	İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
JICA	Japan International Cooperation Agency
KED	Karbon Etkinlik Değeri

kg	Kilogram
km	Kilometre
km ²	Kilometre Kare
km ³	Kilometre Küp
LULUCF Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormanlık	
m	Metre
m ²	Metre Kare
m ³	Metre Küp
Max	Maksimum
Mg	Megagrams
Min	Minimum
mm	Milimetre
MODIS	Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi
NDVI	Normalize Edilmiş Bitki İndeksi
NIR	Yakın Kızıl Ötesi
NMVOG	Metan Dışı Uçucu Organik Bileşikler
N ₂ O	Nitrous Oxide
NO _x	Nitrik Oksit
NOAA	Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi
NPP	Net Birincil Üretim
NÜ	Net Üretim
NÜB	Yıllık Net Biyokütle Miktarı
NÜK	Yıllık Net Karbon Miktarı
O ₂	Oksijen
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
OİŞ	Orman İşletme Şefliği
OM	Organik Madde
Ort	Ortalama
ÖOK	Ölü Odun Karbonu
ÖÖK	Ölü Örtü Karbonu
Pg	Pikogram
Ppb	Milyarda Bir Birim
Ppm	Milyonda Bir Birim

Ppt	Trilyonda Bir Birim
R	Kırmızı Banttaki Yansıyan Işık
R	Kök/Sak Oranı
r^2	Regresyon Kareler Toplamı
S	Araştırma Alanının Sıcaklığı
S_0	Meteoroloji İstasyonunda Ölçülen Sıcaklık
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SO ₂	Kükürt Dioksit
SPSS	Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı
TAB	Toprak Altı Biyokütle
TAK	Toprak Altı Karbon
TANÜ	Toprak Altı Net Üretim
TB	Toplam Biyokütle
Tg	Teragram
TK	Toplam Karbon
TNKÜ	Toplam Yıllık Net Karbon Birikimi
TÜB	Toprak Üstü Biyokütle
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜK	Toprak Üstü Karbon
TÜNÜ	Toprak Üstü Net Üretim
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı
UNFCCC	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
UTM	Evrensel Enlem Merkatörü
Y_0	Meteoroloji İstasyonunda Ölçülen Yağış
Y_h	Araştırma Alanının Yağış Miktarı
vb	Ve Benzeri
WB	Dünya Bankası
VH	Vejetasyon Sağlık İndeksi
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WV2	Worldview-2
WWF	Dünya Doğayı Koruma Vakfı

1 GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

İnsanın orman ve meralar ile olan ilişkisi kendi tarihi kadar eskilere dayanmaktadır. İlkçağlardan günümüze kadar orman ve meralardan çeşitli şekillerde yararlanılmıştır. İnsanlığın ilk dönemlerinde yalnızca barınak ve gıda kaynağı olarak görülen ormanlar, zaman içerisinde meydana gelen nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerle birlikte insanoğlunun çeşitli alanlarda yararlanabileceği bir doğal kaynak halini almıştır. İnsan, ormanı kendine barınak olarak seçmiş, meyvesinden, gövdesinden ve diğer her türlü ürününden yararlanmış, meralarında hayvanlarını otlatmış, tarım alanlarını ekip biçerek kendi ihtiyaçlarını karşılamıştır. Başlangıçta bu ekosistemin bir ögesi gibi yaşamlarını sürdürürken, zamanla gelişerek çeşitli araçları kullanmaya başlamış, gereksinimleri artmış ve çeşitlenmiştir (Başkent, 1999; Mısır, 2001). Bu gelişim sürecinde insanların orman ve mera ile olan ilişkileri azalmamış, aksine gelişim sürecine bağlı olarak giderek daha da artmıştır.

Son yıllarda, dünya üzerinde meydana gelen hızlı nüfus artışı ve bu artışa bağlı olarak sanayileşmenin ve şehirleşmenin artması ve buna bağlı olarak insanların yaşam düzeyinin giderek yükselmesi sonucunda doğal kaynaklar üzerindeki baskılar günden güne hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Hızlı nüfus artışı, şehirleşme, kalabalıklaşma, sanayileşme, tüketim alışkanlıkları ve gösteriş etkisine bağlı olarak talebin ve çeşitliliğin artması sonucunda doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde kullanımını doğurmuştur. Toprak, hava ve su kaynakları kirletilmiş, erozyon, sel, taşkın, çığ, heyelan, asit yağmurları ile yeryüzündeki canlı hayatını ve gıda güvenliğini tehdit eder hale gelmiştir. Görülen bu ormansızlaşma, mera alanlarının tahribi, çölleşme, çoraklaşma, çevre ve genetik kirlenme, nesli yok olan veya azalan flora ve fauna, göçler, açlık ve sefalet gerçekleri, ormanların ekonomik fonksiyonlarının yerine ekolojik fonksiyonlarının ön plana çıkmasına neden olmuştur. Bu sorunlardan en büyüğü insanoğlunun son yüz yılda karşı karşıya kaldığı küresel iklim değişikliğidir. Küresel iklim değişikliğinin ana nedeni olarak sanayileşmenin artması ve arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler sonucu atmosfere salınan

CO₂ miktarının aşırı bir şekilde artış göstermesidir. Atmosferdeki son yüzyıldaki antropojenik kaynaklardan gelen ve hızlı bir şekilde artan karbondioksit (CO₂) konsantrasyonu, dünyanın iklimi ve doğal ekosistemler için önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Adams ve ark. 1998; Ministry of the Environment, 2013; Paustian ve ark. 2000; Smith ve ark. 2008). Sanayi devriminin başlamasıyla birlikte gerek endüstri alanında gerekse araçlarda ve ısınmada enerji kaynağı olarak fosil yakıt kullanımının önemli derecede artması, nüfusa bağlı olarak gerekli olan ihtiyaçların karşılanması noktasında tarım ve şehirleşme alanları için arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler küresel iklim değişikliğini önemli derecede tetiklemiştir (Sivrikaya ve ark. 2012).

Küresel iklim değişikliği, doğa da ve insan faaliyetleri sonucu iklimde meydana gelen değişiklikler olarak tanımlanır (Trenberth ve ark. 2000). Küresel iklim değişikliği sistemin daha fazla ısındığı anlamına gelmektedir. Bu olgu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2007)'nin yapmış olduğu havanın ve okyanusların ortalama sıcaklığındaki artış, karların ve buzulların erimesi ve küresel ortalama deniz seviyesinin yükselişini gösteren çalışmalarıyla güçlendirilmiştir. İklim değişikliğinin temel nedeni atmosferdeki sera gazlarının (GHG) artmasıdır. Güneş radyasyonu, sera gazlarından kolayca geçerek yeryüzünü ısıtabilir, ancak yeryüzünde biriken termal radyasyondan kolayca geçemez. Sonuç olarak da, atmosfer ısınır. Geliştirilen iklim modelleri ile yerküre yüzeyindeki ısınmanın bu yüzyıl sonunda 1,4 °C ile 5,8 °C arasında artabileceği gösterilmektedir (IPCC, 2001; Rahmstorf ve ark. 1999). IPCC (2007), raporun da ise bu yüzyılın sonunda ısı artışının 1,8 °C ile 4 °C arasında olacağı deklare edilmiştir. Petit ve ark. (1999), ısı artışını atmosferdeki CO₂ yoğunluğundaki artış ile ilişkilendirmiştir.

Atmosferdeki CO₂, sera etkisi adı verilen bir yolla güneş ışınını tutarak yeryüzünün ısınmasında önemli bir rol oynar. Sera etkisi, doğal bir ısınma sürecidir. CO₂ ve belirli bazı gazlar atmosferde sürekli olarak bulunurlar. Bu gazlar, tıpkı seraların camları gibi Dünya'nın gerekli olan sıcaklığının korunmasını sağlarlar. Sera etkisinin ortaya çıkma nedenlerinin yaklaşık % 77'si fosil yakıt kökenli, % 23'ü ise orman alanlarının yok edilmesi ve orman, mera ve tarım alanlarının yanlış kullanımı şeklinde açıklanmaktadır. En başta ormanlar, doğada atmosfere hızlı bir şekilde salınamayan atmosferik CO₂ gazını yakalayarak ve depolayarak karbon depolamasına büyük katkı

sağlamaktadır (Jacobs ve ark. 2009). CO₂, CH₄, ve N₂O en çok bilinen sera gazlarıdır. Fosil yakıtları kullanılarak üretilmek istenen enerji, endüstriyel faaliyetler (kireç ve çimento üretimi, azot ve soda sanayi, kimyasal madde üretimi, metal sanayi, gıda sanayi vb.) arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, ormansızlaşma, mera alanlarındaki baskılar, fabrika ve evsel atıklar (sanayi, kentsel, tarımsal) gibi faaliyetler sonucu atmosfere başta CO₂ olmak üzere CH₄, N₂O, NO_x, NMVOC, SO₂ gazları karışmaktadır. Doğrudan etki gösteren sera gazlarının konsantrasyonu ve değişim oranları (Tablo 1)'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Sera gazlarının sanayi devrimi öncesinden günümüze kadar konsantrasyonları, değişim oranları ve atmosferik ömürleri (Babuş, 2005; URL-1; URL-2).

Sera Gazları	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC11
Atmosferik Birikim Birimi	(Ppm)	(Ppb)	(Ppb)	(Ppt)
Sanayi Öncesi (1750-1800)	280	700	275	0
1990 Yılındaki	353			268
1994 Yılındaki	358	1720	312	
2011 Yılındaki	391			
2013 Yılındaki (Mayıs)	400			
2017 Yılındaki (Ocak)	406,77			
Yıllık Değişim (birikim)	1,5-2-3-3,5	10	0,8	0
Yıllık Değişim (yüzde)	0,4	0,6	0,25	0
Atmosferik Ömrü (yıl)	50-200	12	120	50
Hacim Olarak Ppm: Milyonda bir birim, Ppb: Milyarda bir birim, Ppt: Trilyonda bir birim				

Tablo 1'de görüldüğü üzere atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu sanayi devriminden itibaren 2011 yılına kadar yıllık değişim oranı 1,5-2 ppm arasında iken 2011 yılında 391 ppm olarak hesaplanmıştır. 2013 yılı Mayıs ayında ise CO₂ konsantrasyonu 400 ppm'e ulaşmış ve yıllık değişim oranı 3-3,5 ppm'i bulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucu 2016 ile 2017 Ocak ayları karşılaştırıldığında (2016 Ocak 402,64 ppm- 2017 Ocak 406,07 ppm) yıllık 3,43 ppm'lik bir artış olduğu saptanmıştır (URL-2). CO₂ konsantrasyonu üzerine yapılan projeksiyonlar sonucunda 2100 yılında atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun 800 ppm ile 1060 ppm arasında olacağı ve buna bağlı olarak sıcaklığın 4 °C artacağı tahmin edilmektedir (URL-3).

Tablo 1'de görüldüğü gibi, sera etkisi üzerinde en büyük pay CO₂'e aittir. Araştırmalar sonucu son 20 yıldan fazlaca bir süredir CO₂ yoğunluğundaki artışın en büyük sebepleri arasında insan faaliyetleri gelmektedir. Bundan da anlaşılacağı üzere CO₂ mevcut olan sera gazlarından iklim değişikliğindeki payı en çok olan gazdır. CO₂

miktarındaki bu hızlı artışın büyük çoğunluğu fosil yakıtlarının kullanımı ile açıklanırken, % 10-30'luk kısmı ise arazi kullanımında meydana gelen değişiklikler, mera alanlarının yanlış kullanımı ve ormansızlaşma gibi sebeplerden kaynaklandığı belirtilmektedir (IPCC, 2001). Nordhaus (1991)'un iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının etki oranları ile emisyon kaynaklarına ait yapmış olduğu araştırması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Sera gazları etki oranları ve emisyon kaynakları (Nordhaus, 1991).

Sera Gazları	Etki Oranları (%)	Emisyon Kaynağı
Karbondioksit	53,2	Fosil yakıtları
Metan	17,3	Çeşitli tarımsal ve biyolojik
Kloroflorokarbon	21,4	Endüstriyel üretim
Azot Oksitleri	8,1	Enerji ve gübre kullanımı
Toplam	100	

Dünyada, bir kısmı doğal olarak karşılanan ancak özellikle sanayi devriminin (1850'den sonra) hemen ardından hızı normal boyutların üstüne çıkan bir iklim değişimi söz konusudur. Kısaca küresel iklim değişikliği, son 150 yıl içinde atmosferin doğal yapısında fosil yakıt tüketimi ile doğrudan ya da ormansızlaşmaya varan arazi kullanım değişikliği ile dolaylı yoldan insan etkisiyle oluşan süreç içindeki CO₂ düzeyinin yükselmesiyle iklimde ortaya çıkan değişimlerdir. Bu nedenle iklim değişikliğini önlemenin ya da en azından geciktirmenin tek yolu, atmosfere salınan sera gazlarının miktarını azaltmak ve atmosferden emilen CO₂ tüketimleri ve bağladıkları karbonu çok uzun süre bünyelerinde tutmalarını sağlamak en etkili araç olarak görülmektedir.

Bilimsel gündemi de son yıllarda hayli meşgul eden ve iklim değişikliği ile öne çıkan karbon depolama konusu gün geçtikçe önem kazanmaktadır. İklim değişikliğini azaltılmasında en büyük katkıyı sağlayan bitkiler fotosentez yoluyla insan sağlığı için çok zararlı olan havadaki CO₂ gazını C ve O₂ şeklinde ayırarak O₂ gazını atmosfere serbest bırakmakta ve karbonu bünyesinde tutmaktadırlar.

İklim değişikliğinin engellenmesinin en önemli çözüm yollarından biri havadaki serbest CO₂ gazının azaltılmasıdır. Havadaki CO₂ oranının azaltılmasında ağaçlandırma çalışmalarına daha fazla önem verilmesi ve doğal ormanların bütünlüğünün korunması ile sağlanmaktadır. Fakat bu durumda ne kadar ağaçlandırma yapılması gerektiği sorusu akla gelmektedir. İşte bunun belirlenmesi için mevcut olan

bitkisel kütle depolayıcıları, yani bitkisel kütle miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu bilindiği takdirde ne kadar ağaçlandırma yapılması gerektiği sorusu da net bir şekilde cevaplanmış olacaktır.

Karbon birikimini saptamaya yönelik çalışmalarda öncelikle orman ve mera alanlarında fotosentez yoluyla oluşan bitkisel kütle miktarları belirlenerek daha sonra bu kütle içindeki karbon miktarları belirlenmektedir. Ormanlardaki karbon birikimi orman alanlar üzerindeki bitkisel kütle miktarının ağaç türleri itibariyle dağılımına ve bunların fırın kurusu haline dönüştürülmüş ağırlıklarına dayanılarak hesaplanmaktadır. Günümüze kadar orman ekosistemlerindeki karbon miktarının belirlenmesinde Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land Use Change and Forestry- LULUCF) kılavuzundan yararlanılmıştır. LULUCF kılavuzunda, orman ekosistemindeki canlı biyokütleyle ait karbon havuzlarında yıllık karbon stok değişimleri çeşitli denklemler ve faktörler yardımıyla belirlenmiştir (Anonim, 2006). Son yıllarda ise bu kılavuzdaki denklemler dışında doğrudan biyokütle ve karbon depolama kapasitesinin bulunmasına yönelik bazı çalışmalar başlatılmıştır.

Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun değişiminde yeryüzünde bulunan karbon yutak alanları önemli rol oynamaktadırlar. Karbon yutak alanlarına en iyi örnekler ise karasal ekosistem üzerindeki orman, mera ve tarım alanları gösterilmektedir (IPCC, 2000). Bu yutak alanların ormancılık, mera ve tarımsal uygulamalarla geliştirilmesi ile bu alanların karbon depolama kapasiteleri önemli derece de arttırılmış olacaktır. Ancak, bu arazi kullanım şekillerine karar verme aşamasında bazı sosyal ve çevresel faktörler etkili olabilir.

Biyokütle miktarını en çok etkileyen doğal etmenlerin başında yağış ve sıcaklık faktörleri gelmektedir (Hielkema ve ark. 1986; Nicholson ve ark. 1990; Tucker ve ark. 1991; Clenton ve ark. 1999; Duplessis, 1999; Wang ve ark. 2001). Bu iki etken bitkilerin fotosentez, solunum ve terleme gibi biyolojik ve fizyolojik faaliyetlerini olumlu veya olumsuz yönde etkileyerek orman ve meraların biyokütle üretim miktarını belirlemektedir.

Orman ekosistemleri içerisinde mevcut olan biyokütle ve karbon miktarlarını en iyi şekilde hesaplanmasında bazı zorluklar ve halen çözülemeyen belirsizlikler vardır (Lowe ve ark. 2000; Clark ve ark. 2001; IPCC, 2003; Jenkins ve ark. 2004; Baker ve

ark. 2004; Nakakaawa ve ark. 2011). Orman alanları içerisinde biyokütleyi belirlemek için kullanılan en kolay ve en iyi yaklaşım amenajman planları içerisinde yer alan envanter verilerinin kullanılmasıdır (Birdsey, 1992; Brown ve ark. 1999; Brown, 2002). Ancak bu envanter verileri o alanın içerisinde bulunan karbon miktarını belirlemek için değil, mevcut ormanların sahip oldukları servet miktarlarını (yapılış yılı itibariyle) ve meşcere bazında yıllık meydana gelebilecek artım miktarlarını göstermek için yapılmaktadır (Van Camp ve ark. 2004; Jalkanen ve ark. 2005).

Biyokütle çalışmaların ülkelerin geniş alanlarını kaplayan orman ve mera alanlarında gerçekleştirilmesi hem zaman hem de ekonomik açıdan oldukça külfetlidir. Bu durumda uzaktan algılama yöntemleri alternatif bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uzaktan algılama verileri, yer yüzeyinden yayılan ve yansıtılan elektromanyetik enerjinin uydu ve uçaklardaki algılayıcılar tarafından kayıt edilmesiyle sağlanmaktadır. Alınan kayıtlar algılama alanındaki cisimlere ve özelliklere göre saptanmaktadır. Çünkü su, bitki, toprak, kayalar ve benzeri örtü türleri ve diğer olgular enerjiyi yapılarındaki atomik ve moleküler değişikliklere bağlı olarak farklı ve kendilerine özgün bir biçimde yayarlar ve yansıtırlar. Bu özellik cisimlerin uzaktan algılama sistemleri ile araştırılması, haritalandırılması ve gözlenmesini mümkün kılmaktadır (Koyuncu, 1994).

Uzaktan algılama yöntemleri ile daha hızlı ve düşük maliyetli çalışmalar gerçekleştirilerek meraların, ormanların ve tarım alanlarının bitkisel özelliklerinin ve dağılım alanlarının belirlenmesi ve izlenmesi gelişen teknoloji ile mümkün hale gelmiştir. Uzaktan algılama ile elde edilen veriler mera ve orman verimliliğinin belirlenmesinde, biyokütle tahminlerinin yapılmasında ve karbon tutma kapasitelerinin izlenmesinde son yıllarda çok sık olarak kullanılmaktadır (Reeves ve ark. 2001). Uzaktan algılama yöntemi ile biyokütle tahmininde, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları geniş alanların ve ulaşımı zor olan mera ve orman sahalarının gözlenmesi için iyi birer veri girdisidir. Ayrıca ülkemiz yüksek rakımlı olduğu kadar da girintili çıkıntılı ve dolayısıyla fazla eğimli bir arazi yapısına sahip olup, dik eğimli ve çok girintili çıkıntılı olan arazi ülkenin yarısından fazlasını kapsamaktadır. Ülkemizde eğimi % 20'nin üzerinde bulunan alanlar ülke yüz ölçümünün % 61'ini,

eğimi % 40'ın üzerinde bulunan alanlar ise ülke yzlmnn % 45'ini oluşturmaktadır (Uzunsoy ve ark. 1985). Böyle çalışılması zor bir yapıya sahip olan yerlerde uzaktan algılama yönteminin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

1.2 Tez Organizasyonu

Bu alışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde konunun anlam ve öneminden ve konuyla alakalı yapılmış olan kaynak çalışmalarından kısaca bahsedilmiştir. İkinci bölümde araştırma alanın genel tanıtımında arazinin coğrafı ve iklim özellikleri, jeolojik yapısı ve bitki örtüsü yer almaktadır. Ayrıca, kullanılan materyaller ve yöntemlerden bahsedilmiştir. nc bölümde araştırma sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde, elde edilen bulguların irdelendiği tartışma bölümü yer almaktadır. Ve son olarak beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler bölümü bulunmaktadır.

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu alışma Artvin, Erzurum ve Bayburt illerindeki bazı mikro havzalarda orman, mera ve tarım alanlarında toprak altı ve toprak üstü biyokütle ve karbon miktarlarının belirlenmesi, uydu görüntüleri ile ilişkilendirilmesi ve modellenmesi için yapılmıştır. Araştırmanın amaçları:

1. Mera alanlarında yersel ölüm ve uydu görüntüleri ile toprak altı ve toprak üstü biyokütle ve karbon miktarlarını belirlemek, bu biyokütle miktarlarına bağlı olarakta toplam karbon miktarlarını hesaplamak. Ayrıca, mera alanlarında toprak organik madde miktarını belirleyerek buna bağlı olarak toprak organik karbonunu hesaplamak,
2. Verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanlarda, envanter verilerinden faydalanılarak toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarlarını belirlemek, bu biyokütle miktarına bağlı olarak toplam karbon miktarını hesaplamak,
3. Tarım alanlarına ait katsayılardan faydalanarak toprak üstü, toprak altı ve toprakta biriken karbon miktarlarını hesaplamak,

4. Bu alanlara ait (mera, orman ve tarım) yıllık net üretim biyokütle ve karbon birikim miktarlarını hesaplamak,
5. Bu alanlara ait Karbon Etkinlik Değerlerini hesaplamak
6. Bu alanların biyokütle ve karbon miktarlarını uydu görüntülerinin yansıma değerlerinden faydalanarak hesaplamak ve çalışma alanına ait karbon dağılım haritalarını yapmak.



1.4 Literatür Çalışması

1.4.1 Yurt İçinde Yapılan Çalışmalar

1.4.1.1 Orman Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliği açısından ve yasal bir zorunluluk olduğundan dolayı ağaçlara ait biyokütle miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Biyokütle miktarının belirlenmesi ormanlarımızın sürdürülebilirliği için ne kadar önemliyse aynı zamanda biyokütle miktarına bağlı olarak orman ekosisteminin karbon depolama kapasitelerini belirlemede o kadar önemlidir. Ormanların biyokütle miktarlarının doğru bir şekilde belirlenmesi üretilen odun miktarı, yapılacak olan silvikültürel müdahale, karbon stok miktarlarının belirlenmesi ve küresel karbon döngüsü açısından önem taşımaktadır (Page ve ark. 2002; Lal, 2005; Kumar ve ark. 2006; Lu, 2006; Ravindranath ve ark. 2008).

Ormanlar, yeryüzündeki karasal toprak üstü biyokütlenin yaklaşık % 80'ini içerir ve önemli karbon havuzlarındandır (Houghton, 2005; Baccini ve ark. 2008).

Birçok araştırmacı, orman ekosistemindeki karbon stokunu tahmin etmek için toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarları için farklı yöntemler kullanırken (Mohren 1987; Dewar 1991; Mery ve ark. 1999; Masera ve ark. 2003; Yavuz ve ark. 2010) bazılarında biyokütle çevirme faktörleri ile bu hesaplamaları yapmaktadırlar (Birdsey 1992; Brown ve ark. 1999; Hu ve ark. 2008; Keleş ve ark. 2012; Kadioğulları ve ark. 2013). Orman envanter verilerine bağlı olarak yapılacak olan biyokütle ve karbon miktarının belirlenmesinde genellikle biyokütle çevirme faktörü (BÇF) kullanılmaktadır (Kauppi ve ark. 1992; Schroeder ve ark. 1997; Brown ve ark. 1999). Mevcut olan biyokütle miktarını belirlemede hacim değerinin biyokütleyeye dönüştürülmesi gerekmektedir. Biyokütleyeye dönüştürme işlemi iki farklı yolla yapılmaktadır.

Birincisi, orman amenajman planının da yer alan envanter verilerindeki gövde hacmi (servet) fırın kurusu ağırlık katsayısı ile çarpılarak gövde biyokütlesi hesaplanmaktadır. Daha sonra biyokütle çevirme faktörü (BÇF) katsayıları kullanılarak gövde

biyokütlesine bağılı olarak dal, yaprak vb. biyokütle miktarları hesaplanarak toplam toprak üstü biyokütle miktarı belirlenmektedir. Toprak altı biyokütle miktarı ise hesaplanan toprak üstü biyokütle miktarının kök/sak oranı (R) ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarları toplanarak toplam biyokütle miktarı hesaplanır (IPPC, 2003; Tolunay, 2011; Tolunay, 2012).

İkinci yöntem ise, Arazi Kullanım, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) kılavuzunda açıklanmıştır (IPCC, 2006). Bu yöntemde, gövde hacmi fırın kurusu ağırlık katsayısı kullanılmadan direk gövde hacmini biyokütleye dönüştürme ve genişletme (BÇGF) katsayıları ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Tarım, Orman ve Diğer Arazi Kullanımında (Agriculture, Forestry and Other Land Use- AFALU) her iklim kuşağı ve ülkeler için toprak altı ve toprak üstü biyokütleyi hesaplamak için katsayılar belirlenmiştir. Ayrıca, farklı ülkelerde yerel ya da bölgesel düzeylerde BÇGF ve BÇF katsayıları belirlenmiştir (Schroeder ve ark. 1997; Brown, 2002; Jenkins ve ark. 2004; Lehtonen ve ark. 2004; Levy ve ark. 2004; Jalkanen ve ark. 2005; Peichl ve ark. 2007; Sabate ve ark. 2008).

Fırın kurusu ağırlık ve biyokütle çevirme faktörleri sabit bir katsayı olup ağaç türlerine göre farklılık göstermesine rağmen aynı ağaç türünde de yetiştirme ortamı özelliklerine, ağaç yaşına ve coğrafi bölgelere göre de büyük farklılıklar göstermektedir (Pettersson ve ark. 2012). İlerleyen zamanlarda yapılacak olan çalışmalarda ağaç yaşı ve yetiştirme ortamı gibi değişkenlerde dikkate alınarak katsayılar belirlenirse biyokütle miktarı daha doğru hesaplanabilecektir (Lehtonen ve ark. 2004).

Orman ekosistemleri, gerek bitki örtüsü gerekse toprak içerisinde büyük miktarda karbon depoladıklarından dolayı sera gazlarının azaltılmasında hayati önem taşımaktadırlar. Orman ekosisteminin devamlılığının sürdürülebilmesi, gelişen dünya ölçütlerinde ormana olan taleplerin artması, ağaçların sadece gövde ve kalın odunu değil tüm ağaç bileşenlerinin (gövde, yaprak, dal, kabuk, kök vb.) en iyi şekilde değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. İşte bu düşünce ve yaklaşım sonucunda ormancılık terminolojisinde “biyokütle” terimi ortaya çıkmıştır.

Saraçoğlu (2008), biyokütleyi şu şekilde tanımlamaktadır “fotosentez ve güneş enerjisinin ağaçlar tarafından organik madde olarak toplandığı ve depolandığı bir ortam” olarak tanımlamıştır.

Brown (1993), ise “ağaçların veya bitkilerin toprak üstü ve toprak altı yaşayan organik madde miktarının fırın kuru ağırlığı” olarak ifade etmiştir. Yine biyokütle, belirli büyüklükteki bir orman alanında ağaç ve ağaççık topluluğunun ağırlığı olarak da tanımlanmaktadır (Saraçoğlu, 1998). Bu biyokütle kavramı ile ilgili verilen tanımlama ve bilgilere bağlı olarak, orman biyokütlesi terimi de bir orman ekosistemi içerisindeki organizmaların miktarını kütle olarak açıklamaktadır (Alemdağ, 1981).

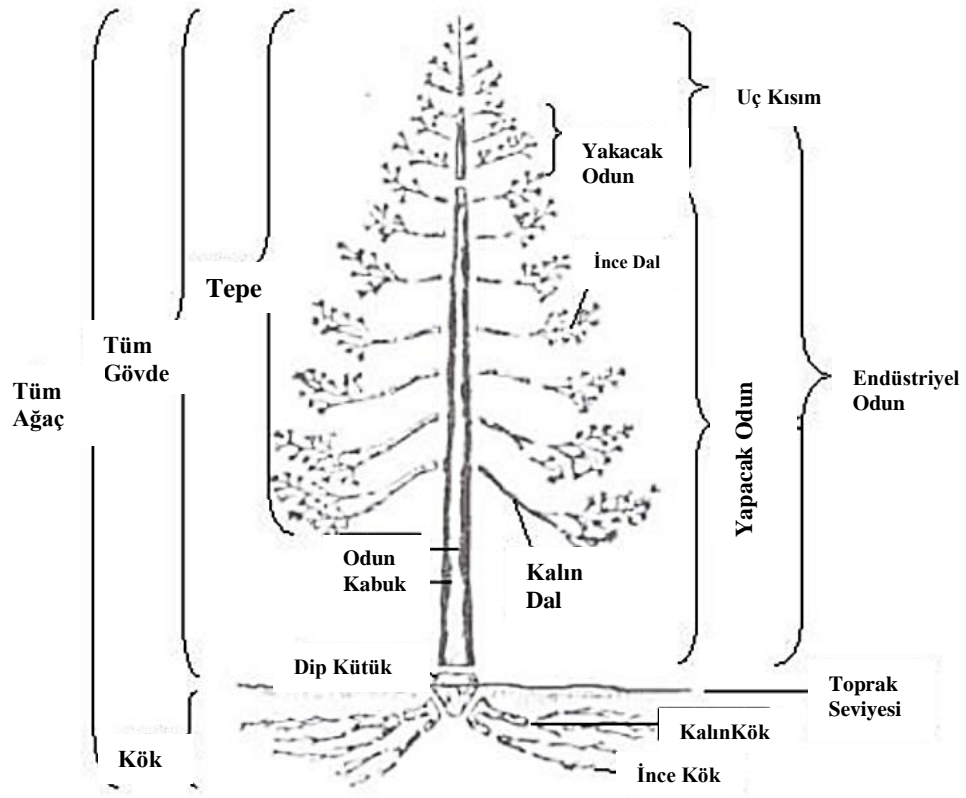
Orman ekosistemlerinin toprak üstü biyokütle ve C depolama için en büyük potansiyeli, genellikle ağaç biyokütle bileşenleridir (kök, dallar ve yapraklar). Toprak üstü ve toprak altı biyokütleye, ölü ve dikili kuru ağaçlar da önemli derecede katkı sağlamaktadırlar (Whittakerand, 1968; Long ve ark. 1975).

Biyokütle miktarı tahminleri genellikle yaş veya fırın kuru ağırlık (kg veya ton) olarak ifade edilse de uygulamada en çok fırın kuru ağırlık değerleri tercih edilmektedir (Saraçoğlu, 1992; Durkaya ve ark. 2008).

Fırın kuru ağırlık miktarının kullanılmasının en önemli nedeni ise, nem miktarının ağaç türlerine, yetişme ortamlarına, kesim zamanlarına ve iklim koşullarına göre değişiklik göstermesidir. Ayrıca, ağaç gövdesinin alt kısmı ile üst kısmı arasında bulunan su miktarlarının farklı olması ve yine ilkbahar ve yaz odunu ile dal odunu ve öz odunu arasında da nem farklılığı olmasıdır (Saraçoğlu, 1992).

Son yıllarda hızlı bir şekilde artan biyokütle çalışmalarındaki temel amaç, yenilenemeyen enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz vb.) yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması konusunda çeşitli veriler elde ederek modeller geliştirmek olmuştur (Alemdağ, 1981). Ormanlar yeşil aksamaları ile güneş enerjisini tutup depolama yaptığından dolayı önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Biyokütle bileşenleri ağaç üzerinde buldukları yere göre toprak üstü (gövde, dal, yaprak ve kabuk) ve toprak altı (ince ve kalın kökler) bileşenler olarak adlandırılırlar. Şekil 1’de bu bileşenlerin ağaç üzerindeki dağılımı verilmiştir.



Şekil 1. Ağaç üzerinde biyokütle bileşenlerinin dağılımı

Dünya'nın birçok yerinde biyokütle ve karbon miktarlarını belirlemek için kullanılacak olan BÇF katsayıları veya denklemler ve modellerle ilgili çok sayıda araştırmalar yapılmaya devam etmesine rağmen Türkiye'de bu tür araştırmalar oldukça yetersizdir (Brown, 1997; Brown ve ark. 1999; Birdsey, 1992; Kurz ve ark. 1993; Krankina ve ark. 1996). Türkiye için yapılan çalışmalardan bir kaçısı şu şekilde özetlenebilir:

Uğurlu ve ark. (1976), Ankara civarında Sarıçam türü için, Sun ve ark. (1980), Antalya yöresinde Kızılcım türü için çalışmalar yapmışlardır.

Saraçoğlu (1998), Doğu Kayını ve Saraçoğlu (2000), Kızılağaç türleri için yapmış olduğu bitkisel kütle tabloları Doğu Karadeniz için yapılacak olan çalışmalarda, Durkaya (1998), tarafından Meşe türünde, İkinci (2000), tarafından Anadolu Kestanesinde ve Çakıl (2008), tarafından Karaçam türleri için yapılan bitkisel kütle tabloları ise sadece Zonguldak yöresindeki çalışmalar için geçerlidir.

Bütün bu yapılan çalışmalar dışında biyokütle için yapılan diğer çalışmaları şu şekilde özetleyebiliriz; Özkaya (2004), Artvin Genya Dağındaki Doğu Ladini ormanlarında, Ünsal (2007), Adana'daki Kızılcım ormanlarında, Atmaca (2008), Erzurum'daki Sarıçam ormanlarında, Çömez (2011), Eskişehir'de Sarıçam ormanlarında regresyon denklemleri oluşturmuştur.

Ülküdür (2010), Antalya Sedir meşcerelerinde, Karabürk (2011), Bartın'da Gökmar meşcerelerinde tek ağaç ve hektardaki bileşenlerin yaş ve fırın kurusu ağırlıklarını belirleyerek biyokütle tabloları düzenlemiştir.

Türkiye de bazı ağaç türleri için belirlenmiş olan fırın kurusu ağırlık (FKA) ve biyokütle çevirme faktörleri (BÇF) Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Türkiye'deki bazı ağaç türleri için geliştirilmiş biyokütle çevirme faktörleri ve fırın kurusu ağırlıkları.

	Fırın Kurusu	Biyokütle Çevirme	
Sarıçam	0.426	1.243	Uğurlu (1976)
Sarıçam		1.198	Atmaca (2008)
Sarıçam		1.263	Tolunay (2009, 2010b)
Sarıçam		1.279	Çömez (2011)
Kızılcım	0.478	1.225	Sun ve ark. (1980)
Kızılcım		1.349	Ünsal (2007)
Karaçam	0.470	1.071	Çakıl (2008)
Ladin	0.358	1.132	Özkaya (2004)
Meşe	0.570	1.324	Durkaya (1998)
Kayın	0.530	1.228	Saraçoğlu (2000)
Anadolu Kestanesi	0.400	1.320	İkinci (2000)
Adi Kızılağaç	0.407	1.103	Saraçoğlu (1998)
Fıstık Çamı	0.470		Erten ve Sözen (1997a)
Sedir	0.430		As ve ark. (2001)

Yapılan bu çalışmalar sadece belirli bölgeler için yapıldığından dolayı yetersiz kalmaktadır. Orman ekosisteminin ve amenajman planlarının düzenlendiği birimlerde biyokütle ve karbon birikiminin hesaplanmasında her ağaç türü için BÇF katsayıları geliştirilmediğinden dolayı biraz daha kaba bir hesaplama ibareli ve geniş yapraklı meşcereler için geliştirilen BÇF katsayıları kullanılmaktadır (Sivrikaya ve ark. 2007; Yolasığmaz ve ark. 2009; Sivrikaya ve ark. 2012; Keleş ve ark. 2012).

İstanbul korularının karbon birikimini ortaya koymak için Asan ve ark. (2002) yapmış oldukları çalışmada ağaç türlerini geniş yapraklı ve iğne yapraklı olmak üzere ikiye

ayırımı ve Türkiye için iğne yapraklı ve geniş yapraklı diye BÇF ve FKA katsayılarını hesaplamışlardır. BÇF katsayıları geniş yapraklı türler için 1.25, ibrelili türler içinse 1.20 ve FKA katsayıları geniş yapraklı türler için 0.640, iğne yapraklı türler içinse 0.473 ile orman envanter verilerinde yer alan servet miktarıyla çarpılmak suretiyle toprak üstü biyokütle miktarları hesaplanmıştır. Bulunmuş olunan toprak üstü biyokütle miktarları da kök/sak (R) oran katsayısı (ibreliler için 0.2, geniş yapraklılar için 0.15) ile çarpılarak toprak altı biyokütle miktarı belirlenmiş ve toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarlarının toplanmasıyla da toplam biyokütle miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam biyokütle miktarını iğne yapraklılarda 0.51, geniş yapraklı ağaçlarda ise 0.48 katsayısı ile çarpılması suretiyle de tutulan karbon miktarı bulunmuştur (Brown, 1997; Asan, 1999; Asan ve ark. 2002).

Global Forest Resources Assessment 2010 Country Report (FRA, 2010)'ta ülkemiz ormanlarındaki toplam karbon miktarı ve yıllık değişimler hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar FRA-2010 kılavuzunda yer verilen teknik prosedüre göre belirlenmiştir. FRA-2010 kılavuzunda LULUCF'e atıf yapılarak toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları belirlenmiş ve karbon dönüştürme katsayısı ile karbona çevrilmesi öngörülmüştür. Ayrıca bu kılavuzda, toprak altı ve toprak üstü karbon miktarları hesaplandıktan sonra, toprak, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki karbon hesaplanarak toplam karbon üzerine eklenmesi istenmektedir. FRA-2010 kılavuzunda yer alan ve biyokütle hesaplamasında kullanılan eşitlikler şunlardır:

$$TÜB: BÇF \times FKA \times AS \quad (1)$$

$$TAB: TÜB \times R \quad (2)$$

$$TB: TÜB \times TAB \quad (3)$$

Formülde; TÜB= Toprak üstü biyokütle (ton), TAB= Toprak altı biyokütle (ton), AS= Ağaç serveti (m³), FKA= Fırın kurusu ağırlık (ton/m³), BÇF= Biyokütle çevirme faktörü, R= Kök/sak oranı (TAB/TÜB) ve TB= Toplam biyokütle (ton) ifade etmektedir.

Bu kılavuzda her ülkenin kendi katsayılarını kullanması öngörülmüştür. GPG-LULUCF kılavuzunda Türkiye için belirtilmiş olan katsayılar ise; FKA katsayıları ibrelili türler için 0.496, geniş yapraklı türler için 0.638 ve BÇF katsayıları ibrelili türler için 1.22, geniş yapraklı türler için 1.24 olarak dikkate alınmıştır. Toprak altı biyokütle

miktarını belirlemek içinse FRA-2010 kılavuzunun ek tablosunda (Ek. 5.3 No.lu) Türkiye iklim kuşağı ve ormanlarda bulunan ortalama servet miktarı dikkate alınarak; geniş yapraklı verimli ormanlar için 0.24, geniş yapraklı boşluklu kapalı ormanlar için: 0.46, ibrelili verimli ormanlar için: 0.29 ve ibrelili boşluklu kapalı ormanlar için: 0.40 olarak hesaplanması gerektiği öngörülmüştür.

Türkiye’de karasal ekosistemlerde depolanan karbon miktarının belirlenmesine yönelik henüz yeterli sayıda çalışma yapılmamıştır. Fakat ekosistemin değişik bölümlerinde depolanan karbon miktarının belirlenmesiyle ilgili yapılmış çeşitli araştırmalar mevcuttur. Bunlardan bazıları şu şekilde özetlenebilir:

Kantarcı (1979), Bolu- Aladağlar’da Uludağ göknarı meşcerelerinde yaptığı araştırmada, ölü örtüde depolan karbon miktarının 10,5- 13 ton/ha, toprakta depolanan karbonun ise 89,9- 139,3 ton/ha arasında değiştiğini bildirmektedir.

Kantarcı (1992), tarafından yapılan çalışmada sahil çamı ağaçlandırma alanlarında yapılan toprak işleme hem biyokütleyi hem de toprak karbon stoğu ile bazı toprak özelliklerini de etkilediğini ortaya koymuştur.

Asan (1995), Türkiye ormanlarının atmosferden emdiği karbondioksit miktarının 1960 yılında 70 milyon ton iken 1995 yılında 79,5 milyon tona çıktığını bildirmektedir.

Tolunay (1997), Bolu Aladağ’daki sarıçam meşcerelerinde beş yıl süren çalışması sonucunda ölü örtü ağırlıklarının 4,4-20,9 ton/ha, bu ölü örtü içerisinde yanabilen organik madde miktarının 3,7-17,5 ton/ha arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir.

Asan (1999), Türkiye ormanlarındaki karbon stoğunun 875 milyon ton olduğunu, bunun 554 milyon tonunun biyokütleden, 321 milyon tonunun ise orman topraklarında tutulduğunu bildirmiştir.

Mısır ve ark. (2001), Giresun’da saf kayın ormanların da yapmış oldukları çalışmada, karbon depolama miktarını, ağaç bileşeninde ortalama 171,9 ton/ha, ölü örtü bileşeninde 4,1 ton/ha, diri örtü bileşeninde 0,07 ton/ha, tüm toprak üstünde ise 176 ton/ha olarak belirlemişlerdir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2002), Gümüşhane Torul yöresindeki yalancı akasya meşcerelerinde biyokütle çalışmalarında bulunmuş ve çap ile toprak üstü biyokütle arasında ilişkiyi bir denklem ile ortaya koymuşlardır.

Tüfekçioğlu ve ark. (2004), Artvin’de, doğu ladini ve doğu kayını meşcerelerinde kök biyoması ve karbon depolamasını incelemişler, güney bakıldaki kök kütlelerinin kuzey bakılara oranla daha fazla olduğunu saptamışlardır.

Tüfekçioğlu ve ark. (2005), Artvin’de, genç kayın meşcerelerinde aralamanın üretim, kök kütlesi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada araştırmacılar, aralamanın şiddeti arttıkça kılcal kök kütlelerinin azaldığını belirlemişlerdir.

Özdemir ve ark. (2007), tarafından Antalya Düzlerçamı’ndaki kızılçam ormanlarının biyokütle miktarlarını Quickbird uydu verileri kullanılarak gövde hacminden tahmin etmeye çalışmışlardır. Regresyon analizleri sonucu hesaplanan korelasyon analizleri sonucu Quickbird görüntüsünden elde edilen poligonlara ait ortalama parlaklık değerleri ile gövde hacmi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki çıkmadığını belirtmişlerdir.

Güner ve ark. (2010), Artvin- Murgul’da yapmış oldukları çalışmada, yalancı akasya ağaçlandırmalarında karbon stoklarını belirlemişlerdir.

Ülkemizde ormancılık açısından yapılan birçok çalışmada: kök çalışmalarının kolay olmaması, zor ve zaman alıcı olması, nedenlerinden dolayı daha çok toprak üstü biyokütle çalışmaları yapılmıştır (Tüfekçioğlu ve ark. 2002). Ancak bilinmelidir ki, karbon depolama konusunda ağacın toprak üstü kısımları kadar toprak altı kök kısımları da oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu eksikliğin giderilmesi ve bir ağacı toprak üstü ve toprak altı bileşenleri ile birlikte ne kadar karbon depolandığını bulmak için toprak altı kök çalışmalarına da önem verilmesi gerekmektedir.

Kök kütlesi, orman ekosistemlerinde madde dolaşımını anlamada yararlı bilgiler sunan önemli bileşenlerdendir. Kök kütlesi toprak altındaki canlı bitkisel aksamda biriktirilen besin maddeleri hakkında bilgi sunmaktadır. Bitkisel kütle çalışmaları

tarım, orman ve çayır ekosistemlerinden faydalanmanın planlanmasında göz önünde bulundurulması gereken önemli değişkenlerden biridir (Tüfekçioğlu ve ark. 2005a).

Ülkemizde kök kütlesi çalışmaları 2000'li yıllardan sonra yapılmaya başlanmıştır. Tüfekçioğlu ve ark. (2004), Zengin (2010), Kırış (2009), Özbayram (2006), Küçük (2006) vb. toprak altı biyokütle miktarlarını belirlemek için çalışmalar yaparak farklı bitki örtüleri altındaki kök miktarları ile ilgili veriler elde etmişlerdir. Ancak bu çalışmaların büyük bölümü daha çok demir boru yöntemi ile ince ve kılcal kök (kök çapı < 5 mm) konularına yoğunlaşarak yapılmıştır.

Kantarcı (1973), yapmış olduğu çalışmada kök derinliğinin toprak türü, toprak geçirgenliği ve taban suyu ile yakından ilgili olduğunu, Kırış (2009)'ın yapmış olduğu çalışmada ise kalın kök kütlesinin, toprak derinliğine paralel olarak azaldığını belirtmiştir.

Tüfekçioğlu ve ark. (1999), Amerika'da kavaklık alanlarında yaptıkları çalışmada, 35 cm derinliğe kadar açtıkları çukurlardan aldıkları kök kütlelerinin ortalama 6 ton/ha olduğunu belirlemişlerdir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2002), kayın ve ladin meşçerelerinde demir boru yöntemiyle ince ve kılcal kök kütlelerini incelemişler, kılcal (0-2 mm) ve ince (2-5 mm) köklerin toprak organik maddesine karbon girdisi sağladığını ve yetiştirme ortamı verimliliğini doğrudan etkileyen önemli etmenlerden biri olduğunu belirlemişlerdir. Kök (ince ve kalın kök) kütlesinin ladin meşçerelerinde kayın meşçerelerine göre daha fazla olduğunu, güneşli bakıların gölgeli bakılara göre daha fazla kök kütlesine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Belirledikleri kök sınıfları (0-2, 2-5, 5-20 mm) içerisinde en çok kökü 0-2 mm'lik kök sınıfında olduğunu tespit etmişlerdir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2002), Gümüşhane'de yalancı akasya ağaçlandırma alanlarında bitkisel kütle ve bazı toprak özelliklerini belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, toprak üstü ve toprak altı (kalın kökler hariç) biyokütle miktarlarını belirlemişlerdir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2005b), Artvin'de aralama sonucu genç Doğu Kayını meşçeresinde kök kütlesi üzerindeki etkilerini incelemişler ve ince kök kütlesinin aralama ile anlamlı olarak azaldığını bulmuşlardır.

Küçük (2006), genç karaçam meşcerelerinde yaptığı çalışmada ortalama kılcal kök miktarını ormanlık alanda 8,05 ton/ha, yangın alanlarında 4,95 ton/ha, kontrol alanında ise 5,45 ton/ha olarak bulmuştur. Yaptığı çalışmalarda yangından sonra kılcal kök kütlesinde önemli bir azalış olduğunu bulmuştur. Toplam kök miktarını ise ormanlık alanda 14,4 ton/ha, yangın alanında 9,2 ton/ha, kontrol alanlarında ise 9,5 ton/ha olarak bulmuştur. Yine, Küçük (2006), Kastamonu’da karaçam meşcerelerinde kök kütlesinin değişimlerini incelemiş ve yaşlı meşcerelerde toplam kökü 14,4 ton/ha, genç meşcerede ise 9,5 ton/ha olarak bulmuştur.

Özbayram (2006), yapmış olduğu çalışmada kavaklık, elma bahçesi ve çayırılık alandaki kök miktarlarını belirlemiştir. Buna göre en yüksek kök elma bahçesinde 11,7 ton/ha iken, en düşük kök ise 6,3 ton/ha ile kavaklık alanda bulunmuştur.

Güner ve ark. (2010), Murgul’da 8-10 yaşındaki yalancı akasya ve hemen yanındaki otlak alanlarda yaptığı çalışmalarda akasyalık sahalarda ortalama kılcal kök kütlesi 1,45 ton/ha, çayırılık alanda ise 2,08 ton/ha olarak bulmuşlardır. Bunun sonucunda, çayırılık alanlardaki kök kütlesinin akasyalık alana göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Ortalama hektardaki toprak altı bitkisel kütleyi (kök çapı < 5 mm) 3,74 ton/ha, ortalama toprak üstü bitkisel kütleyi de 10,9 ton/ha olarak bulmuşlardır. Toplam biyokütlenin % 25’inin toprak altında bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Tüfekçioğlu ve ark. (2010)’nın yaptıkları çalışmalarda ise sarıçam meşcerelerinde köklerde ki karbon stoklarının 5,94 ton/ha olduğunu bulmuşlardır.

Zengin (2010), yapmış olduğu çalışmada güneşli bakıdaki kalın kök miktarının (10,8 ton/ha) gölgeli bakıdaki kalın kök (7,5 ton/ha) miktarından fazla olduğunu belirlemiştir.

1.4.1.2 Tarım Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Koçyiğit (2004), tarafından aynı iklim ve toprak koşullarında otlak ve buğday tarlalarında depolanan karbonun ve toprak organik maddesindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla ABD’de yapılan araştırmada, otlak topraklarının buğday

vegetasyonu altındaki topraklara oranla iki kat daha fazla karbon ve azot içerdiği bildirilmektedir.

1.4.1.3 Mera Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Ülkemiz meralarının erken ve aşırı otlatma nedeniyle bitki ile kaplı alan değerleri ve verim güçleri düşmüş, bazı meralar hayvanların yem ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmiştir. Türkiye’de meraların tahmini ot verimi 45-120 kg/da arasında değişmektedir (Özüdoğru, 2000). Ortalama 70 kg/da olan ot verimi, dünya ortalamasının yaklaşık 1/3’ü düzeyindedir (Babalık, 2008).

Tükel ve ark. (1987), tarafından Çukurova Üniversitesi kampüsü içerisindeki korunan merada yaptıkları araştırmada; gübre uygulanmayan parsellerdeki kuru ot veriminin yıllara göre 272,3 kg/da ile 146,3 kg/da arasında değiştiğinespit etmişlerdir.

Özkaynak ve ark. (1994), tarafından Konya’da yapılan bir araştırmada, meranın yıllık kuru ot verimi ise 144 kg/da olarak tespit etmişlerdir.

Tükel ve ark. (2001), tarafından İçel ili Çamlıyayla ilçesinde bulunan Sığır yaylasındaki orman içi merada farklı düzeyde otlatma baskısına maruz kalan üç farklı kesimde 2000 yılında yaptıkları araştırmada; en yüksek kuru ot veriminin (292,7 kg/da) orta derecede otlatılan, en düşük kuru ot veriminin ise (103,2 kg/da) ağır otlatılan mera kesiminden elde edildiğini saptamışlardır.

Altın ve ark. (2005), tarafından İstanbul ili Pirinççi köyü doğal merasında yapılan bir çalışmada, ortalama kuru ot verimi 507 kg/da olarak bulmuşlardır.

Uslu (2005), tarafından Kahramanmaraş ili Türkoğlu ilçesi Araplar köyünde bulunan doğal bir merada yapılan araştırmada; kuru ot veriminin mera 128,4 kg/da ile 185,4 kg/da arasında değiştiğini saptamıştır.

Babalık (2008), tarafından Isparta ili sınırları içerisinde bulunan Davraz dağı Kulova Yaylası, Kayı Yaylası ve Kırtepe mevkiinde yer alan meralarda 2004 ve 2006 yılları arasında yürüttüğü çalışmada, otlatılan ve korunan mera kesimlerinin bazı bitki örtüsü ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Meralardaki topraküstü biyokütle (kuru ot verimi) miktarının otlatılan ve korunan mera kesimlerine, yaz ve

sonbahar dönemlerine ve bakılara göre değişimi araştırmış, elde ettiği sonuçların yöre hayvancılığı ile bu alanlarda yapılacak çalışmalara ve planlamalara ışık tutması amaçlanmıştır.

Bilgin (2010), tarafından Artvin ili Ardanuç İlçesi Aydın köyü meralarında yapılan çalışmada, ortalama yaş ot verimi 647,2 kg/da ve ortalama kuru ot verimi 196,67 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Aydın ve ark. (2014), tarafından Mardin ili Derik ilçesinde yer alan mera alanlarında yapmış oldukları çalışmada kuru ot verimini 189,17 kg/da olarak tespit etmişlerdir.

Tüfekçioğlu ve ark (2015), tarafından Artvin ili Yusufeli ilçesindeki mera alanlarında yapılan çalışmada ortalama kuru ot verimi Yüksekoba meralarında 221 kg/da, Bakırtepe meralarında 169 kg/da ve Kılıçkaya meralarında 230 kg/da olarak tespit etmişlerdir.

1.4.1.4 Yıllık Net Biyokütle Üretim Miktarına İlişkin Yapılan Çalışmalar

Tüfekçioğlu ve ark. (2010), tarafından Artvin Bölge Müdürlüğü Merkez İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki Merkez İşletme Şefliği ve Tütüncüler işletme Şefliği ile Erzurum Bölge Müdürlüğü Ardahan İşletme Müdürlüğü sınırları içindeki Yalnızçam ve Ölçek İşletme Őeflikleri sınırları içerisinde kalan farklı yaşlardaki sarıçam meşcerelerindeki net kök üretim miktarlarını hesaplamışlardır. Toplam net kök üretim miktarı 1. yaş 1,2 ton/ha, 2. yaş 2,304 ton/ha, 3. yaş 1,887 ton/ha, 4. yaş 1092 ton/ha ve 5. yaş 4,627 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

FAO verilerine göre ise ölkemizde canlı ağaçlardaki yıllık net karbon birikimi 7,9 milyon ton/yıl kadardır (FAO, 2011). Türkiye sera gazları envanterinde ise bu değer 2011 yılında 14,23 milyon ton/yıl olarak verilmiştir.

Tolunay ve ark. (2013), tarafından yapılan bir araştırmada stok değişimi yöntemine göre canlı ağaçlarda 2002-2012 yılları arasında ortalama yıllık net karbon birikimi 8,43 milyon ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Kazanç-kayıp yöntemine göre ise 2011 yılındaki net karbon birikimi 7,9 ton/yıl olarak bulunmuştur.

1.4.1.5 Toprak Karbonuna İlişkin Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de değişik ormanlarda açılan 1159 adet toprak çukurunda topraktaki organik karbon stoğunun 0,8-448 t/ha arasında değiştiği, ağırlıklı ortalamasının ise 77,8 t/ha olduğu belirlenmiştir (Tolunay ve ark. 2008).

İbrelili ormanlardaki toprak organik karbon miktarını belirlemek için yapılan çalışmalar sonucunda sarıçam orman toprağında 78 ton/ha (Çepel ve ark. 1977; Tolunay, 1992; Tolunay, 1997; Tolunay, 2004; Çelik, 2006; Güner, 2006), karaçam orman toprağında 71,6 ton/ha (Kantarıcı, 1979a; Eruz, 1984; Sevgi, 2003; Özkan, 2003; Karatepe, 2004; Çelik, 2006), sedir toprağında 85,7 ton/ha (Özkan, 2003; Başaran ve ark. 2008), ardıç toprağında 64,4 ton/ha (Özkan, 2003; Çelik, 2006; Başaran ve ark. 2008), ladin toprağında 82 ton/ha (Kalay, 1989; Altun, 1995), uludağ göknarı toprağında 101,8 ton/ha (Kantarıcı, 1979), kızılçam toprağında 77,1 ton/ha (Duran, 1991; Çelik, 2006) ve toros göknarı toprağında 82,6 ton/ha (Özkan, 2003) olarak hesapladıklarını belirtmişlerdir.

Geniş yapraklı ormanlardaki toprak organik karbon miktarını belirlemek için yapılan çalışmalar sonucunda meşe toprağında 82,3 ton/ha (Kantarıcı, 1974; Özhan, 1977; Kantarıcı, 1979a; Eruz, 1980; Kantarıcı, 1983; Karaöz, 1988; Sevgi, 1993; Makineci, 1999; Kara, 2002; Özkan, 2003; Çelik, 2006; Başaran ve ark. 2008), kayın toprağında 77,9 ton/ha (Özhan, 1977; Kantarıcı, 1979a; Eruz, 1980; Karaöz, 1988; Sevgi, 1993; Kara, 2002), maki ve funda toprağında 78,3 ton/ha (Özkan, 2003; Başaran ve ark. 2008), aliç toprağında 26,9 ton/ha (Özkan, 2003), gürgen toprağında 115,1 ton/ha (Makinacı, 1999), ihlamur toprağında 113,3 ton/ha (Makinacı, 1999), kestane toprağında 85,9 ton/ha (Makinacı, 1999), sığla toprağında 126,6 ton/ha (Duran, 1991) olarak hesapladıklarını belirtmişlerdir.

İbrelili karışık ormanlarda toprak organik karbon miktarını belirlemek için yapılan çalışmalar sonucunda sedir-ardıç toprağında 71,5 ton/ha (Özkan, 2003; Başaran ve ark. 2008), karaçam-ardıç toprağında 40,5 ton/ha (Özkan, 2003; Çelik, 2006), göknar-ardıç toprağında 92,8 ton/ha (Özkan, 2003), sedir-karaçam toprağında 50,8 ton/ha (Özkan, 2003), göknar-karaçam toprağında 62,9 ton/ha (Özkan, 2003), karaçam-kızılçam toprağında 64,5 ton/ha (Çelik, 2006), kızılçam-ardıç toprağında 38,8 ton/ha (Çelik,

2006), ladin-gökmar toprağında 42,4 ton/ha (Altun, 1995), sarıçam-karaçam toprağında 73,4 ton/ha (Çelik, 2006) olarak hesapladıklarını belirtmişlerdir.

İbrelili yapraklı karışık ormanlarda toprak organik karbon miktarını belirlemek için yapılan çalışmalar sonucunda karaçam-meşe toprağında 71,5 ton/ha (Özkan, 2003; Çelik, 2006), ladin-kayın toprağında 40 ton/ha (Altun, 1995), meşe-ardıç toprağında 44,7 ton/ha (Özkan, 2003; Çelik, 2006), kızılçam-maki toprağında 100,8 ton/ha (Duran, 1991) ve sığla-meşe-kızılçam toprağında 338,3 ton/ha (Duran, 1991) olarak hesapladıklarını belirtmişlerdir.

Geniş yapraklı karışık ormanlarda toprak organik karbon miktarını belirlemek için yapılan çalışmalar sonucunda meşe-kayın toprağında 157,3 ton/ha (Özhan, 1977; Kantarcı, 1979) ve sığla-meşe toprağında 214,7 ton/ha (Duran, 1991) olarak hesapladıklarını belirtmişlerdir.

Tolunay (1997), Bolu Aladağ'da ki sarıçam ormanlarında yapmış olduğu çalışmada, topraktaki karbon miktarının 40,7-129 ton/ha arasında değişim gösterdiğini, topraklarda ve ölü örtüdeki karbon miktarının yıllara göre nasıl değişiklik gösterdiğini vurgulamıştır.

Mısır ve ark. (2001), saf kayın ormanlarında yapmış oldukları çalışmada toprakta depolanan karbon miktarını ortalama 81,1 ton/ha olduğunu ve 21,4 ton/ha ile 189,3 ton/ha arasında değiştiği bulmuşlardır.

Karatepe (2004), Isparta Gölcük'teki karaçam ormanlarında yapmış olduğu araştırmalarda, toprak organik karbonunu andezit anakayası üzerindeki topraklarda 79,1 ton/ha, Gölcük formasyonu üzerindeki topraklar da ise 12,8 ton/ha olarak bulmuştur.

1.4.2 Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar

1.4.2.1 Orman Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Birçok ülkede orman ekosistemlerinde gerek toprak altı gerekse toprak üstünde depolanan karbon miktarının belirlenmesine yönelik çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Keyes ve ark. (1981), Duglas göknarı için yapmış oldukları çalışmada düşük verimli alanlarda yüksek verimli alanlara göre daha fazla kök biyokütlesi olduğunu bulmuşlardır.

Gower ve ark. (1992), sulanan ve gübrelenen Duglas göknarının daha az kök biyokütlesine sahipken, kontrol alanında olan Duglas göknarlarının daha fazla kök biyokütlesine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Roy ve ark. (1996), tarafından Hindistan'da Madhav doğal parkı içerisinde yapılan çalışmada, farklı arazi kullanım şekillerinden ve farklı yaş, boy, tür ve yükseltilerden deneme alanları olarak bu alanlardaki biyokütle miktarlarını belirlemişler, daha sonra uydu görüntüleri yardımıyla bütün doğal park alanının biyokütle ve karbon haritalarını oluşturmuşlardır.

Millikin ve ark. (1997), Nevada'da kök kütlesine (kök çapı >2 mm) ilişkin yaptığı çalışmada 1 m³ çukurlardan aldıkları kök örneklerinin kütlesinin 0,01-0,18 ton arasında değiştiğini ve kök kütlesinin ağacın yaşı, göğüs yüksekliği çapı ve ağaç gövdesi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

Quideau ve ark. (1998)'nin, Los Angeles'te toprak işlemeden 40 yıl sonra çam ve maki topraklarındaki karbon birikimini belirlemek için yaptıkları çalışmaya göre, karbon birikimi 45,5-175,6 ton/ha arasında bulunmuş, makide 0-1 metre derinlikteki mineral topraktaki karbon artışının toprak üstü bitkisel kütlenin % 23-27'si, çam ormanı toprağında ise % 13'ü oranında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Munishi (2001), Tanzania'da orman ekosistemleri üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda Uluguru dağlarındaki orman vejetasyonunda depolanan toplam karbon miktarını 385 ton/ha olarak, Usambara dağında ise 517 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Wang ve ark. (2002), Çin'in kuzeydoğusunda yapmış oldukları çalışmada bitki örtüsü ve toprak envanter verilerinden, bitki örtüsü içerisinde tutulan karbon miktarını ortalama 22,7 ton/ha, toprakta tutulan karbonu da 212,7 ton/ha olarak hesaplamışlardır. Vejetasyon ve toprak içerisinde ki karbonun bulunduğu yere göre değişimler gösterdiği ve bölgesel tahminlerde bu değişimlerin hesaba katılması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Kraenzel ve ark. (2003), Panama'da ağaçlandırma sahalarında yaptıkları araştırmada, toprak üstü ve toprak altı bitkisel kütle miktarını ölçmüşler, göğüs çapı ile bir ağacın toplam karbon miktarı arasında elde ettikleri regresyondan yararlanarak ağaçlandırma alanlarının depoladığı karbon miktarını hesaplamışlardır. Buna göre ağaçlandırma alanında ağaçlarda 120 ton/ha, ölü örtüde 3,4 ton/ha, alt tabakada 2,6 ton/ha ve toprakta ise 225 ton/ha karbon depolandığını bildirmektedirler.

Obrien ve ark. (2003), Güneydoğu Avustralya'da *Eucalyptus regnans* F. Muell ve *Pinus radiata* D. Don ormanlarında yaptıkları araştırmada, karbon konsantrasyonun 50 cm'lik toprak derinliğine kadar genellikle azaldığını, toprak hacim ağırlığının ise arttığını, doğal okaliptüs ormanlarındaki killi balçık topraklarının *Pinus radiata* ağaçlandırmalarındaki kumlu topraklardan daha fazla bir karbon konsantrasyonuna sahip olduğunu bildirmektedirler.

Jaramillo ve ark. (2003), Meksika'da her dem yeşil tropik ormanların otlak alanlarına dönüşümünün kök kütlesine ve karbon depolanmasına etkisini incelemişler; tropik ormanların otlak alanlarına dönüştürülmesi sonucu 1 m derinliğe kadar tropik ormanlarda, toplam kök kütlesinin 19-27 ton/ha, otlak alanlarda ise 3,1-5,4 ton/ha olduğunu; dönüşüm sonucu kökteki karbon birikiminin yaklaşık % 80 azaldığını ve bu kaybın ekosistem bitkisel kütlesinde % 94'lük bir karbon birikim kaybını temsil ettiğini bildirmişlerdir.

Bolte ve ark. (2004), Almanya'da Avrupa kayını ve Norveç ladini karışık meşcerelerinde yaptıkları çalışmada, kalın kök kütlesi (kuru ağırlık) ile göğüs yüzeyi çapı arasında pozitif yönde kuvvetli bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Soethe ve ark. (2004), denizden yüksekliğin kök kütlesine etkisini incelemişler ve yüksekliğin etkisinin düzenli olmayarak, yüksek rakımlarda bulunan kök kütlesinin dolayısıyla da depolanan karbon miktarının düşük rakımlardakinden daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Geudens ve ark. (2004), sıkışık sarıçam gençliğinin kalın köklerini (> 1 mm) incelemişler ve toprak üstü bitkisel kütleyle 7 ton/ha ve kalın kök (> 1 mm) kütlesini 0,9 ton/ha olarak belirlemişlerdir.

Luo ve ark. (2004), subtropikal zondan alpin zona kök kütlesinin değişimini incelemişler ve kök kütlesi yoğunluğunun önemli bir şekilde yükseklikle birlikte azaldığını ve sıcaklık ve/veya yağışın kök kütlesi yayılışını sınırlayan önemli faktörler olduğunu bildirmişlerdir.

Leuschner ve ark. (2004), yağış miktarı ve toprak verimliliğinin ince kök kütlesi üzerine ilişkisini incelemişler; asidik verimsiz ve bazik verimli topraklardaki kayın meşçerelerinde toplam meşçere ince kök kütlesinin ve düşey ince kök yayılışının benzer olduğunu; toprak tipine bakılmaksızın tüm profillerde ince kök yoğunluğunun toprak derinliği ile birlikte azaldığını ve yağış miktarının Kayın meşçerelerinde ince kök kütlesini etkileyen diğer önemli çevresel bir faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Jia ve ark. (2005), serin ve orta kuşak geniş yapraklı orman ekosistemlerindeki karbon miktarlarını belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, toprak üstü biyokütle olarak; canlı ağaçlarda 71,4 ton/ha, ölü ağaçlarda 5,3 ton/ha ve diri örtüde 2,8 ton/ha karbon depolandığını hesaplamışlardır. Yine aynı çalışmada, toprak altı biyokütle olarak; canlı köklerde 19,6 ton/ha, dikili kuru ağaçların köklerinde 1,8 ton/ha, ölü örtüde 15,3 ton/ha ve toprakta ise 318,3 ton/ha karbon depolandığını hesaplamışlardır.

Taylor (2005), Pinus taeda ağaçlandırma sahalarında kalın kök kütlesi miktarının belirlenmesi ile ilgili yaptığı çalışmada, yaşlı Pinus taeda ormanlarında kök kütlesinin çoğunluğunun kalın köklerde olduğunu ve kalın kök kütlesinin toplam bitkisel kütlenin % 19 ile 24 arasında olduğunu belirlemiştir.

Bert ve ark (2006), sahil çamında yaptıkları araştırmada, ağacın çeşitli bölümlerindeki karbon konsantrasyonunun çok farklılıklar gösterdiği, ibrelerin karbon konsantrasyonunun yaşla ya da tepe tacı boyu ile ilişkili olmadığını, sürgünlerde % 53,6, köklerde % 51, tüm ağaçlar da % 53,2 oranında karbon tespit edildiğini, meşçerelerde ise 74 ton/ha karbon bulunduğunu tespit etmişler ve karbon içeriği değerlendirilirken ağacın çeşitli kısımları arasındaki değişimlerinde dikkate alınması gerektiği vurgulamışlardır.

Mei ve ark. (2006), Çin'de kök kütlesine ilişkin yaptığı çalışmada; dışbudak türünde toplam kök kütlesinin 0,016 ton/ha olduğunu ve bu değer % 85'ini canlı köklerin % 15'ini ölü köklerin oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Canlı bitkisel kütlede de kalın

köklerin (5-30 mm çapında) en yüksek yüzdeye (% 69,95) sahip olduğunu, daha sonra sırasıyla kılcal köklerin (< 1 mm çapında) (% 13,53), orta ölçekli köklerin (2-5 mm çapında) (% 7,21), ve ince ölçekli köklerin (1-2 mm çapında) (% 9,31) sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Zahabu (2006a), Tanzanya'daki Usambara doğal ormanlarındaki yeni büyüyen ağaçlar tarafından depolanan karbonu 77 ton/ha olduğunu bulmuştur.

Nosetto ve ark. (2006), Patagonya'da mera alanı olarak tahsis edilmiş ve daha sonra ağaçlandırılmış alanların karbon bağlama olanaklarını araştırmak için yapmış oldukları çalışmada, dikim yapıldıktan on beş yıl sonra meraya göre en az % 50'den daha fazla karbon bağladığını tespit etmişlerdir.

Lin ve ark. (2006), Tayvan'da geniş yapraklı bir ormanda kalın kök kütlesi üzerinde yaptıkları çalışmada kalın kök kütlesinin, toplam ağaç kütlesinin % 13,4- 30,2'sini oluşturduğunu ve toplam kalın kök kütlesinin göğüs yüzeyi ile anlamlı bir ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Kalın kök kütlesinin toplam ağaç bitkisel kütlesinin % 21,9'unu ve toprak üstü bitkisel kütlenin % 28'ini oluşturduğunu bulmuşlardır.

Helmisaari ve ark. (2007), Finlandiya'da Avrupa ladinini ve sarıçam ince kökleri ile ilgili yaptıkları çalışmada Avrupa ladininin ince kök kütlesinin 1,84-3,70 ton/ha, Sarıçam ince kök kütlesinin 1,5-3,9 ton/ha olduğunu bildirmişlerdir. Avrupa ladinini için ibre/ince kök oranının 2,1-6,4 sarıçam için 0,8-2,2 olduğunu, bu oranın her iki ağaç türü için; verimli arazi tiplerinden daha verimsiz arazi tiplerine doğru azaldığı gibi güneyden kuzeye doğru da azalmakta olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Kuzey ve Güneydeki arazilerdeki ormanlarda, ince kök kütlesinin göğüs yüzeyi ile önemli bir şekilde ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

1.4.2.2 Tarım Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Tüfekçioğlu ve ark. (1999), tarafından Iowa'da tarım alanlarında yapılan çalışmada, mısır tarlalarında ince ve kalın kök miktarı 1,3 ton/ha ve soya fasulyesi tarlasında ise ince ve kalın kök miktarı 0,46 ton/ha olarak tespit etmişlerdir.

Turner (2001), ise CO₂'nin % 50'sinin tarımsal faaliyetlere bağlanabileceğini vurgulamıştır.

Lales ve ark. (2001), tarafından Filipinler’de pirinç ve şeker kamışı ekili tarım arazilerinde yaptıkları araştırmalarda toprak üstü biyokütle miktarını pirinçte 3,1 ton/ha ve şeker kamışında ise 13,1 ton/ha olarak hesaplamışlardır.

Tarımsal alanlardaki insan faaliyetleri atmosferdeki CO₂’nin % 25, CH₄’ün % 50 ve NO₂’nin ise % 70 oranında artmasına neden olmuştur (Hutchinson ve ark. 1981, Montzka ve ark. 2011).

Tarım alanları tüm dünyanın yaklaşık % 35’ini kapsamakta (22.2 milyon km²) (Bartholome ve ark. 2000) ve yaklaşık olarak toplam küresel kaynaklı sera gazı emisyonununun % 13.5’ini oluşturmaktadırlar. Arazi kullanımında meydana gelen değişim, yanan bitki artıkları (anız yakma), kalıntılar, toprak işleme uygulamaları ve kimyasal gübrelerin uygulanması gibi unsurlar atmosferdeki karbondioksit içeriğini önemli derecede arttırmaktadır (Lal, 2002).

Tarım alanlarındaki tahıl üretiminin yılda %1.3’lük artış göstermesi gerektiğinden (Cassman ve ark. 2003), buna bağlı olarak da sera gaz emisyonlarının artması beklenmektedir.

Dumanski ve ark. (2004), tarımın ve arazi kullanımının da meydana gelen değişikliklerin sera gazlarında ve özellikle de CO₂ miktarındaki değişime % 20 oranında katkıda bulunduğunu tahmin etmektedirler.

Jarecki ve ark. (2005), Ohio’da mısır tarlasında yapmış olduğu araştırmada 3,8 ton/ha karbon depolandığını tespit etmişlerdir.

Bolinder ve ark. (2007), tarafından Kanada’da mısır tarlasında yapılan bir çalışmada yıllık mısır dane üretiminin 4,5 ton/ha olduğunu bildirmişlerdir.

Jans ve ark. (2010) Hollanda’da tarım alanlarında yapmış oldukları çalışmada ise 5,7 ton/ha karbon olduğunu hesaplamışlardır.

Kutsch ve ark. (2010), hasat zamanının biyokütle ve karbon depolama kapasitelerinde önemli rol oynadığını bildirmiştir.

IPCC (2014), raporuna göre dünya tarım arazisinde toprak altı ve toprak üstünde yaklaşık 11,1 Pg karbon depolanmaktadır. Dünya üzerinde tarım alanlarındaki

biyokütle ve karbon stokları ülkeler arasında belirgin farklılıklar göstermektedir. Dünya üzerinde yaklaşık 20 ülkede tarım arazilerinde biyokütle içerisinde depolanan ortalama karbon miktarında 2000 yılı ile 2010 yılları arasındaki değişim 0,5 Pg'nin üzerindedir. Bu ülkeler içerisinde Brezilya, toplam biyokütle içerisinde en fazla karbon miktarına sahiptir. Brezilya tarımsal alanlarda, 2000 yılında ortalama 26,8 Pg karbon ve 3,7 Pg'lik bir artışla 2010 yılında 30,5 Pg karbon depolamıştır. 2000 yılı itibariyle Endonezya'da 88,3 Pg, Çin'de 12,7 Pg, Hindistan'da 11,2 Pg ve bu 20 ülke arasında tarım alanlarında ortalama biyokütle miktarına bağlı olarak karbon stokunda en son sırada Türkiye yer almaktadır. 2000 yılı itibariyle Türkiye tarım alanlarındaki ortalama karbon miktarı 9 Pg iken 0,6'lık artışla 2010 yılında 9,6 Pg olarak hesaplanmıştır (Zomer ve ark. 2014).

Tarım alanları üzerindeki biyokütle karbonunda iklim bölgelerine göre önemli farklılıklar vardır. Tarım alanlarının çoğunluğu oldukça düşük ve orta dereceli biyokütle karbonuna sahiplerdir: % 79 (17,5 milyon km²)'u < 25 ton/ha ve % 53 (5,7 milyon km²)'ü ise < 10 ton/ha'dır (Zomer ve ark. 2009; Zomer ve ark. 2014).

1.4.2.3 Mera Alanlarında Yapılan Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Biyokütle, meraların otlatma kapasitelerinin ve verimlerinin tespit edilmesi amacıyla kullanılan en önemli mera özelliklerinden biridir. Meraların biyokütlesi yapay ve doğal etmenlerin etkisi altında olup, zamansal ve konumsal değişimler göstermektedir. Mera biyokütlesini en çok etkileyen doğal etmenlerin başında yağış ve sıcaklık faktörleri gelmektedir (Hielkema ve ark. 1986, Nicholson ve ark. 1990, Tucker ve ark. 1991, Clenton ve ark. 1999, DuPlessis 1999, Wang ve ark. 2001). Bu iki etken bitkilerin, fotosentez, soluma ve terleme gibi biyolojik ve fizyolojik faaliyetlerini olumlu veya olumsuz yönde etkileyerek meraların besin üretim miktarını belirlemektedir. Ayrıca, toprak özellikleri ve iklimsel faktörler toprak üstü biyokütle üretimini etkilemektedir.

Küresel anlamda, mera alanları üzerindeki uygulamaları iyileştirmek veya bozulmuş meraların iyileştirilmesi orman ve tarım alanları için yapılan uygulamalar kadar önemlidir. Meralarda biyokütle miktarını karbon içeriğine dönüştürmek için kullanılan katsayı % 50 olarak bulunmuştur (Lales ve ark. 2001).

Meralar hem tropikal hem de ılıman bölgelerde çok geniş alanları kapsayan dünyanın en yaygın vejetasyon tiplerinden biridir. Dünyadaki mera alanları tüm küresel organik karbonun % 15'ini depolar (Körner,2002).

Mera alanlarında aşırı otlatma sonucunda meydana gelen bozulmadan dolayı karbon birikiminde önemli derecede azalma olduğu belirtilmiştir (Stypinski ve ark. 2006).

Dünya üzerinde mera alanları 3,4 milyar hektarlık bir alan kaplamakta ve yaklaşık olarak 343 milyar ton karbon depolamaktadırlar. Mera alanlarında depolanan bu karbon miktarı ormanlarda depolanan karbon miktarından yaklaşık % 50 daha fazladır (FAO, 2010a).

1.4.2.4 Mera Alanlarındaki Toprak Üstü Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Meralarda bulunan toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarı ormana kıyasla az olmasına rağmen, meralarda karbon depolama açısından çok önemlidir. Meraların karbon depolama kapasitelerini belirlemek için yurt dışında birçok çalışma yapılmıştır.

Todd ve ark. (1998), tarafından ABD'nin, Colorado eyaletinde yapılan bir çalışmada otlatılan ve otlatılmayan meraların toprak üstü biyokütelleri spektral indeks yöntemleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Araziden 1 m² kuadratlarda kesilerek kuru ağırlık olarak tespit edilen toprak üstü biyokütle miktarları belirlenmiştir. Otlatılan mera alanları için, biyokütle değerlerinin bütün indekslerle doğrusal bir ilişki içinde olduğu gözlenmiştir. Otlatılmayan alanlarda ise önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. Kırmızı dalga boyu indeksi, biyokütle değişimlerine en hassas indeks olarak bulunmakla beraber, özellikle vejetatif aksamın sararma döneminde toprağın ve kuru maddenin yüksek arka plan etkisinden dolayı bu hassasiyetin azaldığı belirtilmiştir.

Uzaktan algılama ile meraların verimlerinin tespit edilmesi ve izlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışmada (Jianlong ve ark. 1998), yerden yapılan gözlemlerle birlikte uydu verilerinden üretilmiş vejetasyon indeks değerlerinin biyokütle tahminlerinde kullanılabileceği vurgulanmıştır. 6 yıllık bir zaman süreci içinde yapılan biyokütle tahminleri, korelasyon analizleri ile test edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre yeşil bitki verimliliği ile vejetasyon indeks değerleri arasındaki ilişki katsayısı (R^2) 0,67 ve verim tahminlerindeki doğruluk oranı da %75 bulunmuştur.

Delaney (1999)'ın Filipinler'de mera alanlarında yapmış olduğu çalışmada toprak üstü, toprak altı ve toprakta depolanan toplam karbon miktarının 116 ton/ha olduğunu bulmuştur. Toprak/ bitki simülasyon modeli kullanılarak yapılan tahminler sonucu mera ve savanalarda hektarda 417 Pg karbon bulunduğu belirtilmiştir (Sampson ve ark. 1993).

Delaney (1999), Filipinler'de mera alanları için toprak üstü biyokütleyle ait karbon miktarını 50,8 ton/ha, Mills ve ark. (2009), Güney Afrika'nın yarı kurak bölgelerinde toprak üstü karbonunu 2 ton/ha, Lasco ve ark. (2005), Filipinler'de mera alanlarında toprak üstü biyokütleyi 17,2 ton/ha ve % 50 karbon dönüşüm katsayısı ile de toprak üstü karbon miktarını 8,6 ton/ha olarak hesaplamışlardır.

White ve ark. (2000), İskoçya'da yapmış oldukları çalışmada toprak üstü, toprak altı ve toprak içerisinde depolanan toplam karbon miktarının 91-131 ton/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Lales ve ark. (2001), Filipinler'de iki farklı bölgede yapmış oldukları çalışmalarda toprak üstünde depolanan karbon miktarlarını 5,1 ton/ha ve 11,4 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Sequist ve ark. (2003), Batı Afrika Sahel'lerinde yaptıkları çalışmada, meraların biyokütle miktarlarını belirlemek amacıyla Işık Kullanım Etkinliği modelini kullanmışlardır. Yardımcı veri olarak uydu verileri, iklim verileri ve saha çalışmalarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışmada 20 yıllık dönemde her yıl için toplam biyokütle miktarı tespit edilmiş ve biyokütlenin yıllar içi ve yıllar arasındaki değişimi belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre, yağışın az olduğu kurak bölgelerde yıllık toplam biyokütle değerlerinin oldukça az olduğu, diğer taraftan en yüksek biyokütle değerlerinin de (35 ton/ha) yağışın nispeten fazla olduğu Chad gölünün kuzey bölgelerinde tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Thevathasan ve ark. (2004), Kanada'da mera alanlarında yaptıkları çalışmada toprak üstü biyokütle miktarının üç aylık bir zaman içerisinde 10,9 ton/ha artış gösterdiği, buna bağlı olarak da karbon miktarının 5,4 ton/ha artış yaptığı bulunmuştur.

Kogan ve ark. (2004), Moğolistan'da geniş yer kaplayan ve ülke ekonomisinde önemli bir payı olan meraların mevcut ot verimlerini uzaktan algılama yöntemiyle belirlemeye çalıştığı bir araştırmada, uydu görüntülerinden (NOAA) üretilen vejetasyon sağlık indeksi (VH) verilerinin, mera biyokütlelerinin belirli bir doğrulukta ($R^2=0,65$) tespit edilmesinde, mera vejetasyonunun izlenmesinde ve uygun otlatma planlarının hazırlanmasında kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Lasco ve ark. (2005), tarafından Filipinler'de yaptıkları çalışmada mera ekosistemindeki toprak üstü biyokütle miktarının 20 ton/ha'dan az depolandığını tespit etmişlerdir.

Meraların primer üretimini haritalandırmak, aylık ve yıllık biyokütle üretim miktarlarını tespit etmek ve uzun yıllar değişimlerini belirlemek amacıyla Moğolistan'ın iç bölgelerindeki meralarda yapılan bir başka çalışmada (Brogaard ve ark. 2005), 1982-1999 yılları arasındaki dönemi kapsayan uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indeksi verileri (NDVI) kullanılmıştır.

Wessels ve ark. (2006), Güney Afrika'daki Kruger Ulusal Parkında uzun yıllar (1989-2003) araziden toplanan biyokütle değerleri ve yağış miktarları ile 1 km çözünürlüklü uydu verilerinden üretilmiş vejetasyon indeksi değerleri arasındaki ilişkiyi ayrı ayrı incelemişler ve her vejetatif dönem için uydu verileri üzerinden biyokütle haritaları oluşturmuşlardır. Ortalama biyokütle değerleri, toplam vejetasyon indeksi değerleri ve yağış değerleri arasında kuvvetli ilişkiler bulunmuştur.

Soussana ve ark. (2007), Avrupa'da yapmış oldukları yeşil çim isimli projede mera alanlarında toprak üstü biyokütle içerisinde ortalama 2,4 ton/ha karbon olduğunu bulmuşlardır.

1.4.2.5 Mera Alanlarındaki Toprak Altı Biyokütle ve Karbon Çalışmaları

Kök biyokütlesi genellikle toprak derinliğine göre azalış göstermektedir. Dahlman ve ark. (1965) ve Buyanovsky ve ark. (1987), ABD'nin Missori eyaletindeki mera alanlarında yapmış oldukları çalışmalarda kök biyokütlesinin 0-25 cm toprak derinliğinde % 90 ve % 81 ila % 87 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Harris (1973), kök çalışmaları ile ilgili olarak "Her ne kadar yapısal depo ve fizyolojik açıdan aktif organlar olarak köklerin önemi bilinse de, çalışmalarda yaşanan zorluklardan ötürü bugüne kadar ekosistem çalışmalarında ihmal edilmiştir" şeklinde belirtmiştir (Santantonio ve ark. 1977, 1979). 1970'lerden 2000 yılına kadar kökler üzerinde önemli araştırmalar yapılmış olsa da, kök çalışma zorluğu hala en önemli sorun olarak kalmaktadır. Toprak altı biyokütle miktarını belirlemek için uygulanan yöntemler genellikle sıkıcı, zaman alıcı ve zor olmasından dolayı bu tür çalışmalar göz ardı edilmektedir.

Bitkiler arasında rekabetin büyük bir bölümü toprak altında gerçekleşmektedir. Toprak üstünde bitkiler ışık için rekabet ederken, toprak altında ise su ve yirmiye yakın temel besin maddesinin alımı için rekabet içerisindedirler (Casper ve ark. 1997).

Mera bitkilerinin köklerinden toprağa yıllık karbon girdileri ölü örtüden daha fazla veya eşit olabilmektedir (Jackson ve ark. 1997).

Toprak özellikleri köklerin dağılımını etkilemektedirler. Örneğin, derin ve iyi drene edilmiş ve havalandırılmış topraklarda kökler derinlere nüfuz edip ve yaygınlaşırken, ağır ve yetersiz drene topraklarda kök büyümesi kısıtlıdır. Bunun yanında, bitki türü, yaşı, toprak nemi, besin maddesi kullanılabilirliği ve toprak türü gibi faktörlerde kök dağılımını etkilemektedir (Cairns ve ark. 1997).

Mera alanlarındaki toplam yıllık biyokütle (toprak altı ve toprak üstü) üretiminin üçte ikisinden fazlası toprak altında birikmektedir (Körner, 2002). Teorik olarak da, kök biyokütlesi toprağa daha fazla karbon ekleyebilir. Bu nedenle, mera alanlarındaki kök biyokütlesi ile daha fazla karbon tutulacağından toprak verimliliği artırılmış olmaktadır (Lüscher ve ark. 1998; Jones ve ark.1992).

Delaney (1999), tarafından Filipinler'de yapılan çalışmada mera alanlarına ait kök biyokütlesi 10,2 ton/ha olarak bulunmuştur.

Jaramilo ve ark. (2003), Meksika'daki Los Tuxtlas Bölgesinde mera alanlarında yapmış oldukları kök biyokütlesi çalışmalarında 1 metre derinlikteki toplam kök biyokütlesinin 3,1 ila 5,4 ton/ha arasında olduğu tespit edilmiştir.

Mera alanları üzerinde az otlatma olan alanlarda toprak altı biyokütlesindeki karbon içeriğinin otlatmanın fazla olduğu yerlere kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur (Stypinski ve ark. 2005a, 2005b). Ayrıca, toprak özellikleri ve iklimsel faktörler toprak üstü biyokütle üretimini etkilemektedir.

Mills ve ark. (2009), Güney Afrika'da yarı kurak mera alanlarında yapmış oldukları çalışmada kök biyokütlesini 11,4 ton/ha olarak bulmuşlardır.

1.4.2.6 Yıllık Net Biyokütle Üretim Miktarına İlişkin Yapılan Çalışmalar

Biyokütle kapasitelerinin artırılmasında etkin ve sürdürülebilir yöntemler ile biyokütle ürünlerinin en verimli şekilde büyütülmesi, işlenmesi ve kullanılması son derece önemlidir. Biyokütle politikasında sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini anlamak için, farklı arazi kullanım şekillerine (orman, mera, tarım) ve farklı üretim (ağaç, ot veya tarım bitkisi) sistemi üzerindeki net birincil üretim (NPP) miktarlarının en doğru şekilde hesaplanarak kullanılması gerekmektedir. Yıllık net üretim denildiği zaman, toprak üstünde meydana gelen biyokütle artışı ile daha fazla üretim, büyüme ve daha fazla karbon tutumu şeklinde meydana gelmektedir. Toprak altında ise meydana gelen yıllık biyokütle artışı ile hem ağaç veya bitki türlerinin toprağa daha sıkı tutunarak erozyon ve toprak taşınım miktarını azaltmakta, hemde kök biyokütlesinin çürüyerek toprağa karışması ile toprak organik karbon miktarını artırıcı bir etkiye sahiptir (Post ve ark. 2000).

Yıllık net üretim (NÜ) miktarının tahmini bize hem toprak altı hem de toprak üstü biyokütle miktarlarının karbona dönüştürülmesi ile arazi özelliklerini belirlememize yardımcı olacaktır. NÜ, net birincil üretim ya da bir yıllık büyüme döneminde bitkiler, ağaçlar veya tarım bitkileri tarafından toprak altına veya toprak üstüne eklenen biyokütle miktarı olarak tanımlanır (Whittaker ve ark. 1968).

Herhangi bir merada veya tarım arazisinde NÜ miktarı yöredeki yağış miktarı ile doğrudan ilişkilidir (Lauenroth ve ark. 1978).

Toprak üstü bitki bileşenlerinin büyüme mevsimi sonunda toprak seviyesinden biçilerek kurutulup tartılması bize toprak üstü biyokütle miktarını ve aynı zamanda da net yıllık üretim miktarını verir. Toprak altı yıllık net üretim miktarı ise vejetasyon

sonunda alınan kök örneği ağırlığından vejetasyon başı alınan kök örneği ağırlığından çıkarılması suretiyle birim zamanda birim alanda birim başına biyokütle miktarı (kg-ton/ha/yıl) olarak hesaplanır. NÜ, ekosistem ölçeğinde iki ana bileşene ayrılarak; toprak üstü net birincil üretim (TÜNÜ, yani bitki atıkları, yapraklar, sürgünler ve çöp) ve toprak altı net üretim (TANÜ, yani kökler) ölçülür. NÜ miktarı genellikle mera ve tarım alanları için (kısa bitki türü olan alanları) hesaplanması orman alanlarına göre daha basit ve kolaydır (Curtis ve ark. 2002; Frank ve ark. 2004; Whittaker ve ark. 1968). Bunun için orman alanlarında NÜ miktarı hesaplaması yapılırken genellikle orman envanter verilerinde yer alan yıllık artım miktarları kullanılır.

Toprak altı ve toprak üstü yıllık net üretim miktarı bitki gelişimi ile alakalı olduğundan çok sayıda dış faktörden etkilenmektedir (Kleemola, 1996). Bu dış faktörler sadece arazi kullanımları (Genard ve ark. 2008) ile sınırlı olmayıp bunun yanında iklim farklılıkları (Rademacher, 2004; Zheng ve ark. 2004), toprak yapısı, tekstürü, bitki besin maddesi varlığı ve bitki türleri de etkilemektedir (Rogers ve ark. 1996).

Yıllık net üretim miktarında ki değişiklikler (1) arazi kullanım değişikliği (2) alan üzerindeki bitki türü (ağaç, ot veya tarım bitkisi) (3) kimyasal girdiler (4) otlatma kapasitesi, toprak işleme, diğer biyofiziksel kontroller (yağış ve bitki besin maddesi varlığı) doğal ekosistemi etkilemektedir. Genel olarak, yıllık net biyokütle üretim miktarı büyük ölçüde arazi üzerindeki bitki türü çeşitliliğine bağlıdır (Robertson ve ark. 2008, 2011).

Sala (2008)'ya göre, küresel ölçekte meralardaki yıllık net üretimi etkileyen dört ana sebep vardır; arazi kullanım değişikliği, iklim değişikliği, atmosferik bileşimdeki değişiklikler ve biyolojik çeşitlikteki değişikliklerdir. Bunlardan karbon döngüsüne etkisi en fazla olan arazi kullanımında meydana gelen değişimdir (Sala, 2008).

Orman ekosistemlerinde, toprak altı net biyokütle üretimi hesaplanırken genellikle 2 mm'den kalın köklerin karbon döngüsünde önemli bir yer teşkil ettiği kabul edilmektedir (IPCC, 2003). Çünkü kök çapı kök ömrü ile ilişkili olduğundan dolayı kalın kökler yıllarca üretimine devam ederken ince kökler hızlı bir şekilde çürüyerek döngüye katılmaktadırlar (Hendrick ve ark. 1992; Hendrick ve ark. 1993; Hendrick ve ark. 1993; Hendrick ve ark. 2006; Gill ve ark. 2000; Pregitzer ve ark. 2002; Joslin ve ark. 2006).

İnce köklerin kısa ömürleri ve hızlı bir şekilde dönüşümlerinden dolayı yıllık net ince kök üretimi toprak üstü biyokütlesi ile orantılı şekilde artış göstermemektedir (Persson, 1983; Vogt ve ark. 1986; Raich ve ark. 1989; Ostonen ve ark. 2005). Fakat bu kökler topraktan su ve besin maddesi alımını sağlamaktadırlar. Birçok araştırma, ince köklerin meralardaki besin maddesi döngüsünü büyük ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir. Örneğin, ince kökler mera alanları için önemli bir kaynak oluşturur ve parçalanması ile azot hızlı bir şekilde toprağa girer (Steinaker ve ark. 2005; Fornara ve ark. 2008).

Hopkins (1965b, 1965c, 1966,1970), Nijerya'da ormanlık alanda yapmış olduğu çalışmalarda toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini 6,8 ton/ha olarak tahmin etmiştir.

Whitman ve ark. (1971, 1972), tarafından ABD'nin Kuzey Dakota eyaletinde otlatma yapılan ve yapılmayan meralardaki toprak altı ve toprak üstü yıllık net biyokütle üretimleri hesaplanmıştır. Otlatma yapılmış yerlerdeki toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimi sırasıyla 3 ton/ha ve 9,6 ton/ha, otlatma yapılmayan yerlerdeki toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimi ise sırasıyla 3,5 ton/ha ve 9,3 ton/ha olarak ölçülmüştür.

Hulett ve ark. (1971), ABD'nin Kansas eyaletinde mera alanlarında yapmış oldukları çalışmada, otlatma yapılmış yerlerdeki toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimi sırasıyla 3,6 ton/ha ve 10,6 ton/ha, otlatma yapılmayan yerlerdeki toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimi ise sırasıyla 3,7 ton/ha ve 8,6 ton/ha olarak ölçülmüştür.

Daubenmire ve ark. (1972b), tarafından Kosta Rika ormanlarında yapılan araştırmada, toprak üstü yıllık net biyokütle miktarı iki yöntemle tahmin edilmiştir. Birinci yöntemde, maksimum toprak üstü dikili biyokütle (canlı dikili biyokütle ve ölü madde toplamı) yöntemine göre 9,7 ton/ha, ikinci yöntemde ise çalışma süresi içerisinde aylık ölçümlerin toplamı olarak 13,9 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda toprak altı biyokütle miktarının belirlenmesi için vejetasyon dönemi sonunda yapılan ölçüm de 0-20 cm derinlikte 12,2 ton/ha ve 0-100 cm derinlikte ise 22,5 ton/ha olarak bulunmuştur.

Coupland (1973a, 1973b, 1974a, 1974b), Kanada ormanlarında yapmış oldukları çalışmada toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimleri sırasıyla 3,6 ton/ha ve 6 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Wallentinus (1973), İsveç ormanlarında yapmış olduğu çalışmada toprak üstü yıllık net biyokütle üretiminin 3,2 ton/ha ile 4,3 ton/ha arasında değiştiğini bildirmiştir.

Singh ve ark. (1974), Hindistan ormanlarında yapmış oldukları çalışmada, toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini 24,1 ton/ha, toprak altı yıllık net biyokütle üretimini 11,3 ton/ha ve toplam yıllık net biyokütle üretimini ise 35,4 ton/ha olarak bulmuşlardır. Ayrıca, toprak altı ve toprak üstü yıllık net biyokütle üretiminde mevsimsel değişiklikler sonucunda yağışlı mevsim boyunca toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini maksimum 17,1 ton/ha ve kuru kış mevsiminde ise toprak altı yıllık net biyokütle üretimini 7,9 ton/ha olarak hesaplamışlardır.

Kanada'da yapılan diğer bir çalışmada toplam toprak üstü biyokütle miktarı 26,4 ton/ha ve yıllık net biyokütle üretimi ise 3,4 ton/ha olarak bulunmuştur (Rencz, 1976).

Williamson ve ark. (1976), İngiltere'nin Beacon Tepesinde mera alanlarında yapmış oldukları toprak üstü yıllık net üretim miktarına ait çalışmada toprak üstü biyokütle miktarına çeşitli yöntemlerle hesaplanmıştır. Buna göre; canlı biyokütlerdeki yıllık artış 3,3 ton/ha, maksimum canlı biyokütle (kuru madde ağırlığı) 3,6 ton/ha, maksimum canlı biyokütle ve ölü biyokütle toplamı 7,7 ton/ha olarak ölçülmüştür. Yıllık net toprak üstü karbon birikimi ise toplam biyokütlenin 0,45 karbon dönüştürme katsayısı ile çarpılarak 3,1 ton/ha olarak tahmin edilmiştir.

Sims ve ark. (1978)'nin yine ılıman bölgelerde yapmış oldukları çalışmada bu oranın % 24 ile % 87 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Christie ve ark. (1978, 1979), tarafından Avustralya'da yapılan çalışmada, vejetasyon dönemi sonunda doğal meralarda 1,2 ton/ha, sonradan oluşturulmuş meralarda ise 1,5 ton/ha toprak üstü yıllık net biyokütle üretimi bulunmuştur. Toprak altı biyokütle miktarları ise doğal meralarda 1,1 ton/ha ve sonradan oluşturulmuş meralarda ise 4 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Menaut ve ark. (1979), tarafından Afrika ormanlarında yapılan çalışma sonucunda, yıllık net biyokütle üretimi 21,5 ton/ha olarak bulunmuş ve bunun (13,2 ton/ha) % 61'inin toprak altı yıllık net biyokütle miktarı olduğu bildirilmiştir.

Risser ve ark. (1981), ABD'nin Osage şehrinde ormanlık alanda yapmış oldukları çalışmada toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimi sırasıyla 3,5 ton/ha ve 5,4 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Bertiller (1984), Arjantin ormanlarında yapmış olduğu çalışmada toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini 0,8 ton/ha olarak bulmuştur.

Arjantin ormanlarında yapılan bir diğer çalışmada ise toprak üstü yıllık net biyokütle miktarının 0,2 ila 0,8 ton/ha arasında değiştiğini ortalamanın ise 0,6 ton/ha olduğunu bildirmişlerdir (Sala ve ark. 1988, 1989).

Comeau ve ark. (1989), Kanada'da *Pinus contorta* türü üzerinde yapmış olduğu çalışmada, toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini 3,3 ila 3,5 ton/ha, toprak altı yıllık net biyokütle üretimini ise 4,3 ila 6,3 ton/ha arasında değiştiğini ve toplam yıllık net biyokütle üretimini ise 7,8 ila 9,6 ton/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Aynı yerde yapılan farklı bir çalışmada ise toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretiminin 6,4 ila 7,4 ton/ha ve 4,5 ila 5,5 ton/ha arasında değiştiğini hesaplamışlardır.

Gilmanov ve ark. (1990, 1997), Kazakistan meralarında yapmış olduğu çalışmada toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini 1,4 ton/ha ve toprak altı biyokütle miktarını 17,5 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Defosse ve ark. (1990), tarafından Arjantin ormanlarında yapılan bir çalışmada kış aylarında (Eylül-Mayıs) toprak üstü yıllık net biyokütle üretiminin günlük olarak 0 ila 0,0015 ton/ha ve daha sıcak aylarda ise günlük 0,0022 ila 0,0094 ton/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca yıllık net toprak üstü biyokütle üretimini 0,35 ton/ha bulmuşlardır.

Jose ve ark. (1991), Venezuela'da yanmış ve yanmamış mera alanlarında yapmış oldukları toprak üstü yıllık net biyokütle üretimi çalışmalarında, yanmış alanlarda 7,6 ton/ha, yanmamış alanlarda ise 6,8 ton/ha olarak bulmuşlardır. Yanmamış çayır

alanlarında toplam (toprak altı ve toprak üstü) net biyokütle üretiminin 8,2 ila 13,2 ton/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Garcia ve ark. (1992), Meksika'nın Montecillo kentinde orman alanlarında yapmış oldukları çalışmada, yangın geçirmiş alanlardaki yıllık net toprak üstü biyokütle üretimini 6,7 ton/ha, toprak altı yıllık net biyokütle üretimini ise 10 ton/ha ve toplam yıllık net biyokütle üretimini ise 16,7 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Kinyamario ve ark. (1992), tarafından Kenya'da orman alanlarında yapılan araştırmada toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimi sırasıyla 10 ton/ha ve 8,8 ton/ha olarak bulunmuştur.

Prince ve ark. (1995), ABD'de sekiz farklı eyalette tarım alanlarında ki yıllık net toprak üstü ve toprak altı biyokütle üretimine ait çalışmalar yapmışlardır. Araştırma alanlarında bulunan tarım ürünleri; mısır, soya fasulyesi, sorgum, ayçiçeği, yulaf, arpa, buğday ve ot üretimi yapılan tarım arazilerinden oluşmuştur. 8 eyalete ait yıllık net biyokütle üretimi 2 ton/ha ile 7,6 ton/ha arasında değişmektedir. En yüksek yıllık net biyokütle üretimi 6,5 ila 7,6 ton/ha arasında Kuzey İllinois, İndiana, Güney batı Ohio ve Iowa genelinde hesaplanmıştır. Orta derecede yıllık net biyokütle üretimi 5,5 ton/ha ile 6,5 ton/ha arasında Michigan ve Wisconsin eyaletlerinde hesaplanmış. En düşük yıllık net biyokütle üretimi ise 2 ton/ha ile 5,5 ton/ha arasında geniş alanlara sahip olan Kuzey Dakota, Güney İllinois ve Minnesota eyaletlerinde ölçülmüştür.

Condit ve ark. (1995, 1998, 2001), Panama'da tropikal ormanlarda yapmış oldukları çalışmada envanter verilerinden faydalanarak toprak üstü biyokütle miktarını 274,3 ton/ha ve toprak üstü yıllık net biyokütle üretimini ise 5,5 ton/ha olarak hesaplamışlardır.

Maass ve ark. (1995), Meksika'da 3300 hektarlık tropikal kuru yaprak döken ormanlarda yaptıkları çalışmada toplam yıllık net biyokütle üretiminin 11,2 ton/ha ila 13,5 ton/ha (ortalama 12,1 ton/ha) olarak hesaplamışlardır. Toprak üstü yıllık net biyokütle üretim miktarı ise 6,1 ton/ha ile 8,1 ton/ha (ortalama 6,8 ton/ha) arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Xiao ve ark. (1996), Çin ormanlarında yapmış oldukları çalışmada toprak üstü ve toprak altı yıllık net biyokütle üretimlerini sırasıyla 9,7 ton/ha ve 9,8 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Gilmanov (1997), Güney Türkmenistan'daki Badkhyz Tabiat koruma bölgesinde bulunan mera alanlarında yapmış oldukları toprak üstü ve toprak altı net üretim miktarına ait çalışmada en düşük toprak üstü yıllık net üretimini 1 ton/ha, toprak altı yıllık net üretimini ise 17,5 ton/ha olarak hesaplamıştır.

Linder (1998), İsveç'te Picea abies üzerinde yapmış olduğu çalışmada toplam yıllık net biyokütle üretimini 2,9 ton/ha olarak bulmuştur. Yapılan çalışmada aynı alandaki gübrelenmiş ve sulanmış alanda ise yaklaşık üç kat daha fazla üretim miktarı (9 ton/ha) hesaplanmıştır.

Havas (1999), Finlandiya'da orman alanlarda yapmış olduğu çalışmada toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarlarını sırası ile 101,9 ton/ha ve 37,5 ton/ha olarak tahmin etmişlerdir. Bunlara bağlı olarak net biyokütle üretimlerini ise 4,2 ton/ha ve 0,2 ton/ha olarak bildirmişlerdir.

Morrison ve ark. (2001), Kanada'nın Ontario eyaletinde yapmış oldukları çalışmada doğrudan yıllık biyokütle üretimi hesaplanmamış, ağaç büyümesine ve ağaç biyokütle miktarına göre yıllık net biyokütle üretimleri belirlenmiştir. Farklı yaşlardaki yıllık toprak üstü net biyokütle üretim miktarları; 2,6 ton/ha (0-20 yaş), 2,9 ton/ha (20-30 yaş) ve 0,9 ton/ha (30-65 yaş) olarak hesaplanmıştır. 30-65 yaş arasında ölü örtü miktarını belirlemek için 3 yıl boyunca ölçülen toplam ölü örtü miktarı 3,7 ton/ha olarak bulunmuştur.

Batı Namibya'da yapılan bir çalışmada (Richters, 2005), toprak üstü biyokütlenin hesaplanması ve orta ölçek biyosfer modeli ile biyokütlenin mevsimsel değişiminin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 2000-2003 yıllarını kapsayan MODIS uydu verisi (NDVI), güneş ışığı miktarı ve biyofiziksel dönüşüm faktörü, birincil üretim (primer produktivite) miktarının hesaplanması için model oluşturulmuştur. Bu model ile üretilen sonuçlara göre, dört yıllık dönem içinde çalışma alanının biyokütle miktarında 0,1 ton/ha civarında bir azalma tespit edilmiştir. Bu azalmanın temel sebebi

olarak da bölgede görülen yağış miktarındaki düzensizlikler ve farklılıklar gösterilmiştir.

Hui ve ark. (2006), tarafından ılıman bölgelerdeki mera alanlarında yapmış oldukları çalışmada toprak altı net biyokütle üretiminin net biyokütle üretimine oranının % 40 ile % 86 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Genellikle bu oran savanalarda ve nemli savana ekosistemlerinde küçük fakat soğuk çöl steplerinde ise büyüktür.

Wu ve ark. (2009, 2010)'nın Çin de Tibet meralarında yapmış oldukları çalışmada 20 cm derinlikteki toprak altı net biyokütle üretimini 2008 yılı için 5,9 ton/ha ve 2009 yılı içinse 6 ton/ha olarak bulmuşlardır.

1.4.2.7 Toprak Karbonuna İlişkin Yapılan Çalışmalar

Tiessen ve ark. (1983)'nin yapmış oldukları çalışmada, yoğun tarım işlemesi yapılan arazilerde topraktaki karbon miktarının birçok alanda düşüş gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bir alandaki mevcut karbon miktarının yaklaşık olarak % 70'i toprakta depolanmaktadır (Dixon ve ark. 1994; Schimel, 1995).

Orman toprağı tarım topraklarına göre daha fazla karbon depolamaktadır (Guggenberger ve ark. 1994). Orman toprakları tarım topraklarına oranla daha fazla karbon depoladıkları için artan atmosferik CO₂ konsantrasyonunu düşüreceğinden bu durum gelecekteki küresel karbon döngüsü için önemli olacaktır.

Fisher ve ark. (1994), Kolombiya da farklı bölgelerde yapmış oldukları toprak karbonu çalışmalarında 0-20 cm derinlikte savanalarda 64 ton/ha ve meralarda ise 71,1 ton/ha, 20-40 cm derinlik kademesinde ise savanalarda 42,7 ton/ha ve meralarda 51,9 ton/ha, 40-100 cm ise savanalarda 79,8 ton/ha ve meralarda 114,2 ton/ha karbon depolandığını tespit etmişlerdir.

Dünya toprağı, küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynayan aktif bir karbon havuzudur (Lal, 1995; Melillo ve ark. 1995; Prentice ve ark. 2001).

IPCC, toprak organik karbonunu Arazi Kullanımı ve Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (LULUCF) sektörü için beş ana karbon havuzundan biri olarak görmüştür.

Toprak organik karbonu toprağın 30 cm'lik üst toprağında yoğunlaşmıştır. Bu nedenle insan kaynaklı arazi kullanımında meydana gelebilecek bir değişiklikte kolayca tükenmektedir. Toprak içerisinde karbon miktarının azalması özellikle erozyon şiddeti yüksek olan yerlerde toprağın kolayca parçalanmasından dolayı azalmaktadır. Arazi kullanımı ve toprak yönetimi uygulamaları toprağın organik karbon dinamiğini ve karbon akışını önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Batjes, 1996; Tian ve ark. 1996).

Toprak karbonu karasal karbon havuzunun önemli bir parçasıdır (Lal ve ark. 1997) ve küresel iklim değişikliğinin hafifletilmesinde önemli ölçüde katkıda bulunur (Lal ve ark. 1995; Lal ve ark. 1998; Bajracharya ve ark. 1998a, 1998b; Singh ve ark. 2006).

Delaney (1999), tarafından Filipinler'de yapılan çalışmada mera topraklarında 64,1 ton/ha karbon, Doğu Oregon mera topraklarında yapılan çalışmada ise 91 ton/ha karbon bulunmuştur (Scholefield, 2005; Machado ve ark. 2006).

Orman alanlarının ekilebilir araziye dönüştürülmesi nedeniyle artan CO₂ emisyonu ve azalan metan (CH₄) havuzları küresel bir endişe kaynağı oluşturmaktadır (IPCC, 2000; Lal ve ark. 1997).

Dünya toprağı içerisinde 1 m derinliğe kadar olan kısmında yaklaşık olarak 1500 Gt (1 Gigaton= 10¹⁵ g), 1-2 m arasında ise 900 Gt organik karbon bulunmaktadır (Kirschbaum, 2004). Ancak, arazi kullanımında meydana gelen değişikliklerden dolayı özellikle de gelişmekte olan ülkelerde karbon tutumu açısından topraklarda endişe verici bir durum söz konusudur (IPCC, 2000).

Toprak organik maddesi bitki üretimini ve toprak verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Karbon, mineral yüzeyler üzerindeki topraklarda yada bitki parçaları ile stabilize edilebilir (Jobbagy ve ark. 2000; Schmidt ve ark. 2011).

Toprak organik karbon kaybı sadece mevcut arazide değil aynı zamanda bu arazilerde besin maddelerinin yeraltı sularına sızmasına, su kalitesini tehdit etmeye ve özelliklede otlaklarda ciddi problemler oluşturmaktadır (Di ve ark. 2000). Topraktaki organik C, bitki üretiminin desteklenmesi için besin maddelerini bağlayabilir ve böylece toprak profili boyunca süzülme olasılığını azaltır. Bu nedenle, organik madde yokluğu, yeraltı suyu kaynaklarını kirlenmeye karşı savunmasız bırakır.

Toprak, dünya üzerindeki karbon döngüsünde önemli bir rol oynar ve aynı zamanda dünyanın temel işlevleri de topraktan sağlanmaktadır. Karbon, aynı zamanda toprak kalitesi açısından uygun bir tarımsal ve çevresel göstergedir. Atmosfer yaklaşık 760 Pg karbon içerirken, topraktaki karbon miktarı önemli ölçüde daha yüksektir (1567 - 2011 Pg) (IPCC, 2000; Houghton, 2007). Bu miktarın yaklaşık olarak % 40'ı tarım alanları içerisindeki topraklarda bulunur ve bunun miktarı çiftçiler tarafından belli bir dereceye kadar kontrol edilebilir. Bu da tahmini olarak atmosferik karbonun yaklaşık % 8'i kadardır (IPCC, 2000).

Ekilebilir topraklardaki karbonun içeriği küresel olarak tahmini toplam toprak rezervlerinin % 10'udur (Paustian ve ark. 2000), meralar ise bu miktarın yaklaşık % 30'unu içermektedirler. Tarım alanlarındaki organik madde içeriğindeki değişim, birçok faktörlerin yanı sıra tarımsal kullanıma yönelik arazi kullanımındaki meydana gelen değişim ile belirlenir. Topraktaki karbon miktarı, bitki ve hayvan kalıntısına ve kayıplara (ayrışan materyalden kaynaklanan emisyonlar, erozyon, vb.) ait girdilere bağlıdır.

Doğal ekosistemler de tarım alanlarında meydana gelen toprak işlemlerine bağlı olarak toprakta organik karbon miktarı önemli derecede azalmaktadır (Post ve ark. 2000).

Toprak, bitkilerde depolanan karbonun yaklaşık olarak 2,5-3,0 katı karbon bünyesinde tutmaktadır (Post ve ark. 1990) ve toprakta tutulan CO₂ miktarı atmosferik CO₂'in iki üç katı daha fazladır (Davidson ve ark. 2000).

Dünyada, mera topraklarında yaklaşık 194 milyar ton karbon depolanmaktadır ve bu karbon miktarı dünya topraklarında depolanan karbonun yaklaşık % 8'ine tekabül etmektedir (IPCC, 2001).

Lales ve ark. (2001) ve Lasco ve ark. (2005), ise mera topraklarında bulunan karbonun 12 ila 228 ton/ha arasında değiştiğinin belirtmişlerdir.

Antle ve ark. (2002), 50 yıl boyunca tarım alanı olarak ekilip biçilen bir alandaki karbon stoğunun % 20-50 arasında azaldığını bulmuşlardır.

Toprak karbonu, hem vejetasyon büyümesinde hem de doğal toprak verimliliğinde önemli bir rol oynamaktadır (Condrón ve ark. 2002; Condrón ve ark. 2014; Jobbágy ve ark. 2000; Meersmans ve ark. 2009; Schmidt ve ark. 2011).

Toprağın karbon içeriğindeki olası artış bu iki bileşenle belirlenir ve bu da girişi arttırarak ve/veya kayıpları azaltarak elde edilebilir. Arazi kullanımında meydana gelen bir değişikliğe bağlı olarak potansiyel karbon stoğundaki yıllık değişim, 250-500 kg/ha olarak tahmin edilmektedir (Lal, 2003) ve özellikle tarım arazilerin mera ya da ormana dönüştürülmesinde en büyük karbon depolama oranı ortaya çıkmaktadır (Guo ve ark. 2002).

Toprak içerisindeki karbon içeriği, kök üretimini, organik madde kalitesini, toprak verimliliğini, toprağın nem durumunu önemli derecede etkiler (Metherell, 2003).

Bronson ve ark. (2004), mera alanlarında 0-5 cm toprak derinliğindeki karbon miktarını 6 ton/ha olarak bulmuşlardır.

FAO (2004), tarafından mera topraklarındaki karbon miktarı için yapılan tahmin ise 70 ton/ha olarak bilinmektedir.

Lehtonen (2005), toprakların karbon stoğundaki değişimlerini hesaplamak için dinamik ayrışma modellerine ihtiyaç olduğunu, yaprak ve ibre dökümü ile toprağa önemli ölçüde karbon akışı olduğunu, bu akışın hesaplanabilmesi için yaprak bitkisel kütlelerinin hem miktarının hem de ayrışma hızının belirlenmesi gerektiğini bildirmektedir.

Lal (2005), doğal orman ekosisteminde toprakların çok yüksek bir karbon yoğunluğuna sahip olduğunu, toprak ve bitki örtüsü karbon yoğunluğu oranının enlem derecesi ile arttığını, ormanların tarım arazisine dönüştürülmesinin toprağın karbon stoğunu azalttığını dolayısıyla tarım topraklarının ağaçlandırılması ve mevcut ağaçlandırmaların yöntemiyle toprak organik karbonunun da arttırılabileceğini bildirmektedir.

Toprak karbonu, karbonun yer altında toprak içerisinde depolanmasıdır. Aslında, toprak karbonu miktarı toprak üstü ölü örtü miktarına ve toprak altındaki ince köklerin parçalanmasına bağlıdır (Rasse ve ark. 2006).

Morami ve ark. (2006), yoğun toprak işleme sisteminin uygulanmasından sonra organik madde içeriğinin azaldığını, bazı toprak özelliklerinde değişiklik meydana geldiğini, CO₂ emisyonlarının arttığını ve organik karbon miktarının azaldığını bildirmişlerdir.

Tarım alanlarında uygulanan diğer müdahale türleri de toprak organik madde içeriğinin değişiminde etkilidir. Örneğin, Billings ve ark. (2006), beş yıllık bir gübreleme uygulamasından sonra toprak karbonunun arttığını çalışmalarıyla açıklamışlardır.

Kanada'da Malhi ve ark. (2006), yapmış oldukları çalışmada gübreleme ile birlikte tarım alanlarında ki karbon içeriğinde bir artış olduğunu açıklamışlardır. Gübreleme ile hem toprak üstü hem de toprak altı biyokütle üretimi ve depolanan karbon miktarı arttırmaktadır.

Topraktaki karbon varlığı, su tutma, yüksek kation değişim kapasitesi, bitki besin maddesi alımı sırasında ortaya çıkacak olan pH değişimine karşı yüksek tamponlama kapasitesi vb. gibi daha birçok fiziksel ve kimyasal faydaya sahiptir (Sparling ve ark. 2006).

IPCC'nin Dördüncü Değerlendirme Raporunda Smith ve ark (2007a, 2007b), iyi uygulamalar ile yıllık toprak karbonu miktarının nemli ve kuru çayırılık alanlarda sırasıyla 0,81 ve 0,13 ton/ha artış göstereceğini vurgulamışlardır.

Bitki bünyesinde bulunan karbonun toprak sistemi içerisine geçmesi, toprak içerisindeki makro ve mikro faaliyetlere ve ölü örtünün miktar ve kalitesine bağlıdır (Hairiah ve ark. 2010) ve bitki bünyesi içerisinde bulunan karbon eninde sonunda toprak içerisine geçer (Peterson ve ark. 1998).

Toprağa eklenen bütün organik maddeler aslında fotosentez ile üretilmiş daha sonra mikrobiyal süreçler sonucu karbondioksit (CO₂) olarak atmosfere geri dönmüştür. Schmidt ve ark. (2011), literatürü gözden geçirerek ve toprak organik maddesinin elemental ve izotopik kompozisyonunu kullanarak şunu savunmuşlardır; toprakta depolanan organik bileşiklerin çoğu eklenmiş olan bitki biyokütlesinin mikrobik ürünleridir.

Liu ve ark. (2011)'ya göre toprak organik karbonu olumsuz çevre etkilerini azaltırken, besin maddesi kullanılabilirliğini artırır. Organik karbon eksikliği agregat stabilitesini, nem kullanılabilirliğini ve mikrobiyal aktiviteyi azaltır (Schmidt ve ark. 2011; Six ve ark. 2000).



2 MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

2.1.1 Coğrafi Konum

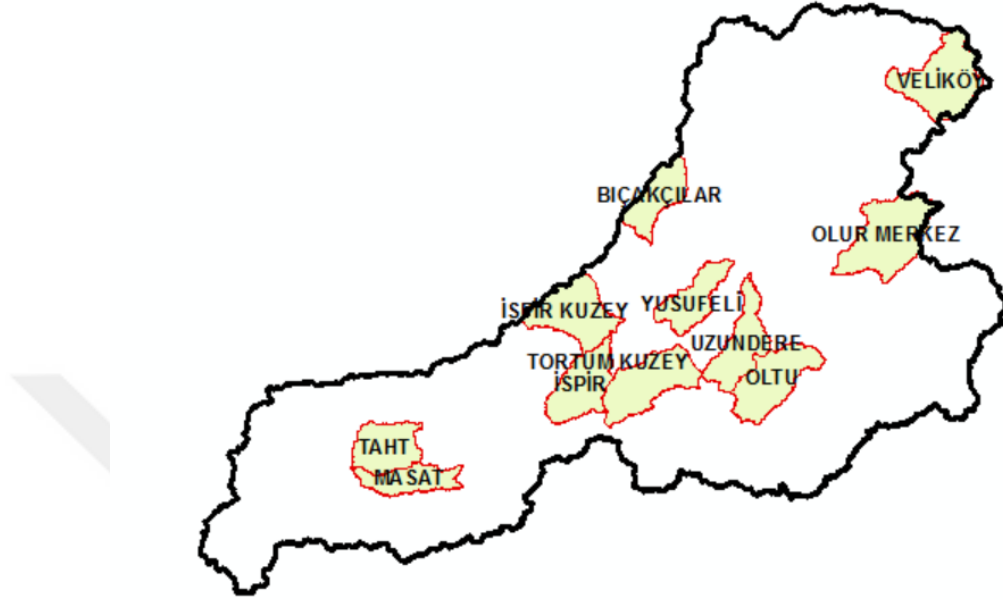
Çoruh havzası ülkemizin kuzeydoğusunda Bayburt, Erzurum ve Artvin illerinin bir bölümünü içine almaktadır. Çoruh nehri havzası Kuzeydoğu Anadolu platosunda bulunmakta ve yaklaşık 2 milyon hektar alanı kapsamaktadır (Şekil 2). Toplam uzunluğu 466 km olup, bunun 442 km'si Türkiye sınırları içerisinde, 24 km'si ise Gürcistan sınırları içerisinde yer almaktadır (URL-4).



Şekil 2. Çoruh havzası haritası

Nehir Türkiye arazisinin % 2,53'üne karşılık gelen 19.748 km³'lük bir havzaya sahiptir ve havza içinde Artvin, Gümüşhane, Erzurum, Kars ve Erzincan illerinin toprakları bulunur. Çoruh nehri havzası içerisinde irili ufaklı toplam 63 adet mikro havza vardır (URL-5). Çalışma alanını oluşturan mikro havzalar Şekil 3'te verilmiştir. Çalışma alanı için; OGM ve JICA işbirliği ile gerçekleşen Çoruh Havzası Rehabilitasyon Projesi kapsamında belirli kriterler göz önünde bulundurularak seçilmiş 11 mikro havzadan oluşmaktadır. Bu mikro havzaların illere göre dağılımı,

Bayburt'ta 2, Artvin'de 3 ve Erzurum'da ise 6 mikro havzadan oluşmuştur. Seçilmiş olan bu mikro havzaların bulunduğu il, enlem ve boylamları Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanını kapsayan mikro havzalar

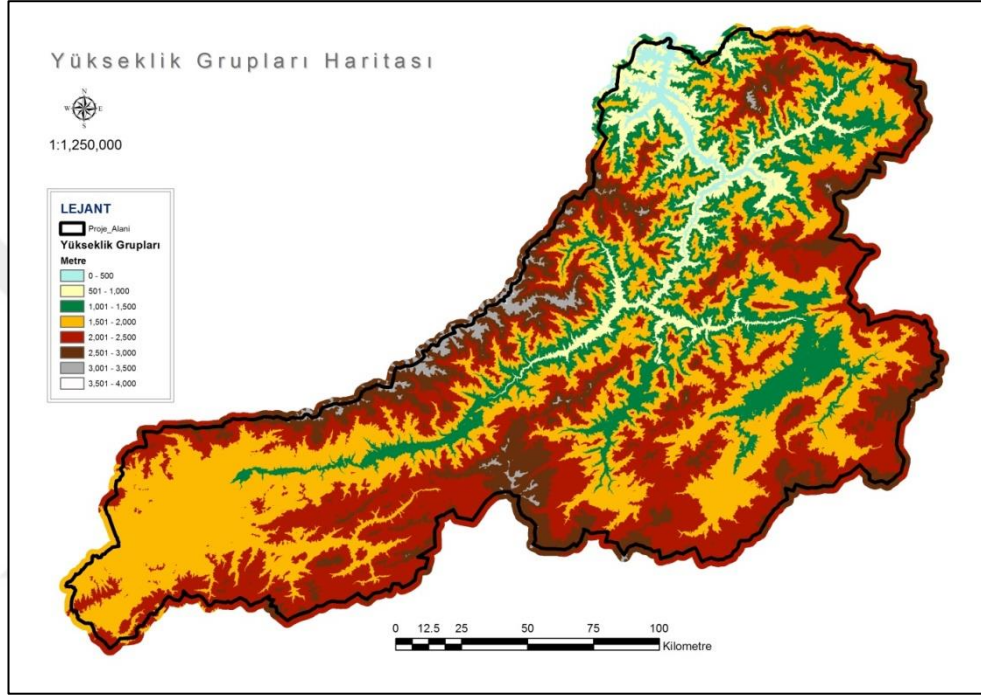
Tablo 4. Çalışma alanlarında bulunan mikro havzaların enlem ve boylamları

Mikro havza adı	İl	Enlem	Boylam
Taht	Bayburt	40° 15' 23"- 40° 23' 12"	40° 13' 23"- 40° 29' 26"
Masat	Bayburt	40° 15' 17"- 40° 11' 12"	40° 13' 25"- 40° 38' 22"
İspir	Erzurum	40° 21' 45"- 40° 37' 35"	40° 55' 47"- 41° 11' 32"
Uzundere	Erzurum	40° 26' 06"- 40° 46' 53"	41° 30' 50"- 41° 44' 10"
Oltu	Erzurum	40° 20' 33"- 40° 58' 55"	40° 36' 21"- 41° 58' 54"
Olur	Erzurum	40° 58' 47"- 40° 44' 32"	42° 00' 41"- 42° 19' 50"
İspir Kuzey	Erzurum	40° 47' 35"- 40° 33' 45"	40° 51' 12"- 41° 14' 28"
Tortum Kuzey	Erzurum	40° 35' 21"- 40° 21' 09"	41° 08' 12"- 41° 31' 12"
Bıçakçılar	Artvin	40° 51' 27"- 41° 06' 49"	41° 12' 58"- 41° 28' 53"
Kılıçkaya	Artvin	40° 36' 12"- 40° 49' 08"	41° 20' 27"- 41° 38' 53"
Veliköy	Artvin	41° 11' 02"- 41° 26' 35"	42° 13' 30"- 42° 34' 12"

2.1.2 Topoğrafik Durumu

Çoruh havzası, Çoruh Nehri'nin kuzey-kuzeydoğu doğrultusunda kalan doğu Karadeniz Dağları ve Çoruh Nehri'nin güneyinde kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan Mescit ve Yalnızçam dağları arasında kalan bir havzadır. Bu dağlar doğu-batı doğrultusunda büyük kubbeleşmelere sahiptir ve

doğuya doğru gittikçe yükselteleri 4000 metrelere ulaşır (URL-6). Çoruh Havzası dağları, Kaçkar Dağları'ndan kuzeye doğru gidildikçe yükseltisini yitirir. Bu dağlık alan çok dar ve derin vadilerle yarılmıştır. Çoruh Nehri de böyle dar ve derin bir vadi içerisinde yer alır. Doğu Karadeniz Dağları zirveleri keskin sırtlar ve sivri tepelerden oluşmaktadır. Çoruh nehri havzasının yükseklik grupları haritası Şekil 4'de verilmektedir.



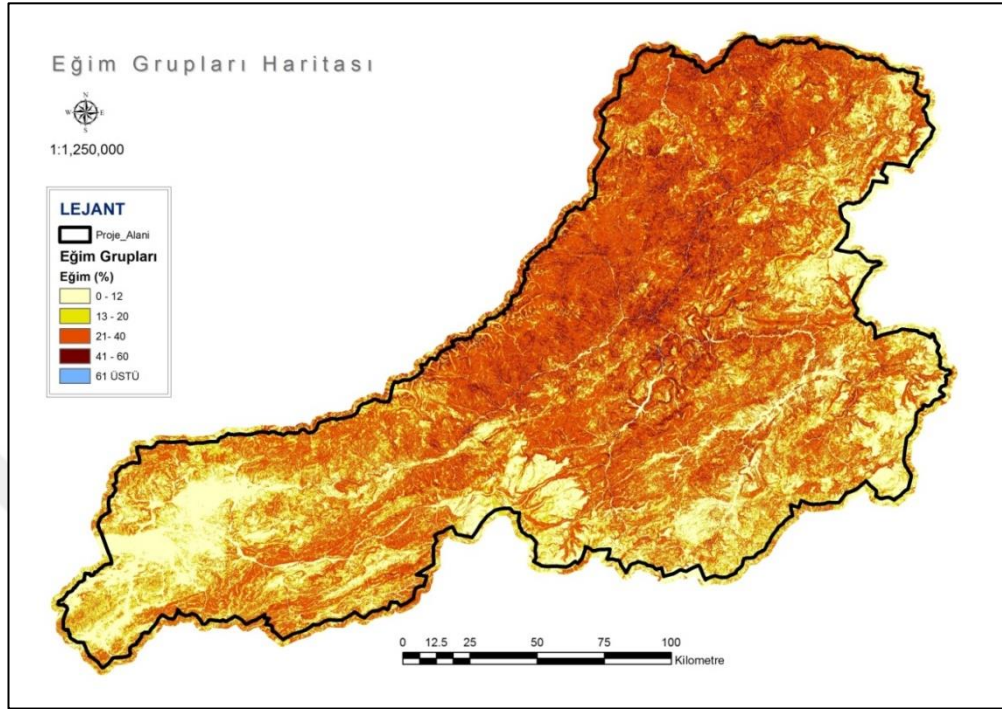
Şekil 4. Çoruh havzası yükseklik grupları haritası

Çalışma alanımızın ortalama eğimleri ve yükselteleri CBS ortamında Sayısal Arazi Modeli (SAM) üzerinden ArcGIS'in eğim analizi aracı ile belirlenmiştir. Çalışma alanımızda bulunan mikro havzaların ortalama yükselteleri Tablo 5'de verilmiştir. Bu durumda ortalama yükselti bakımından Bıçakçılar (2287 m) mikro havzası en yüksek, Kılıçkaya (1547 m) mikro havzası ise en düşük yükseltiye sahiptir.

Tablo 5. Mikro havzaların ortalama yükselti değerleri (m)

	Kılıçkaya	Uzundere	Taht	Veliköy	Oltu	İspir	Masat	Oltu	Tortum Kuzey	Bıçakçılar	İspir Kuzey
Yükselti	1547	1746	1819	1832	1930	1961	2037	2042	2283	2287	2340

Çoruh nehri havzasının eğim grupları haritası Şekil 5 ve çalışma alanımızda bulunan mikro havzaların ortalama eğim yüzdeleri Tablo 6’da verilmiştir.



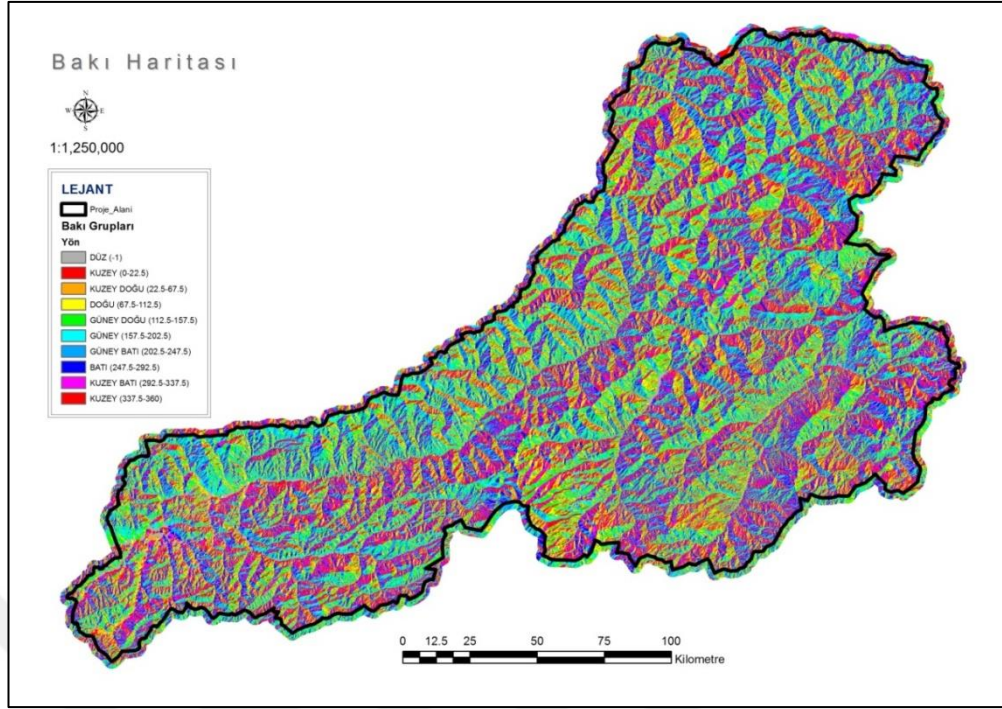
Şekil 5. Çoruh havzası eğim grupları haritası

Çalışma alanımız içerisindeki mikro havzaların ortalama eğim yüzdelerine baktığımız da en yüksek eğim derecesi Bıçakçılar (% 57) mikro havzasında ve en düşük eğim derecesi ise Taht (% 25) mikro havzasında olduğu görülmüştür (Tablo 6).

Tablo 6. Mikro havzaların ortalama eğim değerleri (%)

	Taht	Olur	Veliköy	Oltu	Masat	Tortum Kuzey	İspir	Kılıçkaya	Uzundere	İspir Kuzey	Bıçakçılar
Eğim	25	32	35	37	39	39	41	48	53	56	57

Çoruh nehri havzasının bakı grupları haritası Şekil 6’da verilmiştir. Çalışma alanımız içerisindeki mikro havzaların tamamında güneşli bakılar (güney, güney doğu, güney batı, batı) daha fazladır.



Şekil 6. Çoruh havzası bakı grupları haritası

2.1.3 İklim Özellikleri

Havzanın genel olarak iklim özelliklerinden bahsedecek olursak, arazinin sahip olduğu karakteristik özelliğinden dolayı Karadeniz kıyısından iç kesimlere doğru gidildikçe ılıman iklim özelliğinden karasal iklime doğru geçiş olmaktadır. İç kesimlere doğru gidildikçe aşağı rakımlarda kuraklık artmaktadır. Kıyıdan iç kısımlara doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış hızla azalmakta ve ılıman iklimden karasal iklime geçiş olmaktadır. Çoruh Havzası, Avrupa-Sibirya Flora Bölgesi'nin *Kolşik Bölgesi*'nde yer almaktadır (URL-6). Bununla birlikte iklim özelliklerinin sahip olduğu yerel özellikler dikkate alınırsa özellikle Çoruh Vadisi boyunca 200-600 m. yükseltileri arasında Akdeniz kökenli taksonlara sıkça rastlanmaktadır. Yöredeki orman formasyonları çok nemli ılıman yayvan yapraklı ormanlar (Kızılağaç ormanları, Kestane ormanları, Kayın ormanları), nemli-soğuk iğne yapraklı ormanlar, kurak orman ve çalı formasyonlarıdır.

2.1.4 Jeolojik Yapı

Genel olarak, çalışma alanı çeşitli volkanik kayalar, metamorfik kayalar ve dördüncül maden yataklarından oluşmaktadır. Çalışma alanındaki en yaygın topraklar: bazaltik

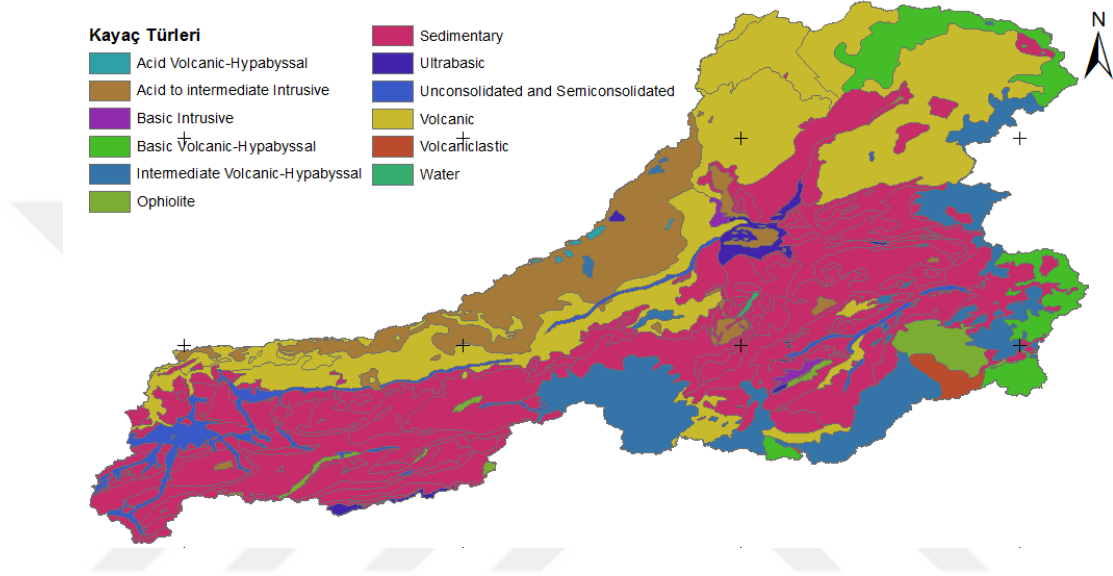
toprak, kahverengi orman toprağı, kahverengi toprak, kestane toprağı ve yüksek dağ otladı toprağıdır. Toprakların çoğu orta ila düşük verimliliğe sahip olmakla beraber özellikle dik yamaçlarda orta veya yüksek erozyon seviyesine sahiptir (URL-5).

Artvin ilinin de içerisinde yer aldığı Doğu Karadeniz bölgesi KETİN- 1966'nın "Pontidler" adı altında ayırdığı tektonik birliğin doğu kesiminde bulunur. Çok geniş anlamda ise; Alpin dağ oluşumuna bağlı olarak Jura-Pliyosen zaman aralığında gelişmiş ada yayı dizisinin bir parçasıdır. Jeolojik evrime bağlı olarak, yörede volkanik kökenli kayaçlar büyük çoğunluğunu oluşturur. Sedimanter kökenli kayaçlar çok az ve genellikle arakatlı şekilde gelişmiştir. Deniz altı volkanizmasının ürünü olan bu volkanik kayaçlar akifer oluşturacak özellikler taşımazlar. Geçirgenlikleri yok denecek kadar azdır (Anonim, 2005a).

Artvin ili'nin en eski formasyonları Paleozoik yaşıdır. Artvin'in kuzeydoğu, doğu ve güneyinde, Yusufeli ilçesine doğru bu yaşı metamorfik seriler mevcuttur. Çoruh nehri yatağında siyah silisli-grafitli şistler içeren kuvars-serisit şistleri bulunmaktadır. Çoruh'un bu kısmında açık renkli, bol mikalı kuvarsitler ve fillitler ile karışık olarak yataklanmış ince taneli siyah kuvarsitlerden oluşmuş başka bir seri yer almaktadır. Yusufeli'nin kuzeyinde kuvarsitik kayaçlar ile birlikte grafit-şistler görülür. Mesozoik formasyonları Çoruh Nehri ve Yusufeli'nin doğusunda il sınırında görölmektedir. Çoruh'un doğusundaki Malm yaşı formasyonlar detritik ve marnlı kalkerlerden oluşmaktadır. Jura-Kretase yaşı seriler ise gre, konglomera ve marnlardan ibarettir (Anonim, 1990). Bu yapılardan marnlar ağır killi toprakları, konglomeralar ise çakıllı kumlu toprakları vermektedir (Kantarıcı, 2000).

Erzurum-Aşkale civarında mesozoyik ve senozoyik yaşı kaya birimleri bulunmaktadır. Oltu, Olur, Yusufeli, Ardanuç, Göle, Şenkaya, Tortum, Uzundere yerleşim merkezleri çevresinde yaklaşık KD-GB doğrultulu yapısal hatlarla sınırlanan çeşitli birliklerin varlığı ortaya konulmuştur. Farklı litostratigrafik özellikler sunan bu birlikler, aralarındaki ortak yönler dikkate alınarak kuzeyden güneye doğru Hopa-Borçka zonu, Artvin-Yusufeli zonu, Olur-Tortum zonu ve Erzurum-Kars zonu olmak üzere dört zon olarak gruplandırılmaktadır. Erzincan Ovasında yaşıldan gence doğru; Mesozoyik kireçtaşları, Neojen kireçtaşları, Neojen karasal ve volkanik kayaçlar ve traverten, (ince taneli killi topraklar oluştururlar) taraça, alüvyon ve alüvyon konileri

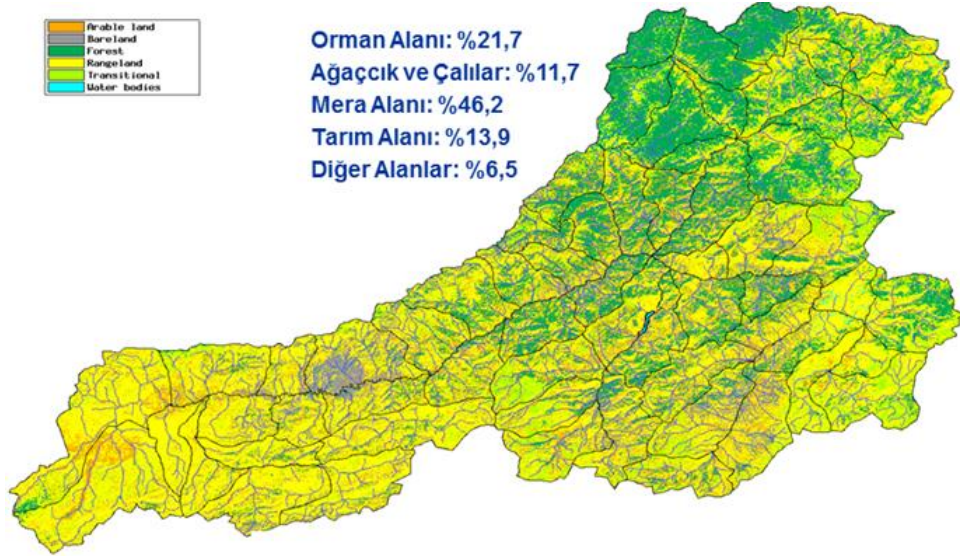
bulunmaktadır. Doğu Pontid güney zonunda yer alan Bayburt yöresinde Paleozoik, Mezozoik ve Tersiyer yaşlı kayaçlar yüzeylenir. Yörede alt Kretase yaşlı kayaçlar derin denizde gelişmiş mikritik kireçtaşlarıyla belirlenir. Bölge Eosen sonu denizden kurtulmuştur (Anonim, 2005b). Çalışma alanının genel jeolojik özellikleri belirlemek için (URL-7) temin edilen 1/500.000 ölçekli sayısal “Geology of the World” haritası Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanına ait jeoloji haritası (URL-7)

2.1.5 Arazi Kullanım Şekilleri

Çoruh Nehri Havzasındaki doğal kaynaklar, dik yamaçlar, sık ve düşük verimlilikte toprak, az yağış, şiddetli ve uzun kışlar gibi arazi-iklim karakteristikleri nedeniyle bozulmuş ve bu bozulma yasa dışı ağaç kesimi, yanlış arazi kullanımı ve aşırı otlatma gibi insan faaliyetleriyle hızlandırılmıştır. Havzadaki şiddetli erozyon sebebiyle, tamamlanmış, inşaatı devam eden ve planlanan baraj rezervuarlarının kısa sürede dolma ve ekonomik ömürlerinin azalması riski güçlü bir şekilde vardır. Çoruh Nehri Havzasında arazi kullanımını gösteren harita Şekil 8’de verilmiştir (URL-5). Şekil 8’de görüldüğü üzere Çoruh nehri havzasının yaklaşık olarak %21,7’si ormanlarla kaplı olduğu görülmektedir. Diğer arazi kullanımları: geçiş evresindeki ağaçlık ve çalılar % 11,7, mera ve çayır alanları % 46,2, ekilebilir tarım alanı % 13,9 ve diğer alanlar % 6,5 şeklindedir (URL-5).



Şekil 8. Çoruh nehri havzası arazi kullanım haritası (URL-5)

Çalışma alanımızdaki mikro havzaların arazi kullanım şekilleri ve toplam büyüklükleri Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7. Çalışma alanlarımıza ait arazi kullanım şekilleri ve büyüklükleri (ha).

Mikro havza Adı	Arazi Kullanım Şekli (ha)								Toplam
	Boşluklu Kapalı Orman	Verimli Orman	Mera	Taşlık	İskan	Tarım	Su		
Taht	1120	1233	14983	1261	284	9522	113	28517	
Masat	3765	4250	9192	1420	221	2511	34	21395	
İspir	4064	2016	14303	2060	269	9205	5	31925	
Uzundere	9317	5130	10783	2122	12,9	3458	38	30864	
Oltu	6275	3866	17235	2456	182	6623	1	36641	
Olur	8771	4965	21323	1858	355	4762	69	42105	
İspir Kuzey	8844	4840,9	10350	12509	207	1543	186	38483	
Tortum Kuzey	5631	1254	24371	2291	45	5739	32	39365	
Bıçakçılar	4424	4842	10998	4348	125	1154	31	25926	
Kılıçkaya	8902	3115	8090	778	128	3380	32	24428	
Veliköy	5704	14468	12670	1463	841	9760	65	44975	
Toplam	66822	49983	154304	32570	2672	57664	610	364627	
%	18,3	13,7	42,3	8,9	0,7	15,8	0,2	100	

Tablo 7’yi incelediğimizde en büyük alana sahip mikro havza 44.975 ha ile Veliköy iken en küçük alana sahip mikro havza ise 21.395 ha ile Masat mikro havzasıdır. Boşluklu kapalı ormanlık alan en fazla Uzundere (9.317 ha) en az ise Taht (1.120 ha) mikro havzalarında; ormanlık alan en fazla Veliköy (14.468 ha) en az ise Taht (1233

ha) mikro havzalarındadır. Mera alanı olarak baktığımızda ise en fazla Olur (21.323 ha), en az ise Kılıçkaya (8.090 ha); tarım alanı olarak ise en fazla alan Veliköy (9760 ha), en az alan ise Bıçakçılar (1.154 ha) mikro havzalarında bulunmaktadır.

Çalışma alanındaki toplam arazi kullanım şekillerine baktığımızda ise % 18,3'ü (66.882 ha) boşluklu kapalı orman, % 13,7'si (49.983,5 ha) orman, % 42,3'ü (15.4304,4 ha) mera, % 8,9'u (32.570,6 ha) taşlık, % 0,7'si (2.672,6 ha) iskan, % 15,8'i (57.664,1 ha) tarım, % 0,2'si (610,4 ha) ise su ile kaplıdır.

2.1.6 Bitki Örtüsü

Araştırma alanları içinde bulunan Artvin; Avrupa Sibiryaya flora bölgesinde bulunmaktadır. Euro-Siberian (Euxine-Colchis) flora alanı Türkiye'nin tüm kuzey kesimlerini (Karadeniz ve İç kesimleri) içermekte olup, doğuda Kafkasya'nın büyük bir bölümü ile Kırım ve Dobrudja dağlarına değin uzanmaktadır. Avrupa - Sibiryaya flora bölgesi Türkiye'deki yayılışında Ordu ili yakınlarındaki Melet ırmağı ile Istranca dağları arası uzanan kesim (Euxine) (Ökşin) bölge ve Melet ırmağının doğusunda (Colchis) (Kolşik) bölge olmak üzere ikiye ayrılır (Anşin, 1983).

Araştırma alanlarından Erzurum, İran- Turan ve Avrupa- Sibiryaya flora alanı üzerinde yer almaktadır. Oldukça zengin bir bitki çeşitliliğine sahiptir. Erzurum ili sınırları içerisinde toplam 89 familyaya mensup 445 cins ve 1.317 tür bulunmaktadır. Bu türlerden 249 âdeti endemiktir (Çimen, 2009).

Artan yükseklikle birlikte ağaç sayısı bu bölgede fazlalaşmakta ve çam, ladin ve göknarlar karışık ormanı oluşturmaktadır. Ormanlar özellikle daha fazla yağış alan kuzey yamaçlar boyunca uzanır. Kırmızı şakayık (*Paeonia L.*) gibi çalılar, Kızamıklar (*Berberis vulgaris*) ve Doğu Kartopları (*Viburnum orientale*) ile topluluklar oluşturur. Bu yüksekliklerde yabancı soğanlara (*Allium sp.*) sıkça rastlanır (URL-8).

Ormanlık alan genellikle Çoruh Nehrinin aşağı ve orta kısımlarında, tüm Berta Nehri havzasının tamamı ve Oltu Nehrinin orta kısmında yer almaktadır. Geçiş evresindeki koru ve çalılık genellikle Çoruh Nehrinin orta ve üst kısımlarında, Tortum ve Oltu Nehirlerinde ve mera ve çayır alanı ise Çoruh Nehrinin yukarı kısımlarını ve Oltu ile

Tortum nehirlerinin büyük bölümünü işgal etmektedir. Çalışma alanındaki doğal bitki örtüsü türleri Tablo 8’de özetlenmiştir.

Tablo 8. Çalışma alanlarındaki doğal bitki örtüsü (Atalay, 2002).

Bitki örtüsü	Tipik	Özellikleri
Kurak orman – çalılık bölge	İspir, Artvin, Savaşat, Oltu, Narman	- Karadeniz’den gelen nem, yeterli güneş ışığı ve topografik yapısı sayesinde bereketli bitki toplulukları ve bitki türleri. Buna ek olarak Akdeniz bölgesine ait türler örneğin, zeytin, dut, nar ve incir de mikroklima şartları sayesinde alçak vadelerde görülebilmektedir. - Dağlık alanlarda ise ibreli türler hakimdir <i>Pinus sylvestris</i> , <i>Abies nordmanniana</i> , <i>Picea orientalis</i> , ve geniş yapraklı türler <i>Fagus sp.</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Alnus sp.</i> <i>Populus nigra</i> yerleşim yerleri, tarım arazisi ve nehir kenarlarında görülmektedir.
Dağ çayır bölgesi	Bayburt, Tortum	-Doğal step bölgesinin yukarı kısımlarında <i>Meşe</i> ormanlarına <i>Ardıç</i> türleri eşlik eder.
Koru orman- antropojenik step bölgesi	Kaçkar ve Yalnızçam Dağları	- Yüksek dağlık alanlarda doğal orman sınırında görülür <i>Festuca violacea</i> gibi türler. - Kayalık sahalarda bitkisel türler 2000 metreyi aşan yüksek rakımda görünür.

Araştırma alanının da içinde bulunduğu Kafkasya, Uluslararası Çevre Koruma Örgütü (CI), Dünya Bankası (WB) ve Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından dünyanın biyolojik çeşitlilik açısından en zengin ve aynı zamanda tehlike altındaki en önemli 25 karasal "Ekolojik Bölge"sinden biri olarak tanımlanmaktadır. Avrupa- Sibirya Floristik Bölgesi'nin "Kolşik" kesiminde yer alan Kafkasya, Batı Avrasya'daki Üçüncü Zaman'a ait ormanların en önemli sığınak ve relik alanıdır. Dünya üzerinde ılıman yaprak döken ormanların Üçüncü Zaman'dan bu yana kesintiye uğramadan varlığını sürdürdüğü bölgedir. Avrupa ile Orta Asya'yı içine alan geniş coğrafyadaki en büyük doğal yaşlı orman ekosistemlerine burada rastlanmaktadır. Kafkasya'nın koruma açısından önemini kabul eden Dünya Doğayı Koruma Vakfı (WWF)'da, Kafkasya'nın ılıman kuşak ormanlarını Dünya üzerinde korumada öncelikli 200 Ekolojik Bölgeden biri olarak ilan etmiştir (WWF ve IUCN,1994).

2.2 Materyal

2.2.1 Meteorolojik Veriler

Çoruh havzası yağış alanı yaklaşık 20 000 km² olup, havzada m² 'ye düşen ortalama yağış miktarı yaklaşık 480 mm, havza su potansiyeli yaklaşık 6,50 milyar m³'tür (Fakıoğlu ve ark. 2009). Araştırma alanı içerisinde bulunan Meteoroloji İstasyonu verileri Tablo 9'da verilmiştir. Havza iklim özelliği itibariyle Bayburt ilinde klasik karasal iklim özelliği gösterirken, nehrin mansap kısımlarında yükseltinin daha düşük olduğu yörelerde Akdeniz iklim özellikleri görülmektedir (Fakıoğlu ve ark. 2009).

Tablo 9. Çalışma alanlarına ait Meteoroloji İstasyonu verileri

Mikro havza adı	Yıllar	Yükselti (m)	Ortalama Yıllık Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)
Taht	1996-2015	1584	481	7,6
Masat	1996-2015	1584	481	7,6
İspir	1995-2015	1222	442	11,4
Uzundere	1984-1992	1300	307,7	10,2
Oltu	1970-2011	1321	282,3	10,3
Olur	1990-2007	1300	439,2	10,2
İspir Kuzey	1995-2015	1222	442	11,4
Tortum Kuzey	1996-2015	1572	278,9	8,9
Bıçakçılar	1950-2015	615	701,8	12,3
Kılıçkaya	1970-2000	601	278,5	14,2
Veliköy	1950-2015	615	701,8	12,3

Araştırma alanı içerisinde yer alan 8 adet meteoroloji istasyonundan yararlanılmıştır. Bıçakçılar ve Veliköy mikro havzaları için Artvin meteoroloji istasyonunu, İspir ve İspir Kuzey mikro havzaları için ise İspir meteoroloji istasyonunu, Taht ve Masat mikro havzaları için Bayburt meteoroloji istasyonu, Yusufeli, Uzundere, Tortum, Oltu ve Olur meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır (Ek Tablo-1). Meteoroloji istasyonlarından elde edilen bu değerlere göre her bir mikro havzadan alınan örnek noktaların yükseltilerine göre yağış ve sıcaklıkları enterpole edilmiştir. Çepel (1998)'in bildirdiğine göre yıllık yağışın her 100 m yükseltide 54 mm arttığı, ortalama sıcaklığın ise her 100 m yükseltide 0,5 °C azaldığı kabul edilmektedir. Buna göre çalışma alanının ortalama toplam yağış miktarı ve ortalama sıcaklık değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanarak Tablo 10'da verilmiştir.

$$Y_h = Y_0 \pm 54 h \quad (4)$$

Formülde; Y_h = Araştırma alanının yağış miktarını (mm), Y_0 = Meteoroloji istasyonunda ölçülen yağış (mm), h = Araştırma alanı rakımı ile meteoroloji istasyonu rakımı farkını (hm) ifade etmektedir.

$$S = S_0 \pm 0,5 h \quad (5)$$

Formülde; S = Araştırma alanının sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), S_0 = Meteoroloji istasyonunda ölçülen sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), h = Araştırma alanı rakımı ile meteoroloji istasyonu rakımı farkını (hm) ifade etmektedir.

Tablo 10. Çalışma alanlarındaki mikro havzaların enterpole edilmiş iklim verileri.

Mikro havza adı	Ortalama Yükselti (m)	Toplam Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Taht	1794	594	6,5
Masat	1872	636	6,2
İspir	1901	809	8
Uzundere	1355	338	9,9
Oltu	1922	607	7,3
Olur	1775	696	7,8
İspir Kuzey	2077	904	7,1
Tortum Kuzey	2158	595	6
Bıçakçılar	1675	1274	7
Kılıçkaya	1784	918	6,5
Veliköy	1797	1340	6,4

Çalışma alanının iklim değerlerinin belirlenmesinde Artvin, İspir, Bayburt, Uzundere, Tortum, Oltu ve Olur meteoroloji istasyonundan alınan veriler kullanılarak ve yükselti ile değişimleri göz önüne alınarak hesaplanan Thornthwaite yöntemine göre su bilançosu tabloları Ek Tablo-2’de ve bu çalışma alanlarına enterpole edilerek hazırlanan Thornthwaite su bilançosu grafikleri Ek Şekil-1’de verilmiştir.

2.2.2 Uydu Verileri

Araştırma alanı içerisindeki mikro havzalara ait arazi örtüsü kullanımını temsil eden tematik harita üretiminde Haziran-Eylül 2011 tarihleri arasında kaydedilen Worldview-2 (WV2) uydu görüntüleri kullanılmıştır. 2009 yılında uzaya fırlatılan 2 m mekânsal çözünürlüklü WV2 uydusu, 11-bit radyometrik çözünürlüğe ve 8 banda (multispectral) sahiptir. Bu bantlar; klasik kırmızı (630-690 nm), yeşil (510-580 nm), mavi (450-510 nm), yakın kızılötesi (770-895 nm), kıyı (400-450nm), sarı (585-625 nm), kırmızı- kenar (705-745 nm) ve ikinci kızıl ötesidir (860- 1040 nm). Uydu

görüntüsü, radyometrik ve atmosferik düzeltmesi yapılmış olarak keskinleştirilmiş (pansharpened=0.50 m) halde temin edilmiştir. Görüntünün geometrik olarak düzeltilmesinde ise UTM koordinat sistemindeki memleket haritalarından ve bölgeye ait yüksek hassasiyetli Sayısal Arazi Modeli'nden (SAM) yararlanılmıştır.

WorldView-2 uydusu aynı bölgeden ortalama 1,1 günlük sürede yeniden geçmektedir. Günlük 975,000 km²'lik alanın görüntüsünü çekebilme özelliğine sahiptir. Digital Globe tarafından Worldview-2 uydusunun yörüngeye yerleştirilmesi yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde yeni bir çağ açarak uydu görüntüleri ile haritacılık uygulamalarını teşvik etmiştir. Worldview-2 uydusu, yüksek doğruluklu fotogrametrik işlemler ve haritacılık uygulamaları için uygun, farklı doğruluk seviyelerinde coğrafi koordinatlandırılmış, ortorektifiye edilmiş ve stereo görüntü ürünlerini içeren geniş bir kategoride mono ve stereo ürünlerini sağlamaktadır (Padwickand, ve ark. 2010; Cheng, ve ark. 2008; DigitalGlobe, 2010). Worldview-2 uydu görüntüleri; harita üretimi, arazi planlaması, afet izleme ve yönetimi, askeri çalışmalar, arazi ve bitki örtüsü değişiklikleri takibi, batimetrik çalışmalar, görselleştirme ve arazi simülasyonu gibi birçok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.2.3 Yazılımlar

Bu çalışmada kullanılan yazılımlar; ArcGIS, SPSS ve Microsoft Ofis programlarıdır. Bu programlar ön işleme, düzeltmeler, hesaplamalar, harita yapımı ve verilerin analizleri için kullanılmıştır.

2.2.4 Amenajman Planları

Çalışma alanımızdaki 11 mikro havza sınırı içerisinde kalan Orman İşletme Şefliğinden temin edilen amenajman planlarının dağılımı ve yapılış yılları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Mikro havza sınırları içerisindeki Orman İşletme Şefliklerinin dağılımı.

Mikro havza Adı	Orman İşletme Şefliği Adı	Plan Dönemi
Taht	Bayburt O.İ.Ş	2015-2034
Masat	Bayburt O.İ.Ş	2015-2034
İspir	İspir O.İ.Ş	2002-2021
Uzundere	Kılıçkaya O.İ.Ş	2010-2029
	Uzundere O.İ.Ş	1998-2017
Oltu	Oltu O.İ.Ş	2015-2034
	Tortum O.İ.Ş	1998-2017
Olur	Olur O.İ.Ş	2015-2034
	Uğurlu O.İ.Ş	2015-2034
İspir Kuzey	Çamlıkaya O.İ.Ş	2002-2021
Tortum Kuzey	Tortum O.İ.Ş	1998-2017
Bıcağçılar	Altıparmak O.İ.Ş	2010-2039
Kılıçkaya	Kılıçkaya O.İ.Ş	2010-2029
Veliköy	Veliköy O.İ.Ş	2013-2032
	Şavşat O.İ.Ş	2013-2032
	Tepebaşı O.İ.Ş	2009-2028
	Akdamla O.İ.Ş	2009-2028

2.3 Yöntem

Çalışma; büro, arazi, deneylik (laboratuvar) ve değerlendirme olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bu aşamaların her birinde yapılan çalışmalar ve çalışmaların dayandırıldığı yöntemler, alt başlıklar halinde açıklanmaya çalışılmıştır.

2.3.1 Büro Çalışmaları

2.3.1.1 Örnek Alanların Seçimi

Örnek alanların seçiminde verimli orman, boşluklu kapalı orman ve tarım alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarlarının hesaplanmasında daha önce yapılmış olan çalışmalarda kullanılan katsayılardan faydalanılacağı için bu alanlarda her hangi bir deneme noktası alınmamıştır.

Mikro havza sınırları içerisinde yer alan mera alanlarındaki toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarlarını belirlemek ve toprak içerisindeki karbon miktarının hesaplanmasında kullanılacak olan verilerin elde edilmesi için deneme noktalarının yerleri katmanlı rasgele örnekleme ile tespit edilmiştir. Buna göre, toprak karbonunu

ve toprak altı toprak üstü biyokütle miktarlarını belirlemek için mikro havzalardan alınan örnek sayıları Tablo 12’de verilmiştir. Toprak örnekleri 0-15 cm ve 15-30 cm olmak üzere iki derinlik kademesinden alınmıştır. Toprak altı biyokütle miktarını belirlemek için tüm mikro havzalardan deneme alanı alınırken (30 cm), toprak üstü biyokütle miktarını belirlemek içinse Uzundere, Oltu, Kılıçkaya ve Bıçakçılar mikro havzalarından deneme alanları seçilmiştir.

Tablo 12. Mikro havzalardan alınan toprak, toprak üstü ve toprak altı biyokütle örnek alan sayıları.

Mikro havza adı	Deneme noktası sayıları			
	Toprak Örneği		Toprak Altı (kök) biyokütle	Toprak üstü biyokütle
	0-15 cm	15-30 cm		
Taht	27	16	21	
Masat	22	22	22	
İspir	29	28	29	
Uzundere	28	17	7	12
Oltu	39	39	39	18
Olur	46	46	44	
İspir Kuzey	43	29	39	
Tortum Kuzey	37	33	20	
Bıçakçılar	25	18	29	12
Kılıçkaya	29	27	16	7
Veliköy	38	28	33	
Toplam	363	303	299	49

2.3.1.2 Ön Bilgilerin Toplanması ve Veri Tabanının Oluşturulması

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalara ait topoğrafik haritalar, Orman Amenajman Planı ve sayısal haritaları, Worldview-2 (2011) uydu görüntüleri elde edilmiştir. Elde edilen bu verilerin bilgisayara aktarılması, depolanması, işlenmesi, çeşitli sorgulama ve analiz işlemlerinin yapılması, noktaların uydu görüntüsü üzerine işlenmesi, harita ve öznitelik verilerinin sunumu bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcGIS Desktop 9.3 yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

2.3.1.3 Yağış Miktarlarına Göre Mikro Havzaların Ayrımı

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalardan alınan deneme noktalarının ortalama yükseklikleri ve almış oldukları yağış ve sıcaklık miktarları Tablo 10’da verilmiştir. Tablo 10’a göre mikro havzalar almış oldukları yağış miktarlarına göre; toplam yıllık yağış miktarı 600 mm’den az olan mikro havzalar, 600-900 mm arasında olanlar,

900-1200 mm arasında olanlar ve 1200 mm'den fazla olan mikro havzalar yağış miktarlarına göre 4'e ayrılmıştır. Yağış miktarlarına göre mikro havzaların dağılımı Tablo 13'de verilmiştir. Yapılan tüm biyokütle ve karbon hesaplamaları, geliştirilen modeller bu yağış miktarlarına göre yapılmıştır.

Tablo 13. Yağış miktarlarına göre mikro havzaların ayrımı.

Yağış Miktarları (mm)			
< 600 mm	600-900 mm	900-1200 mm	>1200 mm
Taht	Masat	İspir Kuzey	Bıçakçılar
Uzundere	İspir	Kılıçkaya	Veliköy
Tortum Kuzey	Oltu		
	Olur		

Yağış miktarlarına göre ayrılan mikro havzalardan Taht, Uzundere ve Tortum Kuzey mikro havzaları 1. Bölge; Masat, İspir, Oltu ve Olur mikro havzaları 2. Bölge; İspir Kuzey ve Kılıçkaya 3. Bölge; Bıçakçılar ve Veliköy mikro havzaları ise 4. Bölge olarak adlandırılmıştır.

2.3.2 Arazi Çalışmaları

Çalışma alanında arazi çalışmaları üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlardan biri toprak organik karbon miktarını belirlemek için 11 mikro havzadan 0-15 cm (363 adet) ve 15-30 cm (303) olmak üzere toplamda 363 deneme noktasından toplam 666 adet toprak örneği alınması; ikinci aşamada ise mera alanlarındaki toprak üstü biyokütle miktarlarını ortaya koymak için Uzundere, Oltu, Kılıçkaya ve Bıçakçılar mikro havzalarından 49 deneme noktasından toprak üstü biyokütle örnekleri ve son olarak 11 mikro havzadan toplam 299 deneme noktasından 1196 adet toprak altı biyokütle örnekleri alınmasıdır.

2.3.2.1 Mera Alanlarında Toprak Örneklerinin Alınması

Çalışma alanı içerisindeki her bir deneme alanından 0-15cm ve 15-30 cm toprak derinlik kademelerinden alınan toprak örnekleri çift naylon torbaya geçirilerek ve etiketlenerek Artvin Çoruh Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Ana Bilim Dalı laboratuvarına getirilmiştir (Şekil 9). Araştırma alanlarındaki örnek alanlardan alınan toprak örnekleri laboratuvarında kâğıt üzerine serilerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen toprak örnekleri, porselen havanda öğütülerek

ve 2 mm'lik elekten geçirildikten sonra naylon torbalara doldurularak analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 9. Araştırma alanındaki toprak örneklemesinden görünüm

2.3.2.2 Meralarda Toprak Üstü Biyokütle Örneklerinin Alınması

Meralarda toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi için çalışma alanı içerisindeki Uzundere, Oltu, Kılıçkaya ve Bıçakçılar mikro havzalarında seçilen deneme noktalarında vejetasyon dönemi başlamadan 1x1 metre boyutlarında tel kafes düzenekleri kurulmuştur (Todd ve ark. 1998) (Şekil 10). Örnekleme alanının seçiminde toprak üstü biyokütle miktarlarını en doğru şekilde tahmin edebilmek için üç farklı yükselti kademesi (1000-1500 m, 1500-2000 m ve 2000-2500 m) ve iki farklı bakı sınıfı (gölgeli ve güneşli) dikkate alınmıştır. Koruma altına alınan bu alanlar vejetasyon dönemi sonunda toprak seviyelerinden biçilerek polietilen torbalar içine konularak Artvin Çoruh Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Ana Bilim Dalı laboratuvarına getirilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 10. Toprak üstü biyokütlenin belirlenmesi için kurulan kafeslerden görünüm (a) Vejetasyon başı, (b) Vejetasyon sonu

2.3.2.3 Meralarda Toprak Altı (kök) Biyokütle Örneklerinin Alınması

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalardaki mera alanlarının kök biyokütlesinin belirlenmesi için 11 mikro havzadan rastgele seçilen 299 adet deneme alanında rasgele olarak 4 adet kök örneği alınmıştır (Toplam: $299 \times 4 = 1196$ adet). Çalışma alanındaki kök örneklerinin alınmasında 6,4 cm çapında ve 30 cm boyunda çelik boru kullanılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Deneme alanlarında yapılan kök örneklemesinden görünüm.

Alınan her bir silindir örneği polietilen torbalara aktarılıp etiketlenerek ağızları kapatılmış ve Artvin Çoruh Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Ana Bilim Dalı laboratuvarına getirilmiştir. Araştırmalara göre 0-30 cm derinlik kademesi mevcut kök kütlelerinin yaklaşık % 70-85'lik bir kısmını temsil edebilmektedir (Eissenstat ve ark. 1997; Tüfekçioğlu ve ark. 2002).

2.3.3 Deneylikte Yapılan Çalışmalar

Araştırmanın bu aşamasında araziden deneyliğe getirilen toprak, kök ve toprak üstü biyokütle örnekleri analize hazır hale getirilmiştir. Deneylikte yapılan analizler ve bunlara ait bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

2.3.3.1 Toprak Örneklerinin Analize Hazırlanması

Araziden alınarak laboratuvara getirilen toprak örneklerinde toprakta depo edilen karbon miktarının hesaplanmasında kullanılmak üzere organik madde miktarları bilinmesi gerekmektedir. Topraktaki organik madde miktarları, modifiye edilmiş Walkey – Black ıslak yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Kaçar, 2009).

2.3.3.2 Toprak Üstü Biyokütle Örneklerinin Analize Hazırlanması

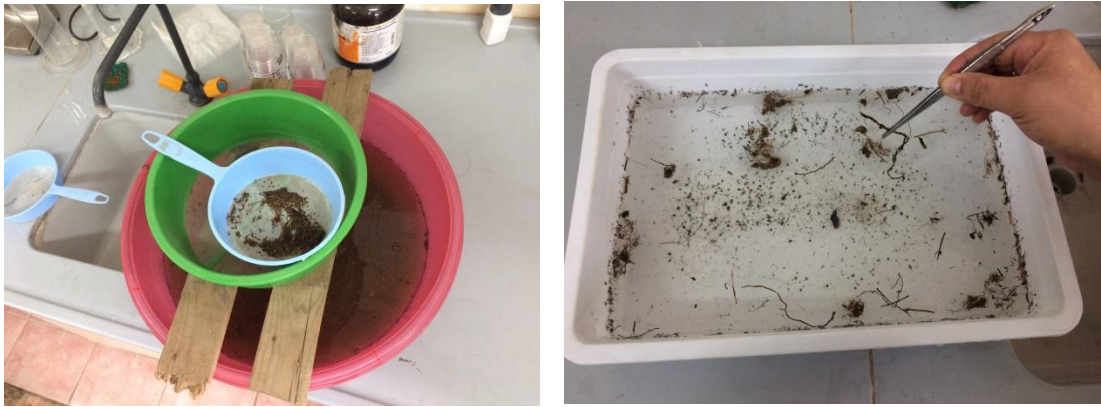
Deneme noktalarında, 1 m² alandaki (kuadrat) toprak üstü vejetatif aksam, makasla biçildikten sonra 80 °C'de 2 gün boyunca fırında kurutulması (Todd ve ark. 1998) yoluyla bütün örneklem noktalarının kuru madde ağırlığı hassas teraziler ile belirlenmiştir (Şekil 12). Gerekli dönüşümler yapılarak hektardaki toprak üstü biyokütle miktarı belirlenmiştir. Daha sonra fırın kurusu ağırlığını karbona dönüştürme katsayısı kullanılarak biyokütledeki toplam karbon miktarı hesaplanmıştır.



Şekil 12. Toprak üstü biyokütle örneklerinin kurutulması ve tartılması

2.3.3.3 Toprak Altı Biyokütle Örneklerinin Analize Hazırlanması

Çalışma alanından alınan örnekler plastik şişelere aktarılarak içine bir miktar su eklendikten sonra toprakların köklerden ayrılması için bir gece bekletilmiştir. Daha sonra kök örnekleri leğenlerde yıkanarak kökler topraktan ayrılmış ve 0,2 mm'lik eleklerden süzülme suretiyle bütün topraklardan arındırılmıştır. Bu şekilde topraktan temizlenen kökler beyaz kaplarda su içine konarak ölü örtü parçaları, yabancı maddeler ve toprak kalıntıları cımbız yardımıyla ayıklanmıştır (Şekil 13). Daha sonra yine cımbız yardımıyla kökler kılcal (0-2 mm), ince (2-5 mm) ve kaba kök (5-10 mm) diye üç sınıfa ayrılarak 80 °C'de 24 saat süreyle kurutulmuş ve 0,001 gram hassasiyetindeki terazide tartılmıştır (Şekil 14). Gerekli dönüşümler yapılarak önce hektardaki kök biyokütlesi daha sonrada karbona dönüştürme katsayısı kullanılarak biyokütledeki toplam karbon miktarı belirlenmiştir.



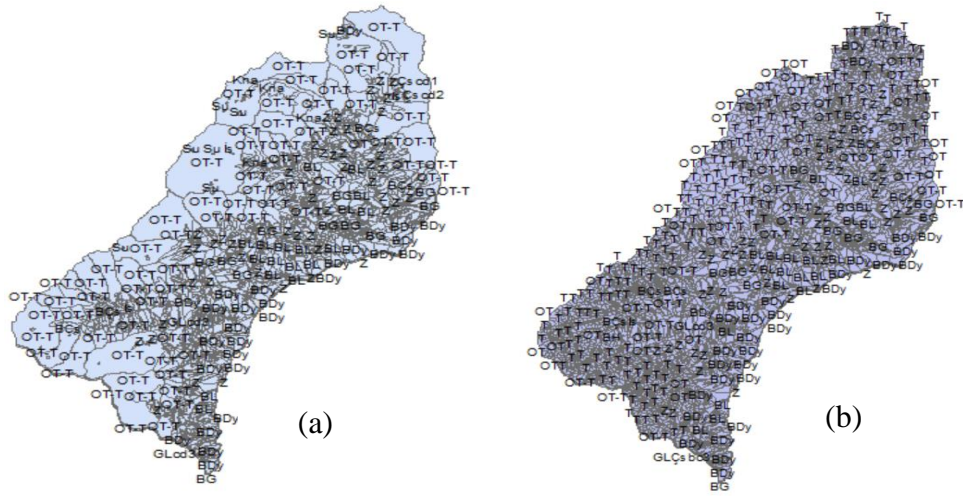
Şekil 13. Kök örneklerinin topraktan ayrıştırılması işleminden görünüm.



Şekil 14. Kök ayıklaması ve kurutulmasından görünüm.

2.3.4 Amenajman Plan Haritalarında Yapılan Ön İşlemler

Çalışma alanları içerisinde kalan Orman İşletme Şefliklerine ait sayısal meşcere haritaları, uydu görüntüleri ve Google Map haritaları ArcGIS ortamında beraber açılarak düzeltme gereken yerler ve hiç çizilmeyen alanlar dikkatli bir şekilde gözden geçirilerek gerekli düzeltmeler ve eklemeler yapılmıştır. Birçok amenajman plan haritalarında özellikle mera alanları ayrılmamış olup, bu alanlar genellikle iskan, su, taşlık ve boşluklu kapalı ormanlık alanlarda içermektedir. Bu alanların tamamı gözden geçirilerek verimli orman, boşluklu kapalı orman, tarım ve mera alanları en hassas şekilde ayrılmıştır. Bıçakçılar mikro havzasına ait sayısal meşcere haritasının öncesi ve sonrası Şekil 15’de verilmiştir.



Şekil 15. Bıçakçılar mikro havzasına ait meşcere haritası (a) öncesi, (b) sonrası.

Çalışma alanına ait amenajman planları farklı yıllarda yapıldığından bütün mikro havzalar amenajman planında yer alan Tablo no.13'deki yıllık artım miktarları dikkate alınarak 2014 yılına uyarlanmıştır.

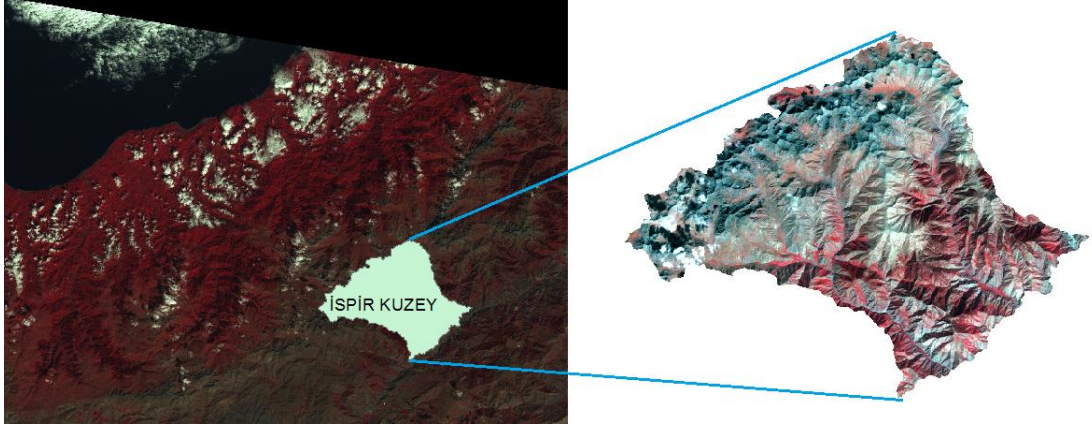
2.3.5 Uydu Görüntüsünde Yapılan Ön İşlemler ve NDVI Yüzeyinin Üretilmesi

Uzaktan algılamada uydu görüntülerinden elde edilecek bilgilerin doğruluğu; görüntü alanının çok iyi tanımlanması ve yerde ölçülen olguların doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Ham uydu görüntüleri üzerinden yerde ölçülen objeler hakkında sağlıklı bilgi sahibi olmak oldukça güçtür. Bu nedenle, uzaktan algılama verileri sayısal görüntüler haline dönüştürüldükten sonra, bu görüntüler sayısal görüntü işleme uygulamalarına tabi tutulmaktadır.

Ham veri olarak bulunan WorldView-2 uydu görüntüsünün ilk olarak bantlarının birleştirilmesi gerekmektedir. WorldView-2 uydu görüntüsünün algılama yaptığı bantlarda ihtiyaca ve nesnelerin (bitkiler, kayaçlar, yerleşim yerleri vb) özelliklerine göre değişik kombinasyonlar kullanılmaktadır (4, 3, 2 – 4, 5, 3 – 7, 5, 3 gibi). Bu nedenle, araştırma alanına ait uydu görüntüsü üzerinde ilk olarak bu kombinasyonla bant birleştirme işlemi yapılmıştır.

Araştırma alanının uydu görüntüsünün bant birleştirme işlemi yapıldıktan sonra geometrik düzeltilmesi için, önceden UTM koordinat sistemine oturtulmuş topografik haritalardan yararlanılmıştır. Kıyı çizgisi, yollar ve derelerin kesiştiği yerler, binalar gibi hem görüntü hem de harita üzerinde açıkça ayırt edilebilen noktalar belirlenmiştir. Dönüşümünde kullanılacak yer kontrol noktalarının belirlenmesinde, noktaların bütün çalışma alanına homojen biçimde dağıtılmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca çalışma alanının sınırları dışında kalan bölgelerden de yer kontrol noktaları alınmıştır. Bu noktaların topografik haritalardaki koordinat değerleri kullanılarak, uydu görüntüsü UTM koordinat sistemine referanslandırılmıştır.

Daha sonra meşcere tipleri haritası üzerine vektör olarak çizilmiş sınır katmanı görüntü üzerine transfer edilmiştir. Mevcut uydu görüntüsü çok büyük bir alanı kapladığından dolayı araştırma alanı sınırları ile çakıştırılarak tüm uydu görüntüsünden araştırma alanlarının uydu görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 16'de geometrik düzeltilmesi yapılan araştırma alanı uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 16. Geometrik düzeltmesi yapılan uydu görüntüsü örneği.

Vejetasyon indisleri, çok yansımali gözlemlerde vejetasyonun yansımaya etkisini belirlemek için oluşturulmuş matematiksel dönüşümlerdir. Bu indisler, oran ve orthogonal (dik) indisler olmak üzere, iki sınıfa ayrılmaktadır. Oran indisleri içinde en çok kullanılan indis, NDVI'dır. NDVI, yakın kızıl ötesi bölgede bitki materyallerinin yüksek yansımaya karşılık kırmızı bölgede klorofil pigmentinin keskin soğurması karşılaştırılarak elde edilmektedir (Tucker,1979).

Bitki örtüsünün niceliğini sayısal bir ifadeye dönüştüren ve vejetasyon örtüsündeki değişimlerin izlenebilmesi için yaygın olarak kullanılan NDVI, vejetasyonun fonksiyonunu açıklamakta, alan örtülülüğü kadar önemli bir parametredir. Tucker (1979), Tan ve ark. (1997), Fang ve ark. (1998), Jiang ve ark. (1999), Ochi ve ark. (1999), ve Baez-Gonzalez ve ark. (2002), kırmızı, yeşil ve yakın kızıl (NIR) ötesi yansımının bitki biyokütle ve vejetasyonun yeşillik durumu hakkında önemli bilgiler içerdiğini göstermişlerdir.

NDVI, bulutluluk, su buharı ve tanecikleri ve solar aydınlanma gibi atmosferik özelliklere karşı çok hassastır (Tanre ve ark. 1992; Privette ve ark. 1995; Asner ve ark. 2000). NDVI, -1 ile +1 arasında değer almaktadır. NDVI'nin pozitif değerleri, alanın kapalı bir örtülülüğe ve sağlıklı bir vejetasyona sahip olduğunu gösterirken, negatife doğru inen değer ise, bulut, kar, su ve çıplak alanları göstermektedir (Baez-Gonzalez ve ark. 2002; Yin ve ark. 1997). Görüntülerdeki bulut yoğunluğu NDVI değerlerini düşürmektedir. Bu nedenle, sürekli zaman serili günlük NDVI görüntüleri, büyüme sezonunda vejetasyonun durumunu tam doğrulukta temsil etmemektedir. Bulut kirliliğini en aza indirmek gerekmektedir (Baez-Gonzalez ve ark. 2002).

Kırmızı bant, bitkisel doku içerisindeki klorofile duyarlıdır, kızıl ötesi bant ise klorofile hassas, dolayısıyla yansıma değerinin yüksek olduğu bir banttır. NDVI değerleri hesaplanırken, kızıl ötesi banttan kırmızı bant çıkarılmış ve bulunan değer kızıl ötesi bant ile kırmızı bantın toplamından elde edilen veriye bölünmüştür. Bu formül şu şekildedir (Bannari ve ark. 1995):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (6)$$

Formülde; NDVI= Normalize Edilmiş Bitki İndeksi, NIR=Yakın kızılötesi ışığı, R= Kırmızı banttaki yansıyan ışığı ifade etmektedir.

Uydu görüntüsünde kırmızı ve kızıl ötesi bandları, band 3 ve band 4 temsil etmektedir. Bu nedenle NDVI veri seti aşağıdaki formülle gösterilmektedir.

$$NDVI = (Band\ 4 - Band\ 3) / (Band\ 4 + Band\ 3) \quad (7)$$

2.3.6 Biyokütle ve Karbon Sınıflarının Oluşturulması

Çalışma alanı sınırları içerisindeki verimli orman, boşluklu kapalı orman, mera ve tarım alanlarından hesaplanan biyokütle miktarları ve karbon depolama kapasiteleri en düşük ve en yüksek değerler sınır alınarak Tablo 14’de gösterildiği gibi 8 sınıfa ayrılarak biyokütle ve karbon sınıfları oluşturulmuştur.

Tablo 14. Biyokütle ve karbon sınıfları (ton/ha).

Biyokütle ve Karbon Sınıfları	Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Karbon Depolama Kapasitesi	Toprak Karbonu (ton/ha)	Toplam Karbon (ton/ha)
1. Sınıf				Diğer Alanlar
2. Sınıf	0-60	0-30	0-70	0-100
3. Sınıf	60-120	30-60	70-140	100-200
4. Sınıf	120-180	60-90	140-210	200-300
5. Sınıf	180-240	90-120	210-280	300-400
6. Sınıf	240-300	120-150	280-350	400-500
7. Sınıf	300-360	150-180	350-420	500-600
8. Sınıf	360>	180>	420>	600>

2.3.7 Yıllık Net Biyokütle Üretimi ve Karbon Birikimi Sınıflarının Oluşturulması

Çalışma alanı sınırları içerisindeki verimli orman, boşluklu kapalı orman, mera ve tarım alanlarında hesaplanan yıllık net biyokütle üretim miktarları ve yıllık net karbon birikimi Tablo 15’de gösterildiği gibi 7 sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca mikro havzalar için hesaplanmış olan Karbon Etkinlik Değerleri (KED) (Başlık 2.3.14) içinde oluşturulmuş sınıflar Tablo 15’de verilmiştir.

Tablo 15. Yıllık net biyokütle üretimi, karbon birikimi ve KED sınıfları.

Biyokütle ve Karbon Sınıfları	Yıllık Net Biyokütle Üretimi	Yıllık Net Karbon Birikimi	Karbon Etkinlik Değeri (KED)
1. Sınıf		DİĞER Alanlar	
2. Sınıf	0-5	0-3	0-17
3. Sınıf	5-10	3-6	17-34
4. Sınıf	10-15	6-9	34-51
5. Sınıf	15-20	9-12	51-68
6. Sınıf	20-25	12-15	68-85
7. Sınıf	25-30	15-18	85-102

2.3.8 Orman Alanlarında Biyokütle ve Karbon Hesaplaması

Çalışma alanı içerisindeki verimli orman ve boşluklu kapalı ormanlık alanların depolamış oldukları toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları ve buna bağlı olarak biyokütlenin içerdiği karbon miktarlarının belirlenebilmesi için orman amenajman planlarında yer alan meşcere tiplerinin servet değerleri kullanılmıştır (Tablo 16).

Tablo 16. Örnek meşcere tipleri tanıtım tablosu.

MEŞCERE TİPLERİ TANITIM TABLOSU																
ALTIPARMAK Orman İşletme Şefliği																
Meşcere Tipi : ÇsGcd2																
Tablo No: 13																
Ağaç Türü	HEKTARDAKİ AĞAÇ ADETİ - SERVETİ - ARTIM (ÇAP SINIFLARI)												T O P L A M			
	I			II			III			IV			Adet	Hacim (m ³)	Artım (m ³)	%
	Adet	Hacim (m ³)	Artım (m ³)	Adet	Hacim (m ³)	Artım (m ³)	Adet	Hacim (m ³)	Artım (m ³)	Adet	Hacim (m ³)	Artım (m ³)				
Çs	87	6.953	0,340	206	86.607	2.247	33	40.267	0,520	7	14.187	0,127	333	148.014	3.234	73,3
G	116	10.384	0,443	54	26.747	0,530	7	9.553	0,113				177	46.684	1,086	23,1
L				7	3.367	0,080	3	3.867	0,053				10	7.234	0,133	3,6
TOP.	203	17.337	0,783	267	116.721	2,857	43	53.687	0,686	7	14.187	0,127	520	201.932	4.453	100,0

Çalışma alanları içerisindeki karbon depolama kapasitesinin belirlenebilmesi için öncelikle toprak üstü ve toprak altı biyokütlenin hesaplanması, sonrada bu biyokütlelerin karbona çevrilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda meşcere tipleri, ibreli-geniş yapraklı ve verimli- boşluklu kapalı kategorilerine ayrılmış ve meşcere tiplerine

ait servet değerleri bu kategorilere göre Fırın Kuruşu Ağırlıklar (FKA) ve Biyoktle evirme Faktörleri (BF) ile çarpılarak biyoktle değerleri hesaplanmıştır. Biyoktle değerleri, karbon dönüşüm katsayıları ile çarpılarak çalışma alanlarındaki karbon depolama miktarı belirlenmiştir. Toprak st, toprak altı, l odun ve l örtü içerisinde tutulan karbon miktarları ayrı ayrı hesaplanmış daha sonra da bu değerler toplanarak toplam tutulan karbon miktarı bulunmuştur. Bu alışma da karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi için kullanılan katsayılar Tablo 17’de verilmiştir.

Çalışma alanlarındaki biyoktle ve karbon miktarların en iyi şekilde hesaplanabilmesi için meşcere tiplerine göre en uygun katsayıların kullanılmasına zen gösterilmiştir. Tablo 17’ye göre, her ağaç türü için toprak üstü biyoktle miktarlarını belirlemek için amenajman planında yer alan servet miktarları FKA ve BF katsayıları ve meşcere alanı ile çarpılarak o meşcereye ait toprak üstü biyoktle miktarları hesaplanmıştır. Toprak altı biyoktle miktarını belirlemek içinse Sarıçam türünde Tüfekçioğlu ve ark. (2010), tarafından yapılmış olan yaş sınıflarına göre belirlenmiş toprak altı (kök) biyoktle miktarları, diğer türler içinse Tolunay (2011), tarafından toprak üstü biyoktlenin hektardaki miktarlarına bağlı olarak toprak altı biyoktle miktarları meşcere alanı ile çarpılmak suretiyle hesaplanmıştır. Meşcereler içerisindeki l oduna ait biyoktle miktarları ise toprak üstü biyoktle miktarının yüzde biri olacak şekilde hesaplanmıştır (FRA, 2010; Tolunay, 2011). l oduna ait biyoktle miktarının 0.47 ile çarpılması ile de l odun içerisinde tutulan karbon miktarı hesaplanmıştır. l rt içerisindeki karbon miktarı ise meşcere alanının Tablo 17’de ağaç türlerine göre belirlenmiş olunan katsayılar ile çarpılması suretiyle hesaplanmıştır. Toprak st ve toprak altına ait biyoktle miktarları geniş yapraklılar için 0.48 ve ibreliler için 0.51 katsayıları ile çarpılarak biyoktle içerisinde depolanan karbon miktarları hesaplanmıştır. Bütün bu hesaplamalar ton/ha olacak şekilde yapılmıştır. Bu hesaplamalar ile bulunan toplam karbon miktarı aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$TK = TK + TAK + ÇOK + K \quad (7)$$

Formülde; TK= Toplam Karbon (ton/ha), TK=Toprak st Karbon (ton/ha), TAK= Toprak Altı Karbon (ton/ha), OK= l Odun Karbonu (ton/ha) ve K= l rt Karbonu (ton/ha) miktarlarını ifade etmektedir.

Tablo 17. Çalışma alanları içerisindeki verimli orman ve boşluklu kapalı orman alanları için biyokütle hesaplanmasında kullanılan eşitlikler

	Toprak Üstü	Toprak Altı	Ölü Odun Karbon	Ölü Örtü Karbon
SARIÇAM	FKA=0.426 BÇF=1.279 [Çömez, (2010)]	2.Yaş-13.19 ton/ ha 3. Yaş- 15.556 ton/ ha 4.Yaş-19.643 ton/ ha 5.Yaş-19.277 ton/ ha [Tüfekçioğlu, (2010)]	TÜB*0.01*0.47 [FRA (2010), Tolunay 2011]	Alan*7.46 [Çömez, (2011)], [Tolunay, (2011)]
LADİN	FKA=0.358 BÇF=1.132 [Özkaya, (2004)]	<50ton/ha-0.4 (Bozuk) 50-150- 0.29 (Normal) [Tolunay, (2011)]		Alan*6.428 [Tüfekçioğlu, (2005)]
GÖKNAR	FKA=0.350 BÇF=1.195 [Tolunay, (2011)]	<50ton/ha-0.4 (Bozuk) 50-150 ton/ha- 0.29 (Normal) [Tolunay, (2011)]		Alan*7.46 [Çömez, (2011)], [Tolunay, (2011)]
KARIŞIK İĞNE YAPRAKLI	FKA=0.431 BÇF=1.222 [Asan, (2006)]	<50ton/ha-0.4 (Bozuk) 50-150 ton/ha- 0.29 (Normal) [Tolunay, (2011)]		Alan*7.46 [Çömez, (2011)], [Tolunay, (2011)]
GENİŞ YAPRAKLI	FKA=0.55 BÇF=1.239 [Asan, (2006)]	<75 ton/ha- 0.46 (Bozuk) 75-150 ton/ha- 0.23(Normal) [Tolunay, (2011)]		Alan*3.75 [Çömez, (2011)], [Tolunay, (2011)]
BOŞLUKLU KAPALI İĞNE YAPRAKLI	FKA=0.446 BÇF=1.195 [Tolunay, (2011)]	<50ton/ha-0.4 (Bozuk) 50-150- 0.29 (Normal) [Tolunay, (2011)]		Alan*1.86 [Çömez, (2011)], [Tolunay, (2011)]
BOŞLUKLU KAPALI GENİŞ YAPRAKLI	FKA=0.541 BÇF=1.23 [Tolunay, (2011)]	<75ton/ha-0.46 (Bozuk) 75-150- 0.23 (Normal) [Tolunay, (2011)]		Alan*0.93 [Çömez, (2011)], [Tolunay, (2011)]

2.3.9 Tarım Alanlarında Biyokütle ve Karbon Hesaplaması

Tarım alanlarında yurt dışında çok sayıda toprak üstü ve toprak altı biyokütle ve karbon çalışmaları yapılmıştır. Bolinder ve ark. (2007) tarafından Kanada'da ki mısır tarlalarında yapmış oldukları çalışmada, toprak üstü biyokütle miktarını 4,5 ton/ha olarak bulmuşlardır. Jarecki ve ark. (2005)'nin Amerika'nın Ohio eyaletinde yapmış oldukları bir çalışmada toprak üstü biyokütle miktarını 3,79 ton/ha olarak bulduklarını

bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Jans ve ark. (2010) tarafından Hollanda da yapılan çalışmada toprak üstü biyokütle miktarının 5,7 ton/ha olduğunu bulmuşlardır.

Surur ve ark. (2013) tarafından İran da yapılan bir çalışmada toprak üstü biyokütle miktarını ortalama 10 ton/ha, tahıl miktarını 5 ton/ha ve toprak altı biyokütle miktarını ise 1,95 ton/ha olarak bulmuşlar ve tarım alanlarında biyokütle miktarını karbona dönüştürmek için 0,45 katsayısını önermişlerdir. Bu durumda toprak üstü biyokütlenin (tahıl dahil) 6,75 ton/ha karbon ve toprak altı biyokütlenin ise 0,88 ton/ha karbon içerdiğini bildirmişlerdir.

Çalışma alanlarımız içerisindeki tarım alanlarının biyokütle ve karbon hesaplamalarının en doğru şekilde yapılabilmesi için mikro havzalar içerisindeki tarım ürünleri çeşidinin ve kapladığı alanın bilinmesi gereklidir. Bu bağlamda TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu)'dan ilçe bazında elde ettiğimiz tarımsal ürün çeşitleri ve kapladıkları alanların yüzdeleri Ek Tablo-3'de verilmiştir. İlçeler bazında elde edilen bu veriler her bir mikro havzadaki tarım alanları için ürün çeşitlerine göre ayrılmıştır (Ek Tablo-4). Mikro havza sınırları içerisinde kalan alanlarda ki ürün çeşidi için kullanılan biyokütle ve karbon miktarları Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Ürün çeşitlerine göre biyokütle ve karbon miktarları.

Ürün Adı	Toprak üstü		Toprak altı Biyokütle (ton/ha)	Toplam Biyokütle (ton/ha)	Toplam Karbon ton/ha)	Referanslar
	Kuru ot (sap, saman)	Dane Miktarı				
Fiğ	4,0 (d)	3,0 (d)	0,84	7,84	3,53	
Patates		2,19 (a)	16,69 (e)	18,88	8,50	
Nohut		0,9 (c)	0,11	1,01	0,45	(a) A.
Fasulye	1,91 (a)	2,36 (c)	0,51	4,78	2,15	Başçetinçelik (2005),
Mercimek		1,35 (c)	0,16	1,51	0,68	(b) A. Süzer (2004),
Yonca		11,27 (e)	1,35	12,62	5,68	(c) URL-9,
Korunga		4,0 (f)	0,48	4,48	2,02	(d) URL-10,
Mısır	3,91 (a)	9,04 (c)	1,55	14,5	6,53	(e) URL-11,
Buğday	2,38 (a)	2,1 (b)	0,54	5,02	2,26	(f) URL-12,
Arpa	2,23 (a)	2,69 (c)	0,59	5,51	2,48	(g) K. Juhos ve ark. (2012),
Çavdar	1,74 (a)	2,48 (c)	0,51	4,73	2,13	(h) E. Algharibi
Yulaf	2,15 (a)	2,33 (c)	0,54	5,02	2,26	
Sebzelik		4,54 (h)	0,55	5,09	2,29	
Meyvelik		9,45 (g)	2,46 (g)	11,91	5,36	

Tarım alanlarında yetişen ürünlerin toprak altı biyokütle miktarları Surur ve ark. (2013)'larının mısır alanlarında yaptığı toprak üstü ve toprak altı çalışmaları dikkate alınarak toprak üstü miktarın % 12'si olarak hesaplanmıştır. Tarım alanlarında biyokütle miktarınının 0,45 karbon dönüşüm katsayısı ile çarpılarak alandaki karbon depolama miktarları hesaplanmıştır (Surur ve ark. 2013).

2.3.10 Toprak Karbonu

Çalışma alanı içerisindeki mera alanlarında toprak içerisinde depolanan karbon miktarını hesaplamak için 11 mikro havzadan 0-15 cm ve 15-30 cm derinlik kademesinden alınan toplam 666 adet toprak örneğinde organik madde tayini yapılmıştır. Her bir deneme noktası için hektardaki organik madde miktarı daha sonrada organik karbon miktarları hesaplanarak her bir mikro havza toprağı içerisindeki karbon miktarları aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Yağış miktarlarına göre bu mikro havzalarda yer alan mera topraklarının ortalama karbon miktarları bulunmuştur.

$$\text{Organik Karbon (ton/ha)} = [10000 * \text{TD} * \text{HA} * (\text{OM}/100)] / 1,724 \quad (8)$$

Formülde; 10000= 1 hektarlık alanı TD=Toprak Derinliği (m), HA= Hacim Ağırlığı (hacim ağırlığı yağış miktarlarına göre 0,9 ile 1,1 kg/m³ olarak alınmıştır), OM= Organik madde miktarı ve 1,724= Organik maddeyi organik karbona dönüştürme katsayısını ifade etmektedir.

Orman toprakları, karbon depolaması bakımından biyokütleyle göre daha istikrarlı bir yapıya sahip olup, yaklaşık olarak toprak organik karbonu bin yıl süreyle toprak içerisinde kalabilir (Von Lutzow ve ark. 2006). Orman ekosistemlerinde depolanan toplam karbonun % 70'i orman toprağında depolanmaktadır (Dixon ve ark. 1994; Six ve ark, 2002a; Schimel, 1995). Hari Eswaran ve ark. (1992), tarafından yapılan çalışmada da toprak içerisinde depolanan karbon miktarınının toprak üstü biyokütlenin yaklaşık olarak üç katı olduğunu bildirmiştir. O halde, toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisinde depolanan karbon miktarı %30 olup bu miktarın 2,333 (70/30) ile çarpılması suretiyle toprak içerisinde depolanan karbon miktarı hesaplanmış olacaktır.

$$\text{Toprak Karbonu} = (\text{TÜK} + \text{TAK} + \text{ÖOK} + \text{ÖÖK}) * 2,333 \quad (9)$$

Formülde; TÜK=Toprak Üstü Karbon (ton/ha), TAK= Toprak Altı Karbon (ton/ha), ÖOK= Ölü Odun Karbonu (ton/ha) ve ÖÖK= Ölü Örtü Karbon (ton/ha) miktarlarını ifade etmektedir.

Çalışma alanları içerisindeki tarım topraklarındaki depolanan karbon miktarı belirlemek için daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır. Shah ve ark. (2015), tarafından Pakistan'da yapılan çalışmada işlenmeyen tarım topraklarında ki karbon miktarını 32,69 ton/ha, işlenen tarım alanlarında ise 29,77 ton/ha olarak bulmuşlardır. Yine aynı çalışmada ormanlık alana yakın mera alanlarında ki toprak karbon miktarını 35,62 ton/ha, yakınındaki işlenmekte olan tarım alanlarında ise 29,77 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Çanakkale'de Parlak ve ark. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada, çoğunlukla ekonomik öneme sahip olan farklı ürünlere (buğday, ayçiçeği, domates vb.) ait toprak organik madde miktarları incelenmiş ve buna göre organik madde miktarının % 0,38 ile % 2,76 arasında değiştiği ve ortalamasının % 1,2 olduğu tespit edilmiştir. Eşitlik 8 yardımıyla organik karbon miktarları 27,8 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Çetin ve ark. (2011), tarafından yapılan bir çalışmada tarım toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda toprak organik madde miktarı % 0,53 olduğu tespit edilmiştir. Eşitlik 8 yardımıyla organik karbon miktarı 27,41 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Oğuz ve ark. (2011), tarafından Tokat yöresinde farklı arazi kullanımlarının, toprak özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, tarım alanları için organik karbon miktarı 28,19 ton/ha, meyve bahçelerindeki organik karbon miktarı 35,42 ton/ha olarak hesaplandığını bildirmişlerdir.

Hajabbasi ve ark. (1997), tarafından İran'da yapılmış olan bir çalışmada ormandan tarım arazisine dönüştürülen ve sürekli işlenen arazide organik madde miktarının % 50 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada da tarım topraklarındaki karbon miktarları 27,8 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Meyve bahçesi olarak kullanılan alanlarda ise toprak karbonu 31,3 ton/ha (Peblar, 2012) olarak hesaplanmıştır.

2.3.11 Uydu Görüntüsü ile Verimli ve Boşluklu Kapalı Orman Alanlarda Yıllık Net Biyokütle Miktarının Hesaplanması

Verimli ve boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net biyokütle miktarını iyi bir şekilde tahmin edebilmek için uydu görüntülerine ait yansıma değerlerine temel oluşturularak örnek noktalar CBS ortamında katmanlı rasgele örnekleme yöntemiyle tüm mikro havzaya dağıtılmıştır. Mikro havzalardaki örnekleme yoğunluğu her mikro havzadaki verimli ve boşluklu kapalı orman alanları göz önüne alınarak 100 ha'lık alanda 1 örnekleme noktası olacak şekilde dağıtılmıştır (Tablo 19). Rastgele dağıtılan bu noktaların denk geldiği yansıma değerleri ArcGIS yardımıyla uydu görüntülerinden alınmıştır.

Tablo 19. Yıllık net biyokütle miktarını belirlemek için verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki örnek alan sayıları.

Mikro havza	Boşluklu Kapalı Orman		Orman	
	Alan (ha)	Nokta Sayısı	Alan (ha)	Nokta Sayısı
Taht	1120	11	1233	12
Masat	3765	38	4250	42
İspir	4064	41	2016	20
Uzundere	9317	93	5130	51
Oltu	6275	63	3866	39
Olur	8771	88	4965	50
İspir Kuzey	8844	88	4840	48
Tortum Kuzey	5631	56	1254	13
Bıçakçılar	4424	44	4842	48
Kılıçkaya	8902	89	3115	31
Veliköy	5704	57	14468	145
Toplam	66822	668	49983	499

2.3.12 Verimli Orman, Boşluklu Kapalı Orman, Mera ve Tarım Alanlarında Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Birikiminin Hesaplanması

Çalışma alanlarında yer alan mera alanlarındaki toprak üstü biyokütle miktarı ve depolanan karbon miktarı yıllık net toprak üstü biyokütle üretimi ve karbon birikimi ile aynıdır. Çünkü mera alanlarındaki toprak üstü biyokütle miktarı her sene yenilendiği için aynı zamanda yıllık net biyokütle üretimi olarak da bilinmektedir. Mera alanlarındaki toprak altı yıllık net biyokütle üretimi ve karbon birikimini belirlemek için yapılmış olan çalışmalardan faydalanılmıştır. Mikro havzalara ait yağış miktarlarına göre dünyada yapılmış çalışmalar sonucu bulunmuş olan yıllık net toprak altı biyokütle üretim miktarları Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Mera alanlarındaki toprak altı yıllık net biyokütle üretimi için katsayılar

Bölgeler (Yağış Miktarlarına Göre)	Yükselti (m)	Yağış (mm)	Sıcaklık(°C)	TANÜ (gr/m ²)	TÜNÜ (gr/m ²)	TANÜ (%)	TÜNÜ (%)	TANÜ'nün TÜNÜ'ne Oranı	TANÜ Katsayısı (Ortalama)	Referanslar
Bölge 1. <600 mm'den az yağış Taht Tortum K. Uzundere	303	473	2 1	260	138	6 5	35	1,8571	2,467	Christie, E.K. 1978, 1979, (Avustralya)
	505	393	6	932	351	7 3	27	2,7037		Whitman, W.C. 1971, (ABD)
	505	393	6	958	302	7 6	24	3,1667		Whitman, W.C. 1972, (ABD)
	225	515	8 0	134	460	7 4	26	2,8462		Gilmanov, T.G. 1997, (Ukrayna)
	578	364	3	600	363	6 2	38	1,6316		Coupland R.T. 1974, (Kanada)
	613	554	1 2	106	363	7 4	26	2,8462		Hulett, ve ark. 1971, (ABD)
	613	554	1 2	855	372	6 9	31	2,2258		Hulett, ve ark. 1971, (ABD)
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış Oltu Olur Masat İspir	247	610	6 0	170	774	6 8	32	2,1250	1,815	Gilmanov, T.G. 1997. (Ukrayna)
	2309	709	1 6	170	669	6 0	40	1,5000		Garcia-Moya, E., 1992. (Meksika)
	6	633	5	507	269	6 5	35	1,8571		Gilmanov, T.G. 1997. (Rusya)
	840	799	9	394	224	6 4	36	1,7778		Sims, P. L. 1978, (ABD)
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış Kılıçkaya İspir K.	263	976	1 5	132	830	6 1	39	1,5641	1,564	Menaut, J-C. 1979, (Fildişi)
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış Bıçakçılar	1172	1798	2 2	138	968	5 8	42	1,3810	1,473	Daubenmire, R. 1972c. (Kosta Rica)
	210	1406	2 6	132	830	6 1	39	1,5641		Menaut, J-C. 1979 (Fildişi)

Tabloda; TANÜ=Toprak Altı Net Üretim (gr/m²), TÜNÜ= Toprak Üstü Net Üretimi (gr/m²) miktarlarını ifade etmektedir.

Tablo 20' de belirtildiği üzere, yıllık toplam yağışı <600 mm'den az olan (Taht, Tortum Kuzey ve Uzundere) mikro havzaları için yıllık net toprak altı biyokütle miktarı toprak üstü biyokütle miktarının 2,467 katsayısı ile çarpılmasıyla elde edilmektedir. Yıllık toplam yağışı 600–900 mm arasında olan mikro havzalarda (Oltu, Olur, İspir ve Masat)

1,815, 900–1200 mm arasında olan mikro havzalarda (Kılıçkaya ve İspir Kuzey) 1,564 ve son olarak yıllık toplam yağışı >1200 mm'den fazla olan mikro havzalarda ise 1,473 katsayısı ile çarpılarak hesaplanmaktadır. Elde edilen biyokütle miktarında 0,5 ile çarpılması suretiyle toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarı içerisindeki karbon miktarı hesaplanmaktadır.

Sarıçam ormanlarında toprak altı biyokütle miktarı belirlenirken Tüfekçioğlu ve ark. (2010), tarafından “Saf sarıçam meşcerelerinde kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarının yaş sınıflarına göre değişimi” isimli çalışmalarında bulunan yaş sınıflarına göre toprak altı (kök) biyokütle miktarları kullanılmıştır. Sarıçam ormanları için yaş sınıflarına bağlı olarak toprak altı net biyokütle üretim miktarları sırasıyla, 2. yaş sınıfı için 2,217 ton/ha, 3. yaş sınıfı için 1,774 ton/ha, 4. yaş sınıfı için 0,995 ton/ha ve 5. yaş sınıfı için 1,110 ton/ha olarak kullanılmıştır. Sarıçam meşcereleri dışındaki diğer orman ve boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki toprak üstü, toprak altı ve ölü odundaki yıllık net biyokütle miktarı ve karbon birikimi amenajman planlarında yer alan artım miktarı dikkate alınarak, başlık 2.3.10'da yer alan Tablo 17'de belirtilen katsayılar kullanılarak hesaplanmıştır.

Tarım alanlarındaki yıllık net biyokütle miktarı ve karbon birikimi hesaplaması için başlık 2.3.11'de yer alan katsayılar ile belirlenmiştir. Tarım toprakları devamlı olarak işlendiği, ekilip-biçildiği için toprak üstü ve toprak altı biyokütle ve karbon miktarlarında bir değişiklik meydana gelmemektedir. Zanotelli ve ark. (2013) tarafından meyve bahçelerinde yapılan bir çalışmada yıllık toprak üstü net üretim miktarı 1,06 ton/ha ve yıllık toprak altı net üretim miktarı ise 1,3 ha/ton olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Toprak içerisinde meydana gelen yıllık net karbon birikimlerinin hesaplanmasında, verimli orman ve boşluklu kapalı ormanlık alanlarda Eşitlik 9'dan faydalanılmıştır. Örneğin, sarıçam meşceresindeki yıllık toprak üstü, toprak altı net üretim miktarları hesaplanmış ve bu miktar 2,333 (70/30) ile çarpılmak suretiyle toprak içerisindeki yıllık karbon miktarı hesaplanmaktadır. Mera ve tarım alanları içinse toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarının % 20'si olarak hesaplanacağı belirtilmektedir (Ryan, 2014).

2.3.13 Değerlendirme Aşamasında Yapılan Çalışmalar

Arazide toplanan ve laboratuvarda elde edilen veriler, öncelikle örnek alan numaraları sırasına göre envanter tablolarına kaydedilmiştir. Elde edilen bulgular ile örnek alanlardan edinilen bilgiler bilgisayara aktarılmıştır. Böylece, bilgisayara yüklenmiş olan bu verilerin değerlendirme çalışmalarında ve istatistiksel analizlerde kullanılabilirliği kolaylaştırılmıştır.

Araştırma alanından alınan örneklerin laboratuvar işlemleri yapıldıktan sonra elde edilen sayısal verilerin istatistik analizinin yapılmasında SPSS programından yararlanılmıştır.

2.3.14 İstatistik Analiz

Mera alanlarında, belirlenen toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarlarının eğim, bakı, yükselti, yağış ve sıcaklık değerleri arasında farklılık olup olmadığı, SPSS paket programı (Versiyon 16.0 for Windows) kullanılarak test edilmiştir. Mikro havzalar arasındaki farklılıkları belirlemek için Varyans (ANOVA) analizi, farklılıkları gruplandırmak için de Tukey testi yapılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için Korelasyon analizi, var olan ilişkileri modelleyebilmek içinse Regresyon analizleri yapılmış ve modeller geliştirilmiştir.

2.3.15 Karbon Etkinlik Değerinin (KED) Hesaplanması

Karbon etkinlik değerleri hesaplanırken öncelikle çalışma alanları içerisinde kalan arazi kullanımlarında (verimli orman, boşluklu kapalı orman, mera ve tarım) depolanan karbon miktarları ve aynı zamanda yıllık net karbon birikimlerinin hesaplanmış olması gerekmektedir. Karbon etkinlik değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$KED = 1 - (TNKB / DTK) * 100 \quad (10)$$

Formülde; KED=Karbon Etkinlik Değerini, TNKÜ= Toplam Yıllık Net Karbon Birikimi (ton/ha), DTK= Depolanmış Toplam Karbon (ton/ha) miktarlarını ifade etmektedir.

Karbon etkinlik katsayısı bize hangi alanların karbon depolama kapasitelerinin en iyi olduğunu bildirmektedir. Yapmış olduğumuz çalışmalar göstermektedir ki, Karbon Etkinlik Değeri arttıkça bir alan içerisinde biriken yıllık net karbon miktarının o alan içerisinde iyi bir şekilde fazla kayıba uğramadan depolandığını, azaldıkça da yıllık net karbon miktarı artışı ne kadar olursa olsun o alanda depolanamadığı ve bir şekilde yok olduğu görülmektedir. Örneğin, mera alanlarında ki otlamadan dolayı, tarım alanları ise devamlı olarak işlendiğinden ve hasat sonrası tarım alanlarındaki biyokütle boşaltılarak tekrar toprak işlenmesi yapıldığından dolayı bu alanlarda Karbon Etkinlik Değerinin düşük olacağı öngörülmektedir. Çünkü mera ve tarım alanları üzerinde ne kadar yıllık net karbon birikimi olsa da otlatma ve hasat sonrası önemli kısmı alanda kalmayacağından dolayı bu alanlarda depolanan karbon miktarında çok ciddi bir artış meydana gelmeyecektir.

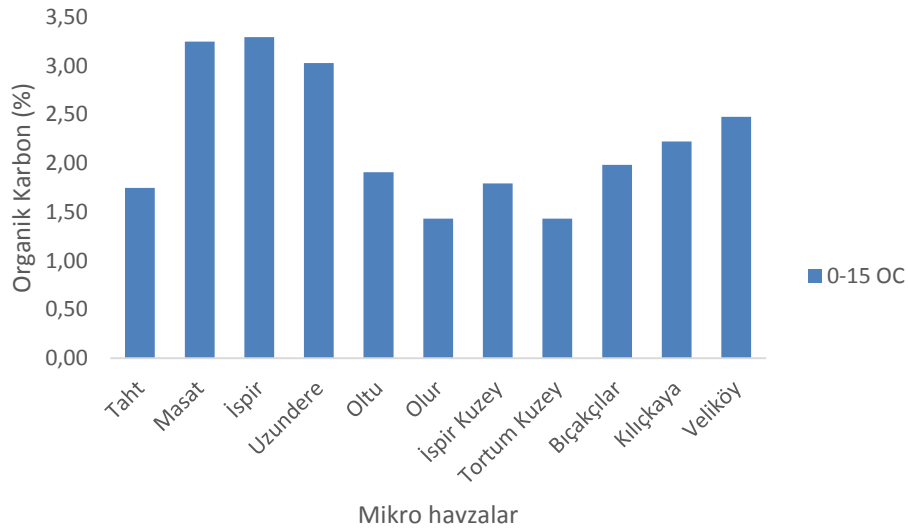
3 BULGULAR

3.1 Mera Alanlarında Toprak Organik Karbonuna İlişkin Bulgular

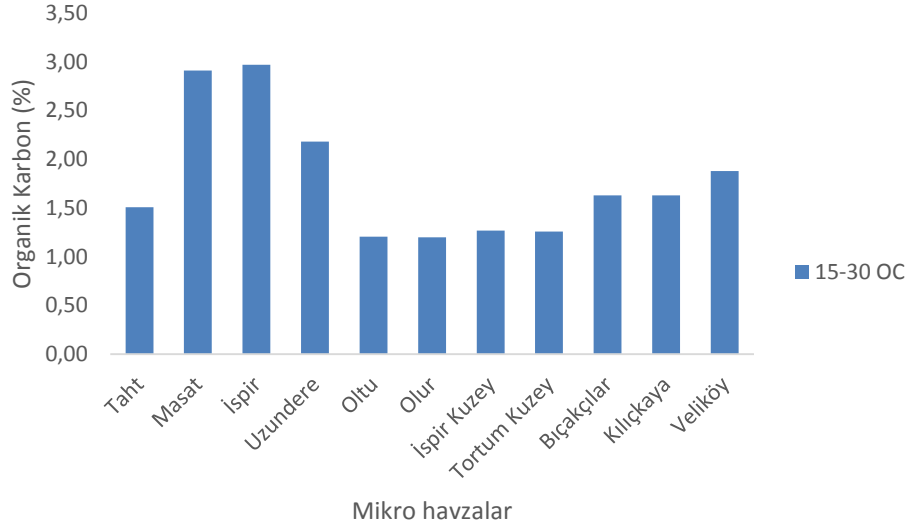
Mikro havzalardaki ortalama organik karbon değerleri ve değişimi grafiği Tablo 21 ve Şekil 17 ve 18’de verilmiştir.

Tablo 21. Mikro havzaların toprak derinlik kademesine göre ortalama organik karbon (%) değerleri.

Mikro havza Adı	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-15 cm	15-30 cm	0-30 cm
Taht	1,75a	1,51a	1,63ab
Masat	3,25c	2,91bc	3,08c
İspir	3,29c	2,97c	3,13c
Uzundere	3,03bc	2,18abc	2,60bc
Oltu	1,91ab	1,21a	1,56a
Olur	1,43a	1,20a	1,32a
İspir Kuzey	1,79a	1,27a	1,53a
Tortum Kuzey	1,43a	1,26a	1,35a
Bıçakçılar	1,98ab	1,63a	1,81ab
Kılıçkaya	2,22abc	1,63a	1,93ab
Veliköy	2,48abc	1,88ab	2,18abc



Şekil 17. Mikro havzaların 0-15 cm derinlik kademesindeki ortalama organik karbon (%) içerikleri.



Şekil 18. Mikro havzaların 15-30 cm derinlik kademesindeki ortalama organik karbon (%) içerikleri.

Tablo 21'e göre 0-15 cm derinlik kademesinde en düşük ortalama organik karbon miktarı % 1,43 ile Olur ve Tortum Kuzey mikro havzalarında, en yüksek ortalama organik karbon miktarı ise %3,29 ile İspir mikro havzasında bulunmuştur. 15-30 cm derinlik kademesinde ise en düşük ortalama organik karbon miktarı % 1,20 ile Olur, en yüksek ise % 2,97 ile İspir mikro havzalarında bulunmuştur. Organik karbon değerleri derinlik kademesi arttıkça azalış göstermiştir.

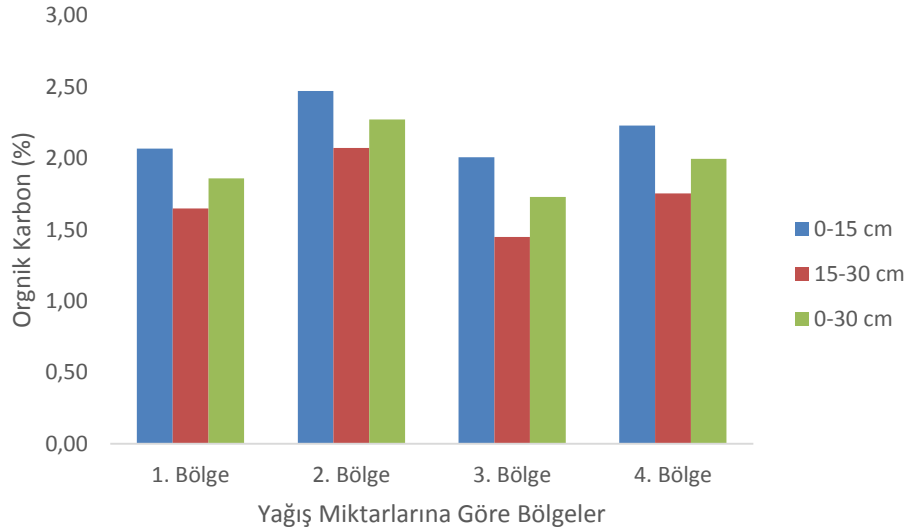
Yapılan varyans analizine göre mikro havzalar arasında 0-15, 15-30 ve 0-30 cm derinlik kademelerinde organik karbon bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$).

Mikro havzaların yağış miktarlarına göre ortalama organik karbon değerleri ve değişimi grafiği Tablo 22 ve Şekil 19'da verilmiştir. Tablo 22'ye göre 0-15 cm derinlik kademesinde en düşük ortalama organik karbon miktarı % 2,01 ile yağış miktarı 900-1200 mm arasında olan mikro havzalarda, en yüksek ortalama organik karbon miktarı ise % 2,47 ile yağış miktarı 600-900 mm arasında olan mikro havzalarda bulunmuştur. 15-30 cm derinlik kademesinde ise en düşük ortalama organik karbon miktarı % 1,45 ile yağış miktarı 900-1200 mm arası yağış alan mikro havzalarda, en yüksek ise % 2,07 ile yağış miktarı 600-900 mm arasında olan mikro havzalarda tespit edilmiştir. Organik karbon değerleri derinlik kademesi arttıkça azalış göstermiştir.

Tablo 22. Mikro havzaların yağış miktarlarına göre ortalama organik karbon (%) değerleri.

Yağış Miktarları (mm)	Derinlik Kademesi (cm)		
	0-15 cm	15-30 cm	0-30 cm
Bölge 1. <600 mm'den az yağış	2,07a	1,65a	1,86a
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	2,47a	2,07a	2,27b
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	2,01a	1,45a	1,73a
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	2,23a	1,75a	2,00b

Yapılan varyans analizi sonucunda yağış miktarları farklılığının istatistiksel anlamda sadece 0-30 cm derinlik kademesindeki organik karbon üzerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 19. Mikro havzaların yağış miktarlarına göre organik karbon (%) içerikleri.

3.2 Yersel Ölçümler Sonucu Mera Alanlarında Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

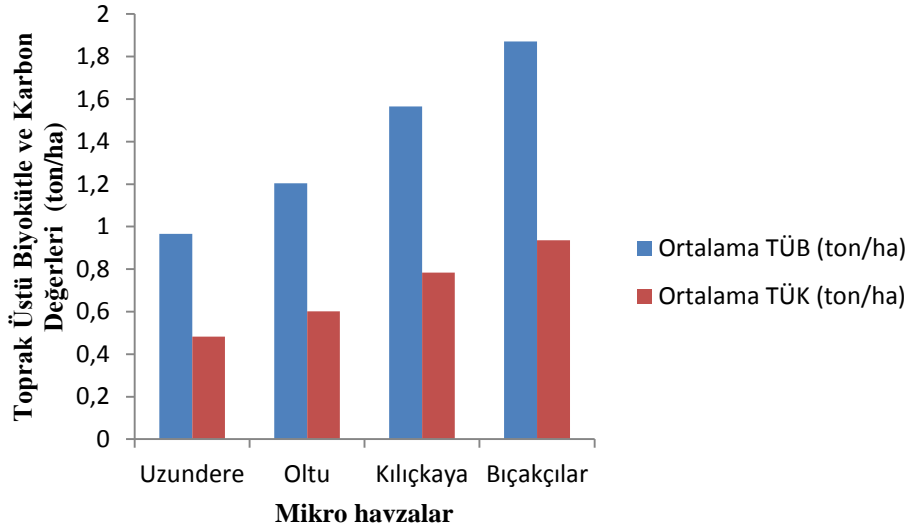
Mikro havzalarda bulunmuş olan ortalama toprak üstü biyokütle ve karbon değerleri ve değişimi grafiği Tablo 23 ve Şekil 20'de verilmiştir. Tablo 23'e göre, toprak üstü biyokütle örneği alınmış dört mikro havzadaki biyokütle miktarları; Uzundere 0,966 ton/ha, Oltu 1,204 ton/ha, Kılıçkaya 1,565 ton/ha ve Bıçakçılar 1,871 ton/ha olarak bulunmuştur. Karbon miktarlarına bakıldığında ise, Uzundere 0,438 ton/ha, Oltu 0,602 ton/ha, Kılıçkaya 0,783 ton/ha ve Bıçakçılar 0,936 ton/ha olarak tespit edilmiştir. Toprak üstü biyokütle miktarını belirlemek için seçilen bu mikro havzalar yağış miktarları dikkate alınarak seçilmiş dört bölgeyi de aynı zamanda temsil etmektedir.

Buna göre en fazla biyokütle miktarı yağışın en fazla olduğu 4. Bölgede (1,871 ton/ha), en az biyokütle miktarı ise yağışın en az olduğu 1. Bölgede (0,996 ton/ha) bulunmuştur.

Tablo 23. Mikro havzalara ait ortalama toprak üstü biyokütle ve karbon değerleri.

Mikro havza	Ortalama TÜB (ton/ha)	Ortalama TÜK (ton/ha)	Yağış Miktarlarına Göre Bölgeler
Uzundere	0,966a	0,483a	1. Bölge
Oltu	1,204ab	0,602ab	2. Bölge
Kılıçkaya	1,565ab	0,783ab	3. Bölge
Bıçakçılar	1,871b	0,936b	4. Bölge

TÜB: Toprak Üstü Biyokütle, TÜK: Toprak Üstü Karbon



Şekil 20. Mikro havzaların ortalama toprak üstü biyokütle ve karbon (ton/ha) içerikleri.

Yapılan varyans analizine göre bu mikro havzalar arasında toprak üstü biyokütle ve karbon miktarları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

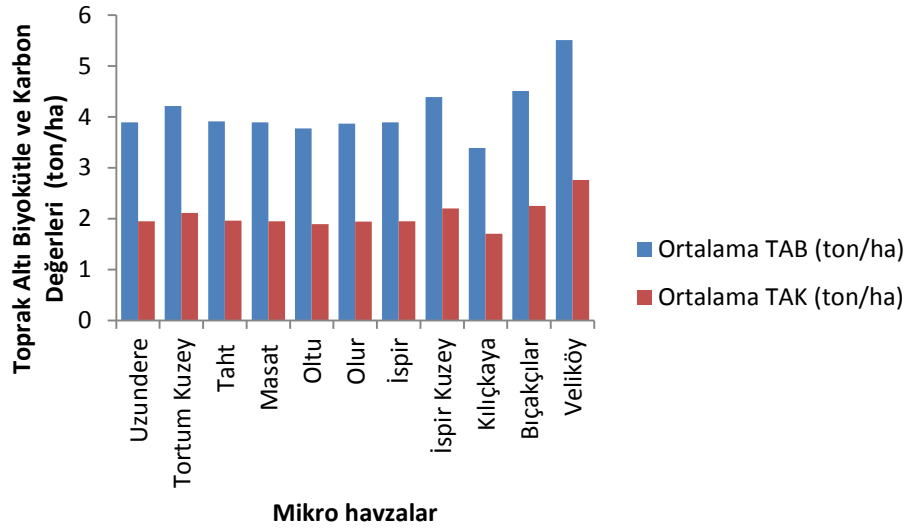
Mikro havzalarda bulunmuş olan ortalama toprak altı biyokütle ve karbon değerleri ve değişimi grafiği Tablo 24 ve Şekil 21’de verilmiştir. Tablo 24’e göre, en yüksek ortalama toprak altı biyokütle miktarı Veliköy mikro havzasında 5,51 ton/ha, en düşük ise Kılıçkaya mikro havzasında 3,39 ton/ha olarak bulunmuştur.

Yapılan varyans analizine göre mikro havzalar arasında toprak altı biyokütle ve karbon miktarları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 24. Mikro havzalara ait ortalama toprak altı biyokütle ve karbon değerleri.

Mikro havza Adı	Ortalama TAB (ton/ha)	Ortalama TAK (ton/ha)	Yağış Miktarlarına
Uzundere	3,89ab	1,95ab	1. Bölge
Tortum Kuzey	4,21ab	2,11ab	
Taht	3,91ab	1,96ab	
Masat	3,89ab	1,95ab	
Oltu	3,77ab	1,89ab	2. Bölge
Olur	3,87ab	1,94ab	
İspir	3,89ab	1,95ab	
İspir Kuzey	4,39b	2,20b	3. Bölge
Kılıçkaya	3,39a	1,70a	
Bıçakçılar	4,51b	2,25b	
Veliköy	5,51c	2,76c	4. Bölge

TAB: Toprak Altı Biyokütle, TAK: Toprak Altı Karbon



Şekil 21. Mikro havzaların ortalama toprak altı biyokütle ve karbon (ton/ha) içerikleri.

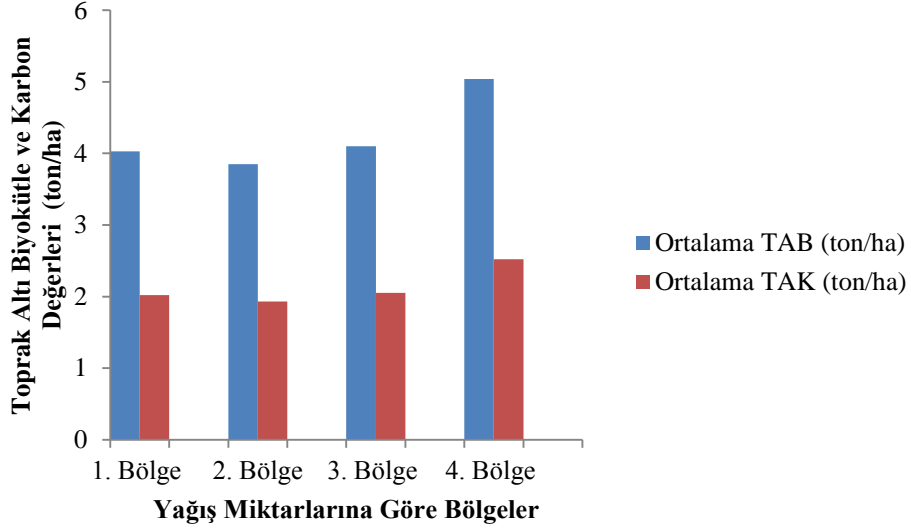
Yağış miktarlarına göre hesaplanmış olan ortalama toprak altı biyokütle ve karbon değerleri ve değişimi grafiği Tablo 25 ve Şekil 22’de verilmiştir. Tablo 25’e göre, ortalama toprak altı biyokütle miktarları; 1. Bölgede 4,03 ton/ha, 2. Bölgede 3,85 ton/ha, 3. Bölgede 4,10 ton/ha ve 4.bölgede 5,04 ton/ha olarak tespit edilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda yağış miktarları farklılığının istatistiksel anlamda toprak altı biyokütle ve karbon miktarı üzerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 25. Bölgelere göre ortalama toprak altı biyokütle ve karbon değerleri.

Yağış Miktarları (mm)	Ortalama TAB (ton/ha)	Ortalama TAK (ton/ha)
Bölge 1. <600 mm'den az yağış	4,03a	2,02a
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	3,85a	1,93a
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	4,10a	2,05a
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	5,04b	2,52b

TAB: Toprak Altı Biyokütle, TAK: Toprak Altı Karbon



Şekil 22. Bölgelere göre ortalama toprak altı biyokütle ve karbon (ton/ha) içerikleri.

Toplam biyokütle (TAB+TÜB) miktarının yükselti, yağış ve sıcaklık özellikleri üzerindeki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Toplam biyokütle miktarının yükselti, yağış ve sıcaklık özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi.

Parametreler	Yükseklik (m)	Toprak Üstü Biyokütle (m ² /kg)	Toprak Altı Biyokütle (m ² /kg)	Toplam Biyokütle (m ² /kg)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Yükseklik (m)	1	0,398**	0,422**	0,634**	0,651**	-0,955**
Toprak Üstü Biyokütle	0,398**	1	-0,165	0,628**	0,493**	-0,460**
Toprak Altı Biyokütle	0,422**	-0,165	1	0,665**	0,604**	-0,540**
Toplam Biyokütle (m ² /kg)	0,634**	0,628**	0,665**	1	0,850**	-0,774**
Yağış (mm)	0,651**	0,493**	0,604**	0,850**	1	-0,844**
Sıcaklık (°C)	-0,955**	-0,460**	-0,540**	-0,774**	-0,844**	1

**= p< 0,01 Önem Düzeyinde

Buna göre bu mikro havzalarda belirlenen toplam biyokütle miktarları, yükselti ile pozitif ($r=+0,634$), yağış ile pozitif ($r=+0,850$) ve sıcaklık ile ise negatif ($r=-0,774$)

korelasyon vermektedir. Toplam biyokütle miktarı ile elde edilen regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\text{Toplam Biyokütle} = 0,40765 + 0,00021 * \text{Yağış} \quad (11)$$

$$p < 0,05 \quad R^2 = 0,716$$

Yağış miktarlarına göre hesaplanmış olan ortalama toprak üstü ve toprak altı biyokütle yüzdeleri Tablo 27’de verilmiştir. Yukarıdaki regresyon denkleminde elde edilen toplam biyokütle miktarları, bu yüzdeler kullanılarak toprak altı ve toprak üstündeki biyokütle miktarları belirlenmiştir.

Tablo 27. Yağış miktarlarına göre toprak üstü ve toprak altı biyokütle yüzdeleri.

Yağış Miktarları	Toprak Üstü Biyokütle (%)	Toprak Altı Biyokütle	Toplam Biyokütle (%)
<600 mm'den az yağış	18,74	81,26	100
600-900 mm arası yağış	22,06	77,94	100
900-1200 mm arası yağış	28,08	71,92	100
>1200 mm'den az yağış	27,03	72,97	100

3.3 Uydu Görüntüsü ile Mera Alanlarında Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Yağış miktarları dikkate alınarak Uzundere, Oltu, Kılıçkaya ve Bıçakçılar mikro havzalarındaki deneme noktalarından alınan toprak üstü biyokütle miktarları Worldview-2 (WV2) uydu görüntüsüne ait bantların yansıma değerleri ve NDVI indis değeri Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Uydu görüntüsüne ait bandların yansıma değerleri.

Mikro havzalar	BAND 1	BAND 2	BAND 3	BAND 4	NDVI
Uzundere	288b	410b	241ab	486a	0,34a
Oltu	230ab	321ab	187ab	467a	0,44ab
Kılıçkaya	164a	219a	171a	593b	0,56b
Bıçakçılar	287b	409b	290b	560ab	0,35a

Yapılan varyans analizi sonucunda mikro havza (yağış miktarları) farklılığının istatistiksel anlamda uydu görüntüsüne ait band değerleri üzerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

Toprak üstü biyokütle miktarı ile bandların yansıma değerleri üzerindeki ilişkiyi gösteren korelasyon matrisi Tablo 29’da verilmiştir. Buna göre bu mikro havzalarda belirlenen toprak üstü biyokütle miktarları, Band 1 ile pozitif korelasyon ($r=+0,096$), Band 2 ile pozitif korelasyon ($r=+0,127$), Band 3 ile pozitif korelasyon ($r=+0,211$), Band 4 ile pozitif korelasyon ($r=+0,851$) ve NDVI ile pozitif ($r=0,246$) ilişki göstermektedir. Toprak üstü biyokütle miktarını uydu görüntüsüne ait yansıma değerleri ile ifade eden regresyon denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Toprak üstü biyokütle} = -3,02692 + 0,00879 * \text{BAND4} \quad (12)$$

$$p < 0,05 \quad R^2 = 0,718$$

$$\text{Toprak üstü biyokütle} = -2,677 + 0,0094 * \text{BAND4} - 0,00267 * \text{BAND1} \quad (13)$$

$$p < 0,05 \quad R^2 = 0,745$$

Tablo 29. Toprak üstü biyokütle miktarı ile bandların yansıma değerleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon matrisi.

Parametreler	Toprak Üstü Biyokütle (m^2/kg)	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	NDVI
Toprak Üstü Biyokütle (m^2/kg)	1	0,096	0,127	0,211	0,851**	0,246
Band 1	0,096	1	0,986**	0,873**	0,313*	-0,746**
Band 2	0,127	0,986**	1	0,884**	0,346*	-0,727**
Band 3	0,211	0,873**	0,884**	1	0,429**	-0,830**
Band 4	0,851**	0,313*	0,346*	0,429**	1	0,087
NDVI	0,246	-0,746**	-0,727**	-0,830**	0,087	1

*= $p < 0,05$ Önem Düzeyinde

**= $p < 0,01$ Önem Düzeyinde

Yersel ölçümler sonucu mera alanları için elde edilen regresyon denklemi (formül 11) ile mikro havzalardaki toplam biyokütle (toprak üstü + toprak altı) miktarları yağışa bağlı olarak belirlenmiştir. Toplam biyokütle miktarından arazide elde edilen toprak altı biyokütle miktarını çıkartmak suretiyle tüm noktaların toprak üstü biyokütle miktarları hesaplanmıştır.

Elde edilen toprak üstü biyokütle miktarlarına bağlı olarak geliştirilen regresyon denklemleri Tablo 30’da verilmiştir. Bu modeller ile her yağış miktarlarına göre Worldview-2 (WV2) uydu görüntüsüne ait bantların yansıma değerleri ile toprak üstü

biyokütle miktarları belirlenmiştir. Uydu görüntüsü ile hesaplanan toprak üstü biyokütle miktarlarına göre toprak altı biyokütle miktarları hesaplanmıştır (Tablo 30).

Tablo 30. Uydu görüntüleri ile yağış miktarları için elde edilen regresyon denklemleri.

Yağış Miktarları (mm)	Model No	Biyokütle Türü	Model	R ²	P
Bölge 1. <600 mm'den az yağış	1	TÜB	4,1531 - 9,30736 * NDVI	0,74 3	<0,0 5
		TAB	TÜB * 3,1203		
		TB	TÜB+TAB		
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	2	TÜB	-7,1223 + 0,01595 * Band 4	0,69 9	<0,0 5
		TAB	TÜB * 2,2733		
		TB	TÜB+TAB		
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	3	TÜB	-7,2063 + 0,01584 * Band 4 + 0,40016 *	0,70 6	<0,0 5
		TAB	TÜB * 2,2733		
		TB	TÜB+TAB		
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	4	TÜB	13,095 - 0,0501 * Band 3	0,72 2	<0,0 5
		TAB	TÜB * 2,21543		
		TB	TÜB+TAB		
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	5	TÜB	8,3429- 0,0087 * Band 4	0,8	<0,0 5
		TAB	TÜB*2,7832		
		TB	TÜB+TAB		

TÜB: Toprak Üstü Biyokütle, TAB: Toprak Altı Biyokütle, TB:Toplam Biyokütle

Yağış miktarlarına göre toprak üstü biyokütle miktarı ile bandların yansımaya değerleri üzerindeki ilişkiyi gösteren korelasyonlar Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. Yağış miktarlarına göre toprak üstü biyokütle miktarlarının bandların yansımaya değerlerine ilişkin korelasyon tablosu.

Yağış Miktarları (mm)	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	NDVI
Bölge 1. <600 mm'den az yağış	0,242	0,299*	0,375**	-0,012	-0,865**
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	-0,113	-0,08	-0,003	0,837**	0,147
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	-0,042	-0,349*	-0,853**	-0,12	0,217
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	-0,036	0,03	0,084	-0,897**	-

*=p<0,05 Önem Düzeyinde

**= p< 0,01 Önem Düzeyinde

Tablo 31’de görüldüğü gibi yağış miktarlarına göre uydu görüntülerinin yansıma değerleri ile toprak üstü biyokütle miktarları, 1. Bölge için NDVI ile negatif korelasyon ($r=-0,865$), 2. Bölge için Band 4 ile pozitif korelasyon ($r=+0,837$), 3. Bölge için Band 3 ile negatif korelasyon ($r=-0,853$) ve 4. Bölge için Band 4 ile negatif korelasyon ($r=-0,897$) bulunmuştur.

Uydu görüntülerinin yansıma değerleri ile geliştirilmiş olan modeller sonucunda mera alanları için hesaplanan toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları Tablo 32’de verilmiştir.

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalara ait sayısal meşçere haritaları incelendiğinde toplam çalışma alanının % 42,3 (154.304,4 ha)’ü mera alanı olarak bulunmuştur (Tablo 7). Mikro havzalardan hesaplanmış toplam biyokütle miktarları mera alanları için 232.626 ton olarak hesaplanmıştır (Tablo 32).

Tablo 32. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait toplam toprak üstü, toprak altı ve toplam biyokütle miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü	Toprak Altı	Toplam Biyokütle
		Toplam Biyokütle (ton)	Toplam Biyokütle (ton)	(ton) %
Taht	14983	6794 %24,2	21199 75,80%	27993 %100
Masat	9192,7	2553 %30,6	5803 %69,4	8356 %100
İspir	14303,9	5698 %30,5	12954 %69,5	18652 %100
Uzundere	10783,5	2629 %24,3	8204 %75,7	10833 %100
Oltu	17235,9	5730 %30,6	13025 69,40%	18754 %100
Olur	21323,4	6065 30,50%	13787 69,50%	19891 %100
İspir Kuzey	10350,5	7278 %31,1	16123 68,90%	23400 %100
Tortum Kuzey	24371,7	9274 %24,3	28939 75,70%	38213 %100
Bıçakçılar	10998,9	8276 26,40%	23033 75,60%	31309 %100
Kılıçkaya	8090,1	3733 %31,1	8270 %68,9	12003 %100
Veliköy	12670,6	6148 %26,4	17111 %73,6	23259 %100
Toplam	154304,4	64.178	168.448	232.626
(%)	42,3	27,6	72,4	100

Tablo 32'yi incelediğimizde toplam biyokütle içerisindeki toprak üstü biyokütle miktarı en fazla İspir Kuzey ve Kılıçkaya (% 31,1) en az ise Taht (%24,2) mikro havzalarında bulunmuştur. Toplam biyokütle içerisindeki toprak altı biyokütle miktarları ise en fazla Taht (% 75,8) en az ise İspir Kuzey ve Kılıçkaya (68,9) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Toplam biyokütlenin bütün mikro havza içerisindeki yüzde dağılımına bakıldığında ise, toplam biyokütlenin (232.626 ton) % 27,6'sı toprak üstü biyokütle, % 72,4'ü ise toprak altı biyokütle miktarı olarak bulunmuştur.

Mikro havzaların mera alanlarındaki hektardaki ortalama biyokütle miktarları ise; Taht (2,9 ton/ha), Masat (1,9 ton/ha), İspir (2,5 ton/ha), Uzundere (4,8 ton/ha), Oltu (3,4 ton/ha), Olur (2,2 ton/ha), İspir Kuzey (10 ton/ha), Tortum Kuzey (2,3 ton/ha), Bıçakçılar (6,6 ton/ha), Kılıçkaya (5,2 ton/ha) ve Veliköy (11 ton/ha) olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarı ise (4,8 ton/ha)'dır (Tablo 33).

Tablo 33. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı ve toplam biyokütle miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Ortalama Toprak Üstü Biyokütle (ton)	Ortalama Toprak Altı Biyokütle (ton)	Ortalama Toplam Biyokütle (ton)	Hektardaki Biyokütle (ton/ha)
Taht	14983	3,2	10	13,2	2,9
Masat	9192,7	3,3	7,5	10,8	1,9
İspir	14303,9	4	9,2	13,2	2,5
Uzundere	10783,5	3	9,3	12,3	4,8
Oltu	17235,9	3,3	7,5	10,8	3,4
Olur	21323,4	3,9	8,9	12,8	2,2
İspir Kuzey	10350,5	4,4	9,7	14,1	10
Tortum Kuzey	24371,7	3	10	13	2,3
Bıçakçılar	10998,9	4	12	16	6,6
Kılıçkaya	8090,1	4	9,6	13,6	5,2
Veliköy	12670,6	4,6	13	17,6	11
Ortalama		3,4	8,9	12,3	4,8

Her bir mikro havzadaki mera alanları için hesaplanan toprak üstü ve toprak altı karbon miktarları ve yüzdeleri Tablo 34'de verilmiştir. Mikro havzaların bünyesinde depolamış oldukları toplam karbon miktarı ise mera alanları için 116.311 ton olarak bulunmuştur. Mikro havzaların depolamış oldukları karbon miktarları incelendiğinde en fazla karbon Tortum Kuzey (19.107 ton) ve en az karbon ise Masat (4.178 ton) mikro havzalarında bulunmuştur. Tablo 34'ü incelediğimizde toplam karbon miktarı

içerisindeki toprak üstü ve toprak altı karbon miktarı yüzdeleri toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarı yüzdeleri ile aynı orandadır.

Tablo 34. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait toprak üstü, toprak altı ve toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

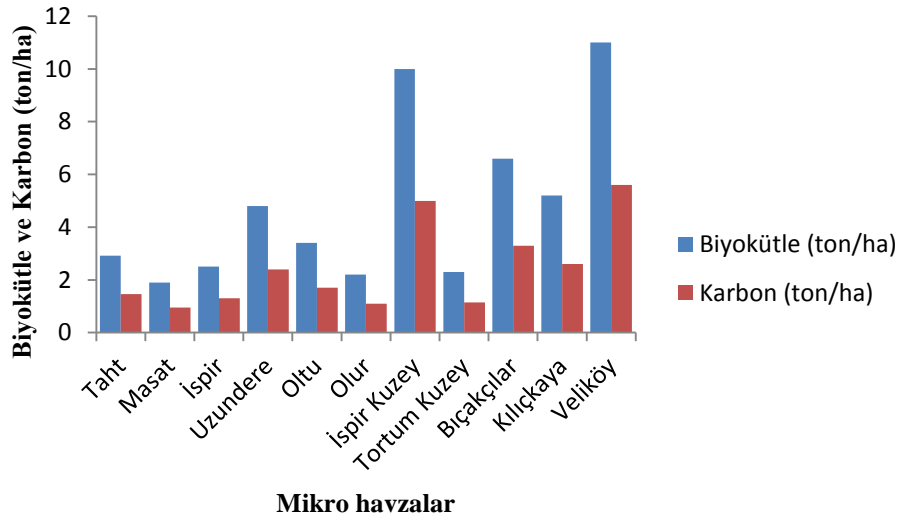
Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü Toplam Karbon (ton)	Toprak Altı Toplam Karbon (ton) %	Toplam Karbon (ton) %
Taht	14983	3397 %24,2	10600 %75,8	13997 %100
Masat	9192,7	1276 %30,6	2902 %69,4	4178 %100
İspir	14303,9	2849 %30,5	6477 %69,5	9326 %100
Uzundere	10783,5	1315 %24,3	4102 %75,7	5417 %100
Oltu	17235,9	2865 %30,6	6512 %69,4	9377 %100
Olur	21323,4	3032 %30,5	6893 %69,5	9926 %100
İspir Kuzey	10350,5	3638 %31,1	8062 %68,9	11700 %100
Tortum Kuzey	24371,7	4637 %24,3	14469 %24,3	19107 %100
Bıçakçılar	10998,9	4138 %26,4	11516 %75,6	15654 %100
Kılıçkaya	8090,1	1866 %31,1	4135 %68,9	6001 %100
Veliköv	12670,6	3074 %26,4	8556 %73,6	11630 %100
Toplam	154304,4	32.087	84.224	116.311
(%)	42,3	27,6	72,4	100

Toplam karbon miktarının mikro havza dağılımına bakıldığında, toplam karbonun (116.311 ton) % 27,6'sı (32.087 ton) toprak üstü karbon ve % 72,4'ü (84.224 ton) toprak altı karbon miktarı olarak bulunmuştur (Tablo 34).

Mikro havzaların hektarda depolamış oldukları karbon miktarını incelediğimizde; Taht (1,5 ton/ha), Masat (1,0 ton/ha), İspir (1,3 ton/ha), Uzundere (2,4 ton/ha), Oltu (1,7 ton/ha), Olur (1,1 ton/ha), İspir Kuzey (5 ton/ha), Tortum Kuzey (1,2 ton/ha), Bıçakçılar (3,3 ton/ha), Kılıçkaya (2,6 ton/ha) ve Veliköy (5,6 ton/ha) olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama karbon miktarı ise (2,4 ton/ha)'dır (Tablo 35). Mikro havzaların mera alanlarındaki ortalama biyokütle ve karbon miktarları Şekil 23'de verilmiştir.

Tablo 35. Mikro havzalardaki mera alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı ve toplam karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Ortalama Toprak Üstü Karbon (ton)	Ortalama Toprak Altı Karbon (ton)	Ortalama Toplam Karbon (ton)	Hektardaki Karbon (ton/ha)
Taht	14983	1,6	5	6,6	1,5
Masat	9192,7	3,7	3,7	7,4	1,0
İspir	14303,9	2	4,6	6,6	1,3
Uzundere	10783,5	1,5	4,6	6,1	2,4
Oltu	17235,9	1,7	3,8	5,5	1,7
Olur	21323,4	1,9	4,4	6,3	1,1
İspir Kuzey	10350,5	2	4,8	6,8	5
Tortum Kuzey	24371,7	1,6	5	6,6	1,2
Bıçakçılar	10998,9	2,2	6	8,2	3,3
Kılıçkaya	8090,1	2,2	4,8	7	2,6
Veliköy	12670,6	2,3	6,3	8,6	5,6
Ortalama		2,1	4,8	6,9	2,4



Şekil 23. Mikro havzaların mera alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

3.4 Mera Alanlarında Yersel Ölçümler ve Uydu Görüntüsüne ait Hesaplanan Biyokütle Miktarının Karşılaştırılması

Yağış miktarlarına göre yersel ölçümler ve uydu görüntülerinin yansıma değerleri ile hesaplanmış olan ortalama biyokütle miktarları Tablo 36’da verilmiştir.

Tablo 36. Yersel ölçümler ve uydu görüntülerine ait hesaplanan biyokütle miktarlarının karşılaştırılması.

Yağış Miktar- larına Göre Bölgeler	Yersel Ölçümler Ortalama Biyokütle (ton/ha)	Uydu Ortalama Biyokütle (ton/ha)	Fark Yersel- Uydu	Biyokütle Türü	Düzeltilmiş Modeller
1. Bölge	4,86	4,79	-0,07	TÜB	4,1531 - 9,30736 * NDVI
				TAB	TÜB * 3,1203
				TB	(TÜB+TAB)* 1,015
2. Bölge	4,97	5,45	+0,48	TÜB	-7,1223 + 0,01595 * Band 4
				TAB	TÜB * 2,2733
				TB	(TÜB+TAB)* 0,912
2. Bölge	4,97	5,45	+0,48	TÜB	-7,2063 + 0,01584 * Band 4 +
				TAB	TÜB * 2,2733
				TB	(TÜB+TAB)* 0,912
3. Bölge	4,95	5,93	+0,98	TÜB	13,095 - 0,0501 * Band 3
				TAB	TÜB * 2,21543
				TB	(TÜB+TAB)* 0,835
4. Bölge	6,38	6,76	+0,38	TÜB	8,3429- 0,0087 * Band 4
				TAB	TÜB*2,7832
				TB	(TÜB+TAB)* 0,944

TÜB: Toprak Üstü Biyokütle, TAB: Toprak Altı Biyokütle, TB: Toplam Biyokütle

Tablo 36'yı incelediğimizde yersel ölçümler sonucu elde ettiğimiz toplam biyokütle (toprak üstü ve toprak altı) miktarları ile uydu görüntülerinde elde edilen yansıma değerleri sonucunda hesaplanmış toplam biyokütle (toprak üstü ve toprak altı) miktarları verilmiştir. Buna göre 1. Bölgede yersel ölçümler sonucu hesaplanan biyokütle miktarı 4,86 ton/ha iken uydu görüntüsüyle hesaplanan toplam biyokütle miktarı -0,07 ton/ha fark ile 4,79 ton/ha, 2. Bölgede +0,48 ton/ha fark ile uydu görüntüsünde 5,45 ton/ha, 3. Bölgede +0,98 ton/ha ile 5,93 ton/ha ve 4. Bölgede ise +0,38 ton/ha ile 6,76 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Yersel ölçümler sonucu hesaplanan toplam biyokütle miktarının uydu görüntüsü ile hesaplanmış olan biyokütle miktarlarına oranlanmasıyla elde edilen oran, geliştirilmiş olan modellerdeki toplam biyokütle miktarı ile çarpılarak mera alanları için en doğru hesaplama yapılmıştır.

Bu karşılaştırma sonucunda 1. Bölge için uydu görüntüsünden elde edilen toplam biyokütle miktarının 1,015, 2. Bölgenin 0,912, 3. Bölgenin 0,835 ve 4. Bölgeninde 0,944 ile çarpılmasıyla mera alanlarındaki toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarları en doğru şekilde hesaplanmaktadır.

3.5 Verimli ve Boşluklu Kapalı Orman Alanlarda Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

3.5.1 Verimli Orman Alanlarda Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalara ait sayısal meşçere haritaları incelendiğinde toplam çalışma alanının % 13,7 (49.983,5 ha)'si verimli orman alanı olarak bulunmuştur (Tablo 7). Mikro havzaların 2014 yılı için hesaplanmış toplam biyokütle miktarları verimli orman alanları için 5.487.573 ton olarak hesaplanmıştır (Tablo 37).

Tablo 37. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam biyokütle miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü Toplam Biyokütle (ton) %	Toprak Altı Toplam Biyokütle (ton) %	Toplam Ölü Odun (ton) %	Toplam Ölü Örtü (ton) %	Toplam Biyokütle (ton) %
Taht	1233	14109 %69	4219 %20,6	141 %0,7	1975 %9,7	20444 %100
Masat	4250,3	33646 %68	7739 %15,7	336 %0,7	7727 %15,9	75063 %100
İspir	2016,4	40716 %71,8	7769 %13,7	407 %0,7	7791 %13,8	56684 %100
Uzundere	5130,6	308449 %67,1	89401 %19,5	3084 %0,7	58533 %12,7	459467 %100
Oltu	3866,5	208499 %64,6	67030 %20,8	2085 %0,6	45343 %14	322959 %100
Olur	4965,2	371763 %71,7	85779 %16,6	3718 %0,7	57195 %11	518455 %100
İspir Kuzey	4840,9	420384 %68,9	121385 %19,9	4204 %0,7	64560 %10,5	610533 %100
Tortum Kuzey	1254,1	99596 %67,6	28794 %19,5	996 %0,7	18030 %12,2	147415 %100
Bıçakçılar	4842,5	542054 %70,5	155065 %20,2	5421 %0,7	66039 %8,6	768578 %100
Kılıçkaya	3115,1	328261 %71,9	79499 %17,4	3283 %0,7	45565 %10	456607 %100
Veliköy	14468,8	1490997 %72	421299 %20,2	14910 %0,7	142743 %6,9	2069948 %100
Toplam	49983,5	3.862.337	1.071.111	38.624	515.501	5.487.573
%	13,7	70,04	19,5	0,7	9,4	100

Her bir mikro havzadaki orman alanları için hesaplanan toprak üstü, toprak altı, ölü odun, ölü örtü ve toplam biyokütle miktarları Tablo 37'de verilmiştir. Tablo 37'yi incelediğimizde toplam biyokütle içerisindeki toprak üstü biyokütle miktarı en fazla Veliköy (% 72) en az ise Oltu (%64,6) mikro havzalarında bulunmuştur. Toplam

biyokütle içerisindeki toprak altı biyokütle miktarları ise en fazla Oltu (% 20,8) en az ise İspir (13,7) mikro havzalarında bulunmuştur.

Toplam biyokütlenin bütün mikro havza içerisindeki yüzde dağılımına bakıldığında ise, toplam biyokütlenin (5.487.573 ton) % 70,04'ü toprak üstü biyokütle % 19,5'i toprak altı biyokütle, % 0,7'si ölü oduna ait biyokütle ve % 9,4'ü ise ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarı olarak bulunmuştur.

Mikro havzaların hektardaki ortalama verimli ormanlık alanlar için biyokütle miktarları; Taht (15,9 ton/ha), Masat (14,7 ton/ha), İspir (43 ton/ha), Uzundere (89,5 ton/ha), Oltu (78 ton/ha), Olur (94 ton/ha), İspir Kuzey (121 ton/ha), Tortum Kuzey (104 ton/ha), Bıçakçılar (149 ton/ha), Kılıçkaya (139 ton/ha) ve Veliköy (138 ton/ha) olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarı ise (89,6 ton/ha)'dır (Tablo 38).

Tablo 38. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Ortalama Toprak Üstü Biyokütle (ton)	Ortalama Toprak Altı Biyokütle (ton)	Ortalama Ölü Odun (ton)	Ortalama Ölü Örtü (ton)	Ortalama Toplam Biyokütle (ton)	Hektardaki Ortalama Biyokütle (ton/ha)
Taht	1233	141	42	1,4	19,7	204	15,9
Masat	4250,3	125	28,7	1,2	28,6	278	14,7
İspir	2016,4	271	52	2,7	52	378	43
Uzundere	5130,6	450	131	4,5	85	658	89,5
Oltu	3866,5	656	211	6,6	143	1016	78
Olur	4965,2	812	187	8,1	125	1132	94
İspir Kuzey	4840,9	748	216	7,5	115	1086	121
Tortum Kuzey	1254,1	459	133	4,6	83	679	104
Bıçakçılar	4842,5	768	220	7,7	94	1089	149
Kılıçkaya	3115,1	599	145	6	83	833	139
Veliköy	14468,8	601	170	6	57,5	834	138
Ortalama		511,8	139,6	5,1	80,5	744,3	89,6

Mikro havzaların 2014 yılı itibariyle bünyesinde depolamış oldukları toplam karbon miktarları verimli orman alanları için 2.792.938 ton olarak bulunmuştur (Tablo 39). Mikro havzaların depolamış oldukları karbon miktarları incelendiğinde en fazla karbon Veliköy (1.053.367 ton) ve en az karbon ise Taht (10.328 ton) mikro havzalarında bulunmuştur. Her bir mikro havzadaki orman alanları için hesaplanan toprak üstü, toprak altı, ölü odun, ölü örtü ve toplam karbon miktarları Tablo 39'da

verilmiştir. Tablo 39’u incelediğimizde toplam karbon miktarı içerisindeki toprak üstü karbon miktarı en fazla Veliköy (% 72,1) en az ise Oltu (%64,6) mikro havzalarında bulunmuştur. Toplam karbon içerisindeki toprak altı karbon miktarları ise en fazla Oltu (% 20,8) en az ise İspir (13,7) mikro havzalarında bulunmuştur.

Toplam karbon miktarının mikro havza dağılımına bakıldığında ise, toplam karbonun (2.792.398 ton) % 70,5’i toprak üstü karbon, % 19,5’i toprak altı karbon, % 0,6’sı ölü odun içerisindeki karbon ve % 9,4’ü ise ölü örtü içerisindeki karbon miktarı olarak bulunmuştur (Tablo 39).

Tablo 39. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

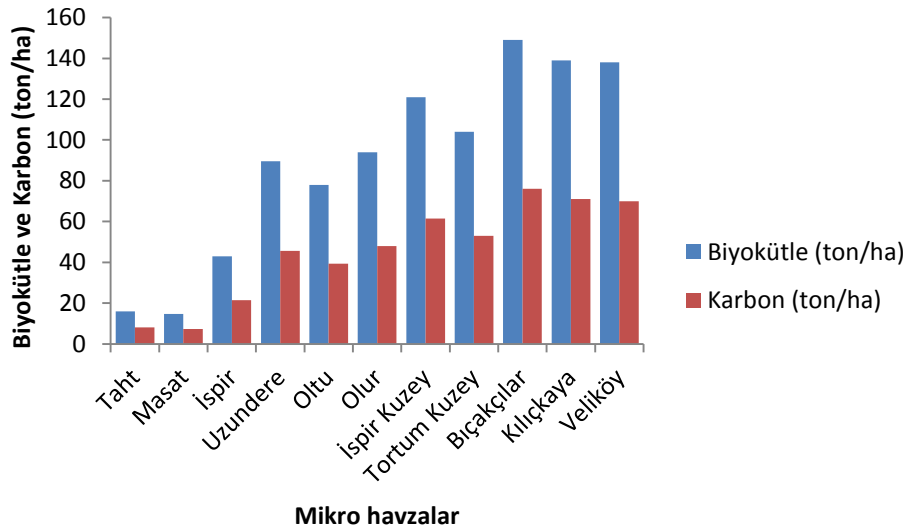
Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü Toplam Karbon (ton) %	Toprak Altı Toplam Karbon (ton) %	Toplam Ölü Odun (ton) %	Toplam Ölü Örtü (ton) %	Toplam Karbon (ton) %
Taht	1233	7157 %69,3	2140 %20,7	66,3 %0,6	964 %9,4	10328 %100
Masat	4250,3	16816 %68	3868 %15,7	158 %0,6	3856 %15,7	24697 %100
İspir	2016,4	20343 %71,8	3865 %13,7	191 %0,7	3898 %13,8	28309 %100
Uzundere	5130,6	157284 %67,2	45589 %19,5	1450 %0,6	29848 %12,7	234171 %100
Oltu	3866,5	105986 %64,6	34103 %20,8	980 %0,6	23053 %14	164122 %100
Olur	4965,2	189579 %71,7	43743 %16,6	1747 %0,7	29162 %11	264231 %100
İspir Kuzey	4840,9	214133 %68,9	61846 %19,9	1976 %0,6	32886 %10,6	310840 %100
Tortum Kuzey	1254,1	50749 %67,6	14674 %19,6	468 %0,6	9186 %12,2	75078 %100
Bıçakçılar	4842,5	276447 %70,6	79083 %20,1	2548 %0,7	33681 %8,6	391759 %100
Kılıçkaya	3115,1	167413 %71,9	40544 %17,4	1543 %0,7	23239 %10	232739 %100
Veliköy	14468,8	759292 %72,1	214604 %20,3	7008 %0,7	72418 %6,9	1053367 %100
Toplam	49983,5	1.966.992	545.602	18.153	262.191	2.792.938
%	13,7	70,5	19,5	0,6	9,4	100

Mikro havzaların hektarda depolamış oldukları karbon miktarlarını incelediğimizde; Taht (8,0 ton/ha), Masat (7,3 ton/ha), İspir (21,5 ton/ha), Uzundere (45,6 ton/ha), Oltu (39,4 ton/ha), Olur (48 ton/ha), İspir Kuzey (61,4 ton/ha), Tortum Kuzey (53 ton/ha), Bıçakçılar (76 ton/ha), Kılıçkaya (71 ton/ha) ve Veliköy (70 ton/ha) olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama karbon miktarı ise (45,6

ton/ha)'dır (Tablo 40). Mikro havzaların verimli orman alanlarındaki ortalama biyokütle ve karbon miktarları Şekil 24'de verilmiştir.

Tablo 40. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Ortalama Toprak Üstü Karbon (ton)	Ortalama Toprak Altı Karbon (ton)	Ortalama Ölü Odun (ton)	Ortalama Ölü Örtü (ton)	Ortalama Toplam Karbon (ton)	Hektardaki Ortalama Karbon (ton/ha)
Taht	1233	72	21	0,66	9,6	103	8,0
Masat	4250,3	62	14	0,6	14	91	7,3
İspir	2016,4	136	26	1,3	26	189	21,5
Uzundere	5130,6	230	67	2,12	43,6	342	45,6
Oltu	3866,5	333	107	3,1	72	516	39,4
Olur	4965,2	414	96	3,8	63,7	577	48
İspir Kuzey	4840,9	381	110	3,52	58,5	553	61,4
Tortum Kuzey	1254,1	234	68	2,16	42	346	53
Bıçakçılar	4842,5	392	112	3,61	48	555	76
Kılıçkaya	3115,1	305	74	2,8	42	425	71
Veliköy	14468,8	306	86	2,8	29	424	70
Ortalama		260,5	71	2,4	40,8	374,6	45,6



Şekil 24. Mikro havzaların verimli orman alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

3.5.2 Boşluklu Kapalı Orman Alanlarda Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalara ait sayısal meşçere haritaları incelendiğinde toplam çalışma alanının % 18,3 (66.822 ha)'ı boşluklu kapalı orman alanı olarak bulunmuştur (Tablo 7). Toplam biyokütle miktarları boşluklu kapalı orman alanları için 667.342 ton olarak hesaplanmıştır (Tablo 41).

Her bir mikro havzadaki boşluklu kapalı orman alanları için hesaplanan toprak üstü, toprak altı, ölü odun, ölü örtü ve toplam biyokütle miktarları Tablo 41'de verilmiştir. Tablo 41'i incelediğimizde toplam biyokütle içerisindeki toprak üstü biyokütle miktarı en fazla Uzundere (% 53,6) en az ise Taht (%30,3) mikro havzalarında bulunmuştur. Toplam biyokütle içerisindeki toprak altı biyokütle miktarları ise en fazla Uzundere (% 22,4) en az ise Taht (% 12,7) mikro havzalarında bulunmuştur.

Tablo 41. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam biyokütle miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü Toplam Biyokütle (ton) %	Toprak Altı Toplam Biyokütle (ton) %	Topalm Ölü Odun (ton) %	Toplam Ölü Örtü (ton) %	Toplam Biyokütle (ton) %
Taht	1120,8	2009 %30,3	841 %12,7	20,09 %0,3	3762 %56,7	6632 %100
Masat	3765,1	8068 %35,1	3498 %15,1	80,68 %0,4	11364 %49,4	23011 %100
İspir	4064,2	13421 %42,4	5757 %18,2	134,2 %0,4	12345 %39	31657 %100
Uzundere	9317,3	67536 %53,6	28282 %22,4	675 %0,5	29536 %23,5	126030 %100
Oltu	6275,1	33540 %50,7	14081 %21,3	335 %0,5	18168 %27,5	66125 %100
Olur	8771,4	51308 %50,3	21089 %20,7	513 %0,5	29003 %28,5	101913 %100
İspir Kuzey	8844,7	40926 %47	17176 %19,8	409 %0,5	28494 %32,7	87006 %100
Tortum Kuzey	5631,5	34200 %51,7	14659 %22,2	342 %0,5	16971 %25,6	66172 %100
Bıçakçılar	4424,8	11373 %39,1	4718 %16,2	113,7 %0,4	12872 %44,3	29077 %100
Kılıçkaya	8902,9	31985 %43	13097 %17,6	320 %0,4	29051 %39	74453 %100
Veliköy	5704,4	27251 %49,3	11374 %20,6	273 %0,5	16368 %29,6	55266 %100
Toplam	66822	321.617	134.572	3.216	207.934	667.342
%	18,3	48,19	20,17	0,48	31,16	100

Toplam biyokütlenin bütün mikro havza içerisindeki yüzde dağılımına bakıldığında ise, toplam biyokütlenin (667.342 ton) % 48,19'u toprak üstü biyokütle, % 20,17'si toprak altı biyokütle, % 0,48'i ölü oduna ait biyokütle ve % 31,16'sı ise ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarı olarak bulunmuştur (Tablo 41).

Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarları ise; Taht 6 ton/ha, Masat 6,2 ton/ha, İspir 7,9 ton/ha, Uzundere 13 ton/ha, Oltu 10 ton/ha, Olur 10,7 ton/ha, İspir Kuzey 10,4 ton/ha, Tortum Kuzey 12,5 ton/ha, Bıçakçılar 6,9 ton/ha, Kılıçkaya 9,3 ton/ha ve Veliköy 9,8 ton/ha olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarı ise 9,3 ton/ha'dır (Tablo 42).

Tablo 42. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Ortalama Toprak Üstü Biyokütle (ton)	Ortalama Toprak Altı Biyokütle (ton)	Ortalama Ölü Odun (ton)	Ortalama Ölü Örtü (ton)	Ortalama Toplam Biyokütle (ton)	Hektardaki Ortalama Biyokütle (ton/ha)
Taht	1120,8	25,8	10,8	0,26	48,2	85	6
Masat	3765,1	53	23	0,53	74,8	151	6,2
İspir	4064,2	50	21,3	0,5	46	117	7,9
Uzundere	9317,3	124	52	1,2	54	231	13
Oltu	6275,1	104	43,9	1,04	56,6	206	10
Olur	8771,4	138	57	1,4	78	274	10,7
İspir Kuzey	8844,7	97	41	1	67	205	10,4
Tortum Kuzey	5631,5	111	48	1,11	55	216	12,5
Bıçakçılar	4424,8	23,7	9,8	0,2	27	61	6,9
Kılıçkaya	8902,9	52	21	0,5	47	122	9,3
Veliköy	5704,4	23	9	0,2	13,7	46	9,8
Ortalama		72,9	30,6	0,7	51,6	155,8	9,3

Mikro havzaların boşluklu kapalı ormanlık alanlarda 2014 yılı itibariyle bünyesinde depolamış oldukları toplam karbon miktarları boşluklu kapalı orman alanları için 335.331 ton olarak bulunmuştur. Mikro havzaların depolamış oldukları karbon miktarları incelendiğinde en fazla karbon Uzundere 63.171 ton ve en az karbon ise Taht 3.343 ton mikro havzalarında bulunmuştur. Her bir mikro havzadaki orman alanları için hesaplanan toprak üstü, toprak altı, ölü odun, ölü örtü ve toplam karbon miktarları Tablo 43'de verilmiştir. Tablo 43'ü incelediğimizde toplam karbon miktarı içerisindeki toprak üstü karbon miktarı en fazla Uzundere (% 53,5) en az ise Taht (%30,1) mikro havzalarında bulunmuştur. Toplam karbon içerisindeki toprak altı

karbon miktarları ise en fazla Uzundere (% 22,4) en az ise Taht (12,6) mikro havzalarında bulunmuştur.

Toplam karbon miktarının mikro havza dağılımına bakıldığında ise, toplam karbonun (335.331 ton) % 48,15'i toprak üstü karbon, % 20,12'si toprak altı karbon, % 0,45'i ölü oduna içerisindeki karbon ve % 31,28'i ise ölü örtü içerisindeki karbon miktarı olarak bulunmuştur (Tablo 43).

Tablo 43. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

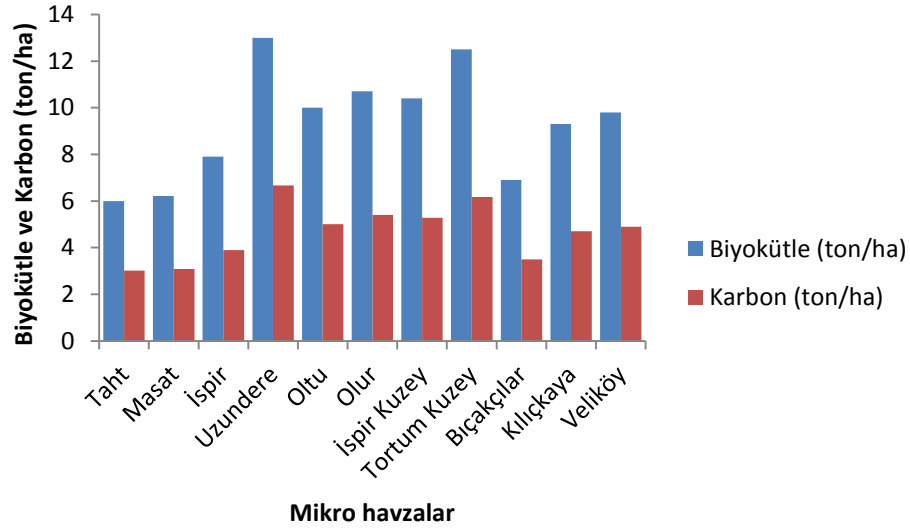
Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü Toplam Karbon (ton) %	Toprak Altı Toplam Karbon (ton) %	Toplam Ölü Odun (ton) %	Toplam Ölü Örtü (ton) %	Toplam Karbon (ton) %
Taht	1120,8	1006 %30,1	420 %12,6	9,44 %0,3	1908 %57	3343 %100
Masat	3765,1	3979 %34,8	1722 %15	37,9 %0,3	5715 %49,9	11454 %100
İspir	4064,2	6650 %42,1	2847 %18,1	63,1 %0,4	6212 %39,4	15772 %100
Uzundere	9317,3	33809 %53,5	14132 %22,4	317 %0,5	14912 %23,6	63171 %100
Oltu	6275,1	16768 %50,7	7028 %21,2	157,6 0%0,5	9149 %27,6	33104 %100
Olur	8771,4	25884 %50,3	10625 %20,7	241 %0,5	14659 %28,5	51410 %100
İspir Kuzey	8844,7	20872 %47,2	8760 %19,8	192 %0,4	14404 %32,6	44228 %100
Tortum Kuzey	5631,5	16952 %51,5	7251 %22,1	161 %0,5	8533 %25,9	32897 %100
Bıçakçılar	4424,8	5716 %39,2	2367 %16,2	53,5 %0,4	6443 %44,2	14580 %100
Kılıçkaya	8902,9	16161 %43	6610 %17,5	150 %0,4	14699 %39,1	37620 %100
Veliköy	5704,4	13658 %49,2	5690 %20,5	128 %0,5	8279 %29,8	27755 %100
Toplam	66822	161.455	67.452	1.511	104.913	335.331
%	18,3	48,15	20,12	0,45	31,28	100

Mikro havzaların hektarda depolamış oldukları karbon miktarını incelediğimizde; Taht 3,0 ton/ha, Masat 3,1 ton/ha, İspir 3,9 ton/ha, Uzundere 6,7 ton/ha, Oltu 5 ton/ha, Olur 5,4 ton/ha, İspir Kuzey 5,3 ton/ha, Tortum Kuzey 6,2 ton/ha, Bıçakçılar 3,5 ton/ha, Kılıçkaya 4,7 ton/ha ve Veliköy 4,9 ton/ha olarak belirlenmiştir (Tablo 44). Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarı ise 4,7 ton/ha'dır. Mikro

havzaların boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki ortalama biyokütle ve karbon miktarları Şekil 25’de verilmiştir.

Tablo 44. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarına ait ortalama toprak üstü, toprak altı, ölü odun ve ölü örtü içerisindeki karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Ortalama Toprak Üstü Karbon (ton)	Ortalama Toprak Altı Karbon (ton)	Ortalama Ölü Odun (ton)	Ortalama Ölü Örtü (ton)	Ortalama Toplam Karbon (ton)	Hektardaki Ortalama Karbon (ton/ha)
Taht	1120,8	12,9	5,39	0,12	24,5	42,9	3,0
Masat	3765,1	26,2	11,3	0,25	37,6	75	3,1
İspir	4064,2	24,6	10,5	0,23	23	58,4	3,9
Uzundere	9317,3	62	25,9	0,58	27,4	116	6,7
Oltu	6275,1	52	21,9	0,5	29	103	5
Olur	8771,4	70	28,5	0,6	39	138	5,4
İspir Kuzey	8844,7	49	21	0,5	34	104	5,3
Tortum Kuzey	5631,5	55	24	0,5	28	107	6,2
Bıçakçılar	4424,8	11,9	4,9	0,11	13	30	3,5
Kılıçkaya	8902,9	26	11	0,2	24	61	4,7
Veliköy	5704,4	11	4,7	0,1	6,9	23	4,9
Ortalama		36,4	15,4	0,3	26	78	4,7



Şekil 25. Mikro havzaların boşluklu kapalı orman alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

3.6 Tarım Alanlarında Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Çalışma alanı içerisindeki mikro havzalara ait sayısal meşçere haritaları incelendiğinde toplam çalışma alanının % 15,8 (57.664,1 ha)’ı tarım alanı olarak bulunmuştur (Tablo 7). Mikro havza sınırları içerisinde kalan tarım alanlarında

hesaplanmış olunan toplam biyokütle miktarı 467.997 ton ve toplam karbon miktarı 202.826 ton olarak bulunmuştur (Tablo 45).

Mikro havzadaki tarım alanlarında hesaplanan toplam toprak üstü biyokütle miktarı 387.562 ton ve toplam toprak altı biyokütle miktarı ise 80.435 ton olarak hesaplanmıştır (Tablo 45). Hesaplanan toplam biyokütlenin % 82,8'i toprak üstü ve 17,2'si ise toprak altı biyokütledir. Hesaplanan toplam karbon miktarının % 86'sı toprak üstü karbon ve % 14'ü ise toprak altı karbon olarak hesaplanmıştır.

Tablo 45. Mikro havzalardaki tarım alanlarına ait toprak üstü ve toprak altı içerisindeki toplam biyokütle, toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toprak Üstü	Toprak Altı	Toprak Üstü	Toprak Altı	Toplam Biyokütle	Toplam Karbon
		Toplam Biyokütle (ton)	Toplam Biyokütle (ton)	Toplam Karbon (ton)	Toplam Karbon (ton)	(ton) %	(ton) %
Taht	9522,1	58875	16069	26494	7231	74943 %16	33724 %16,6
Masat	2511,1	15470	4271	6961	1922	19741 %4,2	8883 %0,4
İspir	9205,9	58710	10427	26419	4692	68631 %14,7	31111 %15,3
Uzundere	3458,9	23642	4095	10639	1843	27737 %5,9	12482 %6,2
Oltu	6623,9	40270	9469	18121	4261	49738 %10,6	22382 %11
Olur	4762,2	34593	4711	15567	2120	39304 %8,4	17687 %8,7
İspir Kuzey	1543,9	9846	1752	4431	788	11598 %2,5	5219 %2,6
Tortum Kuzey	5739,5	35161	4920	15823	2214	40081 % 8,6	18037 %8,9
Bıçakçılar	1154,8	7904	2848	3557	1281	10752 %2,3	4838 %2,4
Kılıçkaya	3380,9	23154	8335	10419	3751	31489 %6,7	14170 %7
Veliköy	9760,7	79937	14045	35972	6320	93983 %20,1	42292 %20,9
Toplam	57664,1	387.562	80.435	174.403	28.423	467.997	202.826
(%)	15,8	82,8	17,2	86	14	100	100

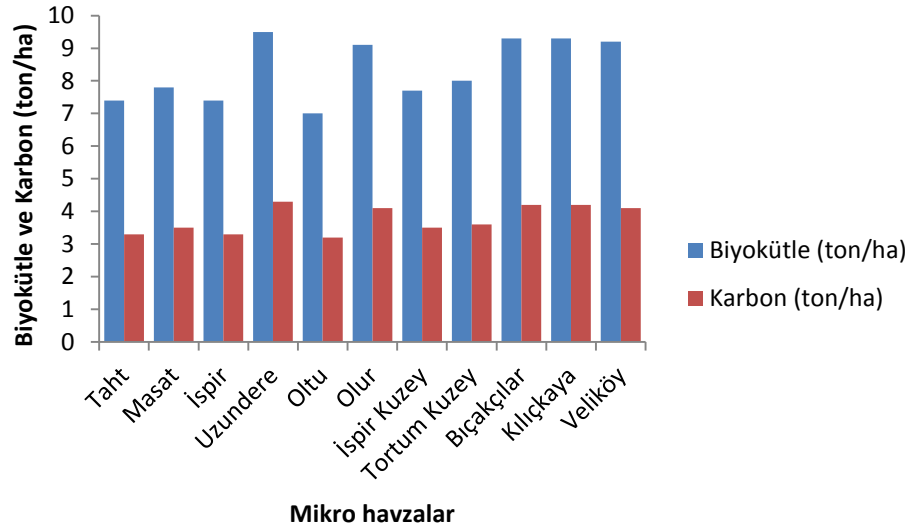
Tablo 45'i incelediğimizde, mikro havzaların büyüklüğüne göre toplam biyokütle ve karbon miktarları değişmektedir. Tarım alanlarındaki toplam biyokütle miktarının % 16'sı Taht, %4,2'si Masat, %14,7'si İspir, %5,9'u Uzundere, %10,6'sı Oltu, %8,4'ü Olur, %2,5'i İspir Kuzey, %8,6'sı Tortum Kuzey, % 2,3'ü Bıçakçılar, %6,7'si Kılıçkaya ve %20,1'i Veliköy mikro havzalarında olduğu hesaplanmıştır. Tarım alanlarında depolanan toplam karbonun % 16,6'sı Taht, %0,4'ü Masat, %15,3'ü İspir,

%6,2'si Uzundere, %11'i Oltu, %8,7'si Olur, %2,6'sı İspir Kuzey, %8,9'u Tortum Kuzey, % 2,4'ü Bıçakçılar, %7'si Kılıçkaya ve %20,9'u Veliköy mikro havzalarında depolanmaktadır (Tablo 45).

Mikro havzaların tarım alanlardaki ortalama biyokütle ve karbon miktarları Tablo 46 ve Şekil 26'da verilmiştir.

Tablo 46. Mikro havzalardaki tarım alanlarına ait hektardaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Ortalama Biyokütle (ton/ha)	Hektardaki Ortalama Karbon (ton/ha)
Taht	9522,1	7,4	3,3
Masat	2511,1	7,8	3,5
İspir	9205,9	7,4	3,3
Uzundere	3458,9	9,5	4,3
Oltu	6623,9	7	3,2
Olur	4762,2	9,1	4,1
İspir Kuzey	1543,9	7,7	3,5
Tortum Kuzey	5739,5	8	3,6
Bıçakçılar	1154,8	9,3	4,2
Kılıçkaya	3380,9	9,3	4,2
Veliköy	9760,7	9,2	4,1
Ortalama		8,3	3,8



Şekil 26. Mikro havzaların tarım alanlarındaki biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarları; Taht 7,4 ton/ha, Masat 7,8 ton/ha, İspir 7,4 ton/ha, Uzundere 9,5 ton/ha, Oltu 7 ton/ha, Olur 9,1 ton/ha, İspir Kuzey 7,7 ton/ha, Tortum Kuzey 8 ton/ha, Bıçakçılar 9,3 ton/ha, Kılıçkaya 9,3 ton/ha

ve Veliköy 9,2 ton/ha olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama biyokütle miktarı ise 8,3 ton/ha'dır (Tablo 46). Mikro havzaların hektarda depolanmış oldukları karbon miktarını incelediğimizde; Taht 3,3 ton/ha, Masat 3,5 ton/ha, İspir 3,3 ton/ha, Uzundere 4,3 ton/ha, Oltu 3,2 ton/ha, Olur 4,1 ton/ha, İspir Kuzey 3,5 ton/ha, Tortum Kuzey 3,6 ton/ha, Bıçakçılar 4,2 ton/ha, Kılıçkaya 4,2 ton/ha ve Veliköy 4,1 ton/ha olarak belirlenmiştir. Mikro havzaların hektardaki ortalama karbon miktarı ise 3,8 ton/ha'dır (Tablo 46).

3.7 Toprak Karbonuna İlişkin Bulgular

Arazi kullanım durumlarına göre (verimli orman, boşluklu kapalı orman, mera ve tarım) mikro havza topraklarında depolan toplam karbon miktarları Tablo 47'de verilmiştir.

Tablo 47. Mikro havzaların arazi kullanımlarına göre toprakta depolanan toplam karbon miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

Mikro havzalar	Toplam Karbon Miktarı (ton) ve Yüzdeleri (%)				
	Boşluklu Kapalı Orman (%)	Verimli Orman (%)	Mera (%)	Tarım (%)	Toplam (%)
Taht	7790 %1	37941 %4,9	446344 %57,5	283485 %36,6	775561 %100
Masat	26606 %4,9	94000 %17,5	343073 %63,7	74759 %13,9	538437 %100
İspir	36796 %3,9	92019 %9,8	533820 %57	274405 %29,3	937039 %100
Uzundere	147378 %13,1	551318 %49	321241 %28,6	104037 %9,3	1123973 %100
Oltu	80496 %6	411757 %30,9	643245 %48,3	197304 %14,8	1332802 %100
Olur	119939 %7,1	629665 %37,3	795790 %47,2	141973 %8,4	1686833 %100
İspir Kuzey	103184 %8,7	737040 %61,9	303892 %25,5	46019 %3,9	1190135 %100
Tortum Kuzey	76749 %6,7	175184 %15,2	726033 %63,2	170907 %14,9	1148874 %100
Bıçakçılar	34014 %2,6	925127 %66	407621 %29,1	34513 %2,3	1401276 %100
Kılıçkaya	87655 %9,1	542281 %56	237524 %24,5	101050 %10,4	968510 %100
Veliköy	65021 %1,9	2655613 %76,1	469574 %13,5	295629 %8,5	3485836 %100

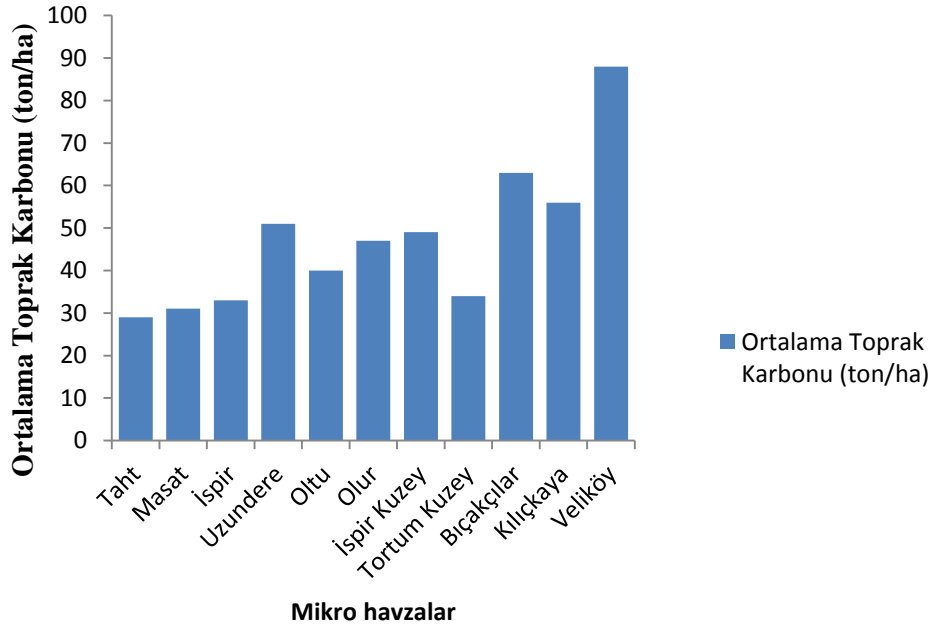
Tablo 47'yi incelendiğinde mikro havza topraklarında depolanan toplam karbon miktarı en fazla 3.485.836 ton ile Veliköy mikro havzasında bulunmuştur. Veliköy mikro havzası topraklarında depolanan karbon miktarının % 1,9 (65.021 ton)'u

boşluklu kapalı ormanlık alanlarda, % 76,1 (2.655.613 ton)'i verimli ormanlık alanlarda, % 13,5 (469.574 ton)'i meralarda ve % 8,5 (296.629 ton)'i ise tarım alanlarında depolandığı bulunmuştur. En düşük karbon miktarı Masat mikro havzası topraklarında 538.437 ton olarak hesaplanmıştır. Masat mikro havzası topraklarında depolanan karbon miktarının % 4,9 (26.606 ton)'u boşluklu kapalı ormanlık alanlarda, % 17,5 (94.000 ton)'i verimli ormanlık alanlarda, % 63,7 (343.073 ton)'si meralarda ve % 13,9 (74.759 ton)'u tarım alanlarında depolandığı bulunmuştur (Tablo 47).

Mikro havza topraklarında birim alanda depolanan ortalama karbon miktarları; Taht 29 ton/ha, Masat 31 ton/ha, İspir 33 ton/ha, Uzundere 51 ton/ha, Oltu 40 ton/ha, Olur 47 ton/ha, İspir Kuzey 49 ton/ha, Tortum Kuzey 34 ton/ha, Bıçakçılar 63 ton/ha, Kılıçkaya 56 ton/ha ve Veliköy mikro havzasında ise 88 ton/ha olarak bulunmuştur (Tablo 48, Şekil 27).

Tablo 48. Mikro havzaların arazi kullanımına göre hektarda depolanan toprak karbonu miktarları (ton) ve yüzdeleri (%).

Mikro havzalar	Birim Alanda Depolanan Karbon Miktarı (ton/ha) ve Yüzdeleri (%)				
	Boşluklu Kapalı Orman (%)	Verimli Orman (%)	Mera (%)	Tarım (%)	Toplam (%)
Taht	7,01 %0,6	27,9 %2,9	29,79 %66,2	29,8 %30,3	29 %100
Masat	7,2 %2,5	24 %15	37,32 %65,8	29,8 %16,7	31 %100
İspir	9,2 %2,7	59,4 %9,7	37,32 %57,7	29,8 %29,9	33 %100
Uzundere	15,6 %6,4	120 %62,1	29,79 %20	30 %11,5	51 %100
Oltu	12,2 %3,5	99,8 %27,9	37,32 %56,8	29,8 %11,8	40 %100
Olur	12,5 %3,7	115 %42,5	37,32 %47	29,8 %6,8	47 %100
İspir Kuzey	12,3 %3,7	145 %57	29,36 %34,2	29,8 %5,1	49 %100
Tortum Kuzey	14,4 %3,3	124 %20,3	29,79 %65,3	29,8 %11,1	34 %100
Bıçakçılar	8 %1,9	180 %61,1	37,06 %33,4	29,8 %3,6	63 %100
Kılıçkaya	11 %5,1	165 %67,6	29,36 %19	29,9 %8,3	56 %100
Veliköy	11,5 %2,7	169 %83,3	37,06 %10	30,4 %4	88 %100



Şekil 27. Mikro havza topraklarında biriktirilmiş ortalama karbon değerleri (ton/ha).

3.8 Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

3.8.1 Verimli Orman Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Mikro havzalar için hesaplanmış toplam yıllık net biyokütle miktarları verimli orman alanları için 17.147,44 ton ve toplam yıllık net karbon birikimi 16.807,75 ton olarak hesaplanmıştır. Orman alanları için hesaplanan toplam yıllık net karbon birikiminin % 53,33 (8.963,05 ton)'ü biyokütle içerisinde meydana gelen yıllık net birikimi, % 46,67 (7.844,7 ton)'si ise toprak içerisindeki yıllık net karbon birikimini ifade etmektedir (Tablo 49).

Her bir mikro havzadaki verimli orman alanları için hesaplanan toplam yıllık net biyokütle miktarlarını incelediğimizde; verimli ormanlık alanı en fazla olan (14468,8 ha) Veliköy mikro havzasında en yüksek toplam yıllık net biyokütle miktarı (8.380 ton), verimli orman alanı en az olan (1233 ha) Taht mikro havzasında ise en düşük toplam yıllık net biyokütle miktarı (67,24 ton) hesaplanmıştır (Tablo 49).

Tablo 49. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarındaki toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toplam Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton)	Toplam Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)	Yıllık Net Toprak Karbonu Birikimi (ton)	Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)
Taht	1233	67,24	34,05	68,7	102,7
Masat	4250,3	288,6	76	178	255
İspir	2016,4	168,6	84	96	180
Uzundere	5130,6	1295	660	934	1594
Oltu	3866,5	711	360	360	720
Olur	4965,2	920	469	506	975
İspir Kuzey	4840,9	1148	583	779	1362
Tortum Kuzey	1254,1	540	275	316	591
Bıçakçılar	4842,5	1944	991	970	1961
Kılıçkaya	3115,1	1685	859	818	1677
Veliköy	14468,8	8380	4572	2819	7392
Toplam	49.983,50	17.147,44	8.963,05	7.844,70	16.807,75
%	13,7		53,33%	46,67%	100%

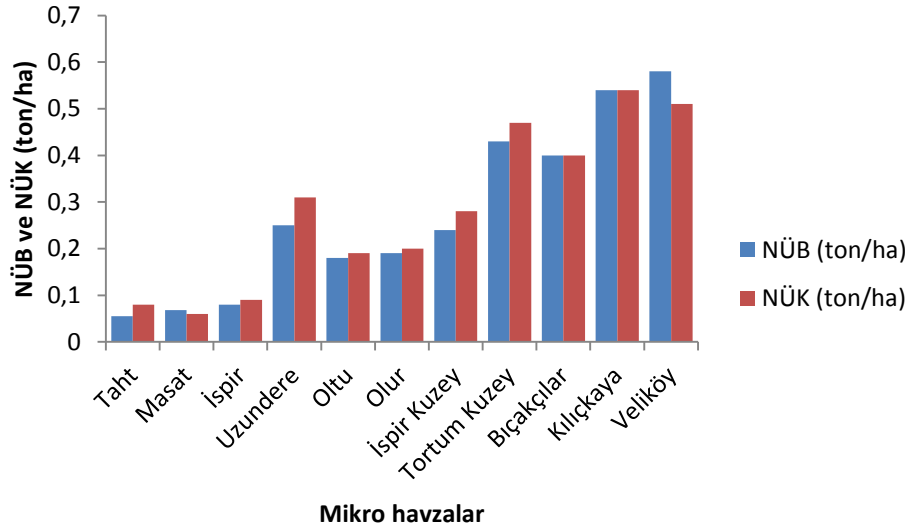
Mikro havzalardaki toplam yıllık net karbon birikimine baktığımızda; biyokütle içerisinde biriken yıllık net karbon miktarı en fazla Veliköy mikro havzasında 4.572 ton, en az ise Taht mikro havzasında 34,05 ton olarak hesaplanmıştır. Toprak içerisindeki toplam yıllık net karbon birikimi en fazla Veliköy (2.819 ton) en az ise Taht (68,7 ton) mikro havzalarında bulunmuştur (Tablo 49).

Hektar başına yıllık net biyokütle miktarında ise en fazla Veliköy mikro havzasında 0,58 ton/ha, en az ise Taht mikro havzasında 0,06 ton/ha olarak bulunmuştur. Mikro havzaların ortalama yıllık net biyokütle miktarı 0,27 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 50).

Hektardaki toplam yıllık net karbon birikimi ise; en fazla Kılıçkaya (0,54 ton/ha) en az ise Masat (0,06 ton/ha) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Mikro havzaların ortalama yıllık net karbon birikimi 0,28 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 50, Şekil 28).

Tablo 50. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarındaki yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Yıllık Net Karbon Birikimi (ton/ha)
Taht	1233	0,06	0,08
Masat	4250,3	0,07	0,06
İspir	2016,4	0,08	0,09
Uzundere	5130,6	0,25	0,31
Oltu	3866,5	0,18	0,19
Olur	4965,2	0,19	0,2
İspir Kuzey	4840,9	0,24	0,28
Tortum Kuzey	1254,1	0,43	0,47
Bıçakçılar	4842,5	0,4	0,4
Kılıçkaya	3115,1	0,54	0,54
Veliköy	14468,8	0,58	0,51
Ortalama		0,27	0,28



NÜB: Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha), NÜK: Yıllık Net Karbon Miktarı (ton/ha).

Şekil 28. Mikro havzalardaki verimli orman alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

3.8.2 Boşluklu Kapalı Orman Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Boşluklu kapalı orman alanları için hesaplanmış toplam yıllık net biyokütle miktarları 762,7 ton ve toplam yıllık net karbon birikimi 1.850,4 ton olarak hesaplanmıştır. Boşluklu kapalı orman alanları için hesaplanan toplam yıllık net karbon birikiminin % 20,50 (379,28 ton)'si biyokütle içerisinde meydana gelen yıllık net birikimi, % 79,50

(1.470,2 ton)'si ise toprak içersindeki yıllık net karbon birikimini ifade etmektedir (Tablo 51).

Tablo 51. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarındaki toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toplam Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton)	Toplam Yıllık Net Karbon Birikimi	Yıllık Net Toprak Karbonu Birikimi	Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)
Taht	1120,8	10,7	5,4	25,3	30,7
Masat	3765,1	32,9	16,2	37,8	54
İspir	4064,2	37	18	79,6	97,7
Uzundere	9317,3	149	74	180	255
Oltu	6275,1	58,7	29,3	93	122,5
Olur	8771,4	17,7	9	118	127
İspir Kuzey	8844,7	60,4	29,9	132,6	162,5
Tortum Kuzey	5631,5	88,9	43,6	88	131
Bıçakçılar	4424,8	31,7	15,9	147	163
Kılıçkaya	8902,9	95,4	48	206	254
Veliköy	5704,4	179,7	90	363	453
Toplam	66822	762,7	379,3	1470,2	1850,4
%	18,3		20,50%	79,50%	100%

Her bir mikro havzadaki boşluklu kapalı orman alanları için hesaplanan toplam yıllık net biyokütle miktarlarını incelediğimizde; en yüksek toplam yıllık net biyokütle miktarı (179,7 ton) Veliköy mikro havzasında, en düşük toplam yıllık net biyokütle miktarı (10,7 ton) Taht Mikro havzasında hesaplanmıştır (Tablo 51).

Mikro havzalardaki toplam yıllık net karbon birikimine baktığımızda; biyokütle içerisinde biriken yıllık net karbon miktarı en fazla Veliköy mikro havzasında 90 ton, en az ise Taht mikro havzasında 5,4 ton olarak hesaplanmıştır. Toprak içerisindeki toplam yıllık net karbon birikimi en fazla Veliköy (363 ton) en az ise Taht (25,3 ton) mikro havzalarında bulunmuştur (Tablo 51).

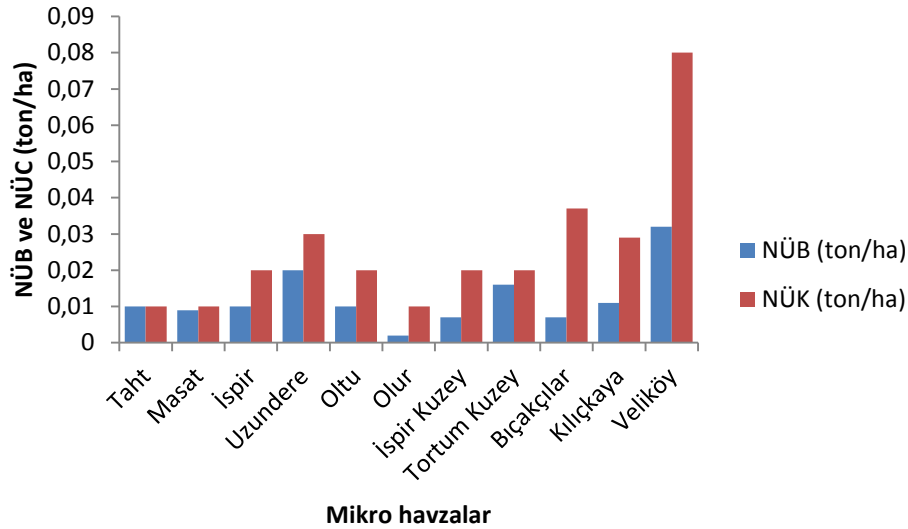
Hektar başına yıllık net biyokütle miktarında ise en fazla Veliköy mikro havzasında 0,032 ton/ha, en az ise Olur mikro havzasında 0,002 ton/ha olarak bulunmuştur. Mikro havzaların ortalama yıllık net biyokütle miktarı 0,012 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 52).

Hektardaki toplam yıllık net karbon birikimi ise; en fazla Veliköy (0,08 ton/ha) en az ise Taht, Masat ve Olur (0,01 ton/ha) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Mikro

havzaların ortalama yıllık net karbon birikimi 0,026 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 52, Şekil 29).

Tablo 52. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Yıllık Net Karbon Birikimi (ton/ha)
Taht	1120,8	0,01	0,01
Masat	3765,1	0,009	0,01
İspir	4064,2	0,01	0,02
Uzundere	9317,3	0,02	0,03
Oltu	6275,1	0,01	0,02
Olur	8771,4	0,002	0,01
İspir Kuzey	8844,7	0,007	0,02
Tortum Kuzey	5631,5	0,016	0,02
Bıçakçılar	4424,8	0,007	0,037
Kılıçkaya	8902,9	0,011	0,029
Veliköy	5704,4	0,032	0,08
Ortalama		0,012	0,026



NÜB: Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha), NÜK: Yıllık Net Karbon Miktarı (ton/ha).

Şekil 29. Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

3.8.3 Uydu Görüntüsü ile Verimli ve Boşluklu Kapalı Ormanlık Alanlarda Yıllık Net Biyokütle Miktarına İlişkin Bulgular

Verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanların yıllık net toprak üstü biyokütle üretimleri için geliştirilen regresyon denklemleri Tablo 53 ve Tablo 54’de verilmiştir.

Tablo 53. Verimli orman alanları için uydu görüntüleri ile yağış miktarları için elde edilen regresyon denklemleri.

Yağış Miktarları (mm)	Model No	Model	R ²	P
Bölge 1. <600 mm'den az	1	$-1,769+0,035*Band1-0,026*Band2+0,013*Band3-0,004*Band4+7,078*NDVI$	0,631	<0,05
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	2	$0,886+0,018*Band1-0,011*Band2+0,001*Band3+1,008*NDVI$	0,623	<0,05
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	3	$4,201-0,019*Band3$	0,702	<0,05
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	4	$5,982-0,012*Band4$	0,795	0,05

Bu modeller ile her yağış miktarlarına göre Worldview-2 (WV2) uydu görüntüsüne ait bantların yansıma değerleri ile verimli ve boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net toprak üstü biyokütle üretim miktarları belirlenmiştir.

Tablo 54. Boşluklu kapalı orman alanları için uydu görüntüleri ile yağış miktarları için elde edilen regresyon denklemleri.

Yağış Miktarları (mm)	Model No	Model	R ²	P
Bölge 1. <600 mm'den az yağış	1	$0,062+0,231*NDVI$	0,411	<0,05
	2	$0,050+0,0004*Band1-0,001*Band3+0,0002*Band4$	0,665	<0,05
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	3	$0,092-0,002*Band1-0,001*Band3+0,002*Band2$	0,643	<0,05
	4	$0,075-0,002*Band1-0,001*Band3+0,002*Band2+0,0003*Band4+0,238*NDVI$	0,716	<0,05
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	5	$-0,186+0,602*NDVI$	0,674	<0,05
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	6	$0,162-0,001*Band1+0,0005*Band3$	0,613	<0,05
	7	$0,209-0,001*Band1+0,0004*Band3-0,051*NDVI$	0,647	<0,05
	8	$0,237-0,01*Band1+0,0002*Band3-0,129*NDVI+0,000077*Band4$	0,726	<0,05
	9	$0,226-0,001*Band1+0,0004*Band3-0,119*NDVI+0,000076*Band2$	0,741	<0,05

3.8.4 Tarım Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Tarım alanları için hesaplanmış toplam yıllık net biyokütle miktarları 39.366 ton ve toplam yıllık net karbon birikimi 21.093 ton olarak hesaplanmıştır. Tarım alanları için

hesaplanan toplam yıllık net karbon birikiminin % 83,98 (17.714 ton)'i biyokütle içerisinde meydana gelen yıllık net birikimi, % 16,02 (3.379 ton)'si ise toprak içerisindeki yıllık net karbon birikimini ifade etmektedir (Tablo 55).

Mikro havzadaki tarım alanları için hesaplanan toplam yıllık net biyokütle miktarlarını incelediğimizde; en yüksek toplam yıllık net biyokütle miktarı (7.134 ton) Taht mikro havzasında, en düşük toplam yıllık net biyokütle miktarı (1.845 ton) İspir Kuzey mikro havzasında hesaplanmıştır (Tablo 55). Mikro havzalardaki toplam yıllık net karbon birikimine baktığımızda; biyokütle içerisinde biriken yıllık net karbon miktarı en fazla Taht mikro havzasında 3.210 ton, en az ise İspir Kuzey mikro havzasında 830 ton olarak hesaplanmıştır. Toprak içerisindeki toplam yıllık net karbon birikimi en fazla Veliköy (733 ton) en az ise Masat (135 ton) mikro havzalarında bulunmuştur (Tablo 55).

Tablo 55. Mikro havzalardaki tarım alanlarının toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toplam Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton)	Toplam Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)	Yıllık Net Toprak Karbonu Birikimi (ton)	Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)
Taht	9522,1	7134	3210	502	3711
Masat	2511,1	1914	861	135	996
İspir	9205,9	6624	2981	508	3489
Uzundere	3458,9	3494	1572	252	1824
Oltu	6623,9	3082	1387	231	1618
Olur	4762,2	2429	1093	182	1275
İspir Kuzey	1543,9	1845	830	136	965
Tortum Kuzey	5739,5	3895	1753	302	2055
Bıçakçılar	1154,8	2214	996	159	1155
Kılıçkaya	3380,9	3195	1438	239	1677
Veliköy	9760,7	3540	1593	733	2326
Toplam	57664,1	39.366	17.714	3.379	21.093
%	15,8		83,98%	16,02%	100%

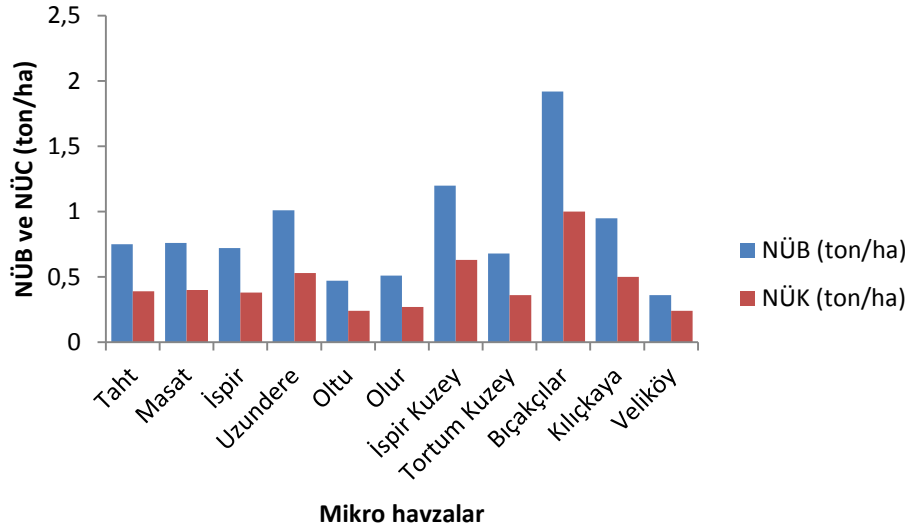
Hektar başına yıllık net biyokütle miktarında ise en fazla Bıçakçılar mikro havzasında 1,92 ton/ha, en az ise Veliköy mikro havzasında 0,36 ton/ha olarak bulunmuştur. Mikro havzaların ortalama yıllık net biyokütle miktarı 0,85 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 56).

Hektardaki toplam yıllık net karbon birikimi ise; en fazla Bıçakçılar (1 ton/ha) en az ise Veliköy ve Oltu (0,24 ton/ha) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Mikro havzaların

ortalama yıllık net karbon birikimi 0,45 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 56, Şekil 30).

Tablo 56. Mikro havzalardaki tarım alanlarının yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Yıllık Net Karbon Birikimi (ton/ha)
Taht	9522,1	0,75	0,39
Masat	2511,1	0,76	0,4
İspir	9205,9	0,72	0,38
Uzundere	3458,9	1,01	0,53
Oltu	6623,9	0,47	0,24
Olur	4762,2	0,51	0,27
İspir Kuzey	1543,9	1,2	0,63
Tortum Kuzey	5739,5	0,68	0,36
Bıçakçılar	1154,8	1,92	1
Kılıçkaya	3380,9	0,95	0,5
Veliköy	9760,7	0,36	0,24
%		0,85	0,45



NÜB: Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha), NÜK: Yıllık Net Karbon Miktarı (ton/ha).

Şekil 30. Mikro havzalardaki tarım alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

3.8.5 Mera Alanlarındaki Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Mera alanları için hesaplanmış toplam yıllık net biyokütle miktarları 185.152 ton ve toplam yıllık net karbon birikimi 100.139 ton olarak hesaplanmıştır. Mera alanları için hesaplanan toplam yıllık net karbon birikiminin % 93,13 (93.256 ton)'ü biyokütle içerisinde meydana gelen yıllık net birikimi, % 6,87 (6.883 ton)'si ise toprak içerisindeki yıllık net karbon birikimini ifade etmektedir (Tablo 57).

Mikro havzadaki mera alanları için hesaplanan toplam yıllık net biyokütle miktarlarını incelediğimizde; en yüksek toplam yıllık net biyokütle miktarı (32.154 ton) Tortum Kuzey mikro havzasında, en düşük toplam yıllık net biyokütle miktarı (7.186 ton) Masat mikro havzasında hesaplanmıştır (Tablo 57). Mikro havzalardaki toplam yıllık net karbon birikimine baktığımızda; biyokütle içerisinde biriken yıllık net karbon miktarı en fazla Tortum Kuzey mikro havzasında 16.077 ton, en az ise Masat mikro havzasında 3.593 ton olarak hesaplanmıştır. Toprak içerisindeki toplam yıllık net karbon birikimi en fazla Oltu (1.040 ton) en az ise Masat (255 ton) mikro havzalarında bulunmuştur (Tablo 57).

Tablo 57. Mikro havzalardaki mera alanlarının toplam yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton).

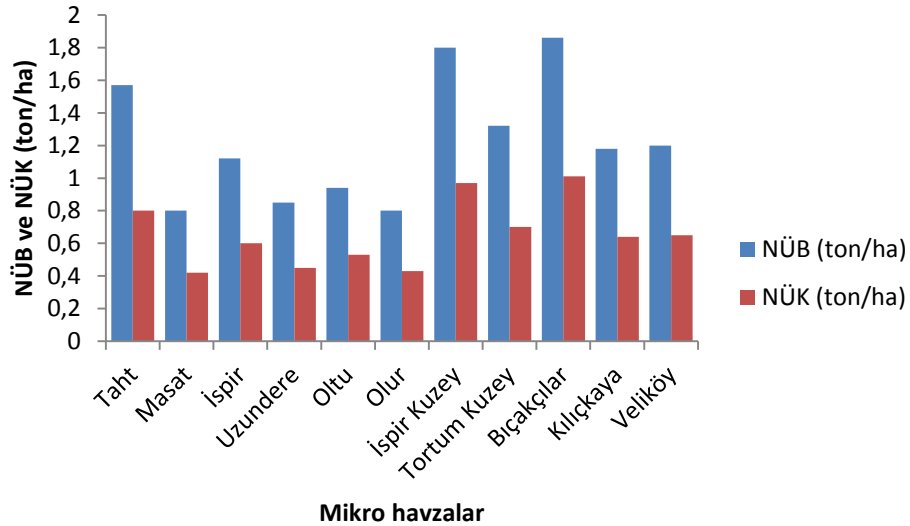
Mikro havzalar	Alan (ha)	Toplam Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton)	Toplam Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)	Yıllık Net Toprak Karbonu Birikimi (ton)	Yıllık Net Karbon Birikimi (ton)
Taht	14983	23555	12457	679	13136
Masat	9192,7	7186	3593	255	3847
İspir	14303,9	16041	8020	569	8590
Uzundere	10783,5	9115	4558	263	4821
Oltu	17235,9	16128	8064	1040	9104
Olur	21323,4	17072	8536	606	9142
İspir Kuzey	10350,5	18660	9330	728	10058
Tortum Kuzey	24371,7	32154	16077	927	17005
Bıçakçılar	10998,9	20466	10233	828	11060
Kılıçkaya	8090,1	9571	4786	373	5159
Veliköy	12670,6	15204	7602	615	8217
Toplam	154304,4	185.152	93.256	6.883	100.139
%	42,3		93,13%	6,87%	100%

Hektar başına yıllık net biyokütle miktarında ise en fazla Bıçakçılar mikro havzasında 1,86 ton/ha, en az ise Masat ve Olur mikro havzasında 0,8 ton/ha olarak bulunmuştur.

Tablo 58. Mikro havzalardaki mera alanlarının yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Yıllık Net Karbon Birikimi (ton/ha)
Taht	14983	1,57	0,88
Masat	9192,7	0,8	0,42
İspir	14303,9	1,12	0,6
Uzundere	10783,5	0,85	0,45
Oltu	17235,9	0,94	0,53
Olur	21323,4	0,8	0,43
İspir Kuzey	10350,5	1,8	0,97
Tortum Kuzey	24371,7	1,32	0,7
Bıçakçılar	10998,9	1,86	1,01
Kılıçkaya	8090,1	1,18	0,64
Veliköy	12670,6	1,2	0,65
%		1,22	0,66

Mikro havzaların ortalama yıllık net biyokütle miktarı 1,22 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 58). Hektardaki toplam yıllık net karbon birikimi ise; en fazla Bıçakçılar (1,01 ton/ha) en az ise Masat (0,42 ton/ha) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Mikro havzaların ortalama yıllık net karbon birikimi 0,66 ton/ha olarak hesaplanmıştır (Tablo 58, Şekil 31).



NÜB: Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha), NÜK: Yıllık Net Karbon Miktarı (ton/ha).

Şekil 31. Mikro havzalardaki mera alanlarında yıllık net biyokütle ve karbon birikimi (ton/ha).

3.9 Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Mikro havzaların tamamında hesaplanmış olan toplam biyokütle miktarları 6.803.967 ton, toplam karbon miktarı ise 18.018.522 ton olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam karbon miktarının 3.429.246 (% 19) tonu biyokütle içerisinde depolanan toplam karbon miktarını ve 14.589.276 (% 81)'sı ise toprak içerisinde depolanan toplam karbon miktarı olarak hesaplanmıştır (Tablo 59).

Tablo 59. Mikro havzalardaki toplam biyokütle ve karbon miktarları (ton).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toplam Biyokütle Miktarı (ton)	Toplam Biyokütle İçerisindeki Karbon Miktarı (ton)	Toplam Toprak Karbonu (ton)	Toplam Karbon Miktarı (ton)
Taht	26858,9	130013	61392	775561	836953
Masat	19719,2	100557	49163	538437	587600
İspir	29590,4	175625	84494	937039	1021533
Uzundere	28690,3	608445	307253	1123973	1431226
Oltu	34001	429083	214460	1332802	1547262
Olur	39822,2	679476	343229	1686833	2030062
İspir Kuzey	25580	732451	371922	1190135	1562057
Tortum Kuzey	36996,8	291806	145071	1148874	1293945
Bıçakçılar	21420	839570	426740	1401276	1828016
Kılıçkaya	23489	574530	290517	968510	1259027
Veliköy	42604,5	2242391	1135005	3485836	4620841
Toplam	328.772,30	6.803.967	3.429.246	14.589.276	18.018.522
%			19%	81%	100%

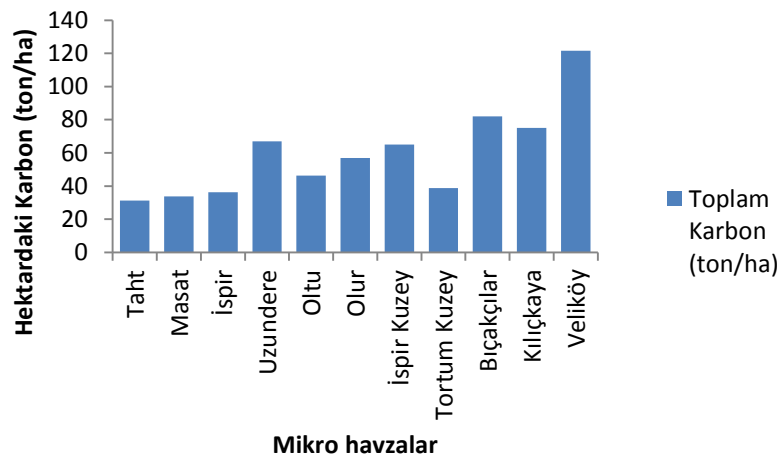
Mikro havzaların hektardaki biyokütle miktarlarını incelediğimizde; hektar başına düşen biyokütle miktarı en fazla Veliköy (66 ton/ha) en az ise Taht (4,8 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuştur (Tablo 60). Mikro havzaların ortalama biyokütle miktarı 24 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Mikro havzaların hektardaki karbon miktarlarını incelediğimizde; hektar başına düşen karbon miktarı en fazla Veliköy (33,6 ton/ha) en az ise Taht (2,3 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuştur. Ortalama karbon miktarı ise 12 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Hektarda depolanan toprak karbonu en fazla Veliköy (88 ton/ha) en az ise Taht (29 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuş olup toprak içerisinde depolanan ortalama karbon miktarı 47 ton/ha olarak bulunmuştur (Tablo 60).

Tablo 60. Mikro havzaların hektardaki toplam biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Biyokütle İçerisindeki Karbon Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Toprak Karbonu Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Ortalama Karbon Miktarı (ton/ha)
Taht	26858,9	4,8	2,3	29	31,3
Masat	19719,2	5,7	2,8	31	33,8
İspir	29590,4	6,9	3,3	33	36,3
Uzundere	28690,3	31,9	16	51	67
Oltu	34001	12,6	6,3	40	46,3
Olur	39822,2	19,8	10	47	57
İspir Kuzey	25580	31	16	49	65
Tortum Kuzey	36996,8	9,5	4,7	34	38,7
Bıçakçılar	21420	38	19	63	82
Kılıçkaya	23489	37,6	19	56	75
Veliköy	42604,5	66	33,6	88	121,6
Ortalama		24	12	47	59

Mikro havzalarda hesaplanan ortalama karbon (biyokütle içerisindeki karbon + toprak içerisindeki karbon) miktarları; Taht 31,3 ton/ha, Masat 33,8 ton/ha, İspir 36,3 ton/ha, Uzundere 67 ton/ha, Oltu 46,3 ton/ha, Olur 57 ton/ha, İspir Kuzey 65 ton/ha, Tortum Kuzey 38,7 ton/ha, Bıçakçılar 82 ton/ha, Kılıçkaya 75 ton/ha ve Veliköy mikro havzasında ise 121,6 ton/ha olarak bulunmuştur (Tablo 60). Mikro havzaların hektardaki toplam karbon miktarları Şekil 32’de verilmiştir.



Şekil 32. Mikro havzalardaki biyokütle, biyokütle karbonu, toprak karbonu ve toplam karbon miktarları (ton/ha).

Elde edilen bu veriler ile tüm mikro havzalara ait biyokütle ve karbon haritaları üretilmiştir.

- Mikro havzalara ait hektardaki biyokütle haritaları (Ek-5)
- Mikro havzalara ait hektardaki karbon haritaları (Ek-6)
- Mikro havzalara ait hektardaki toprak karbonu haritaları (Ek-7)
- Mikro havzalara ait hektardaki toplam karbon haritaları (Ek-8)

3.10 Toplam Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Bulgular

Mikro havzalarda hesaplanmış olan toplam yıllık net biyokütle miktarları 242.426 ton, toplam yıllık net karbon birikimi ise 139.852 ton olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam yıllık net karbon birikiminin 120.314 ton (% 86,03)'u yıllık net biyokütle miktarı içerisinde depolanan yıllık net karbon miktarını ve 19.358 ton (% 13,97)'si ise toprak içerisinde depolanan yıllık net karbon miktarı olarak hesaplanmıştır (Tablo 61).

Tablo 61. Mikro havzalardaki toplam yıllık net biyokütle ve karbon miktarları (ton).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Toplam Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton)	Toplam Biyokütle İçerisindeki Yıllık Net Karbon Miktarı (ton)	Yıllık Net Toprak Karbonu Birikimi (ton)	Toplam Yıllık Net Karbon Miktarı (ton)
Taht	26858,9	30767	15707	1275	16982
Masat	19719,2	9421	4547	606	5153
İspir	29590,4	22870	11103	1253	12356
Uzundere	28690,3	14053	6864	1630	8494
Oltu	34001	19980	9840	1683	11523
Olur	39822,2	20438	10107	1413	11520
İspir Kuzey	25580	21713	10774	1775	12549
Tortum Kuzey	36996,8	36678	18148	1633	19781
Bıçakçılar	21420	24655	12236	2104	14340
Kılıçkaya	23489	14547	7130	1636	8766
Veliköy	42604,5	27304	13858	4530	18388
Toplam	328.772,30	242.426	120.314	19.538	139.852
%			86,03%	13,97%	% 100

Mikro havzaların hektardaki yıllık net biyokütle miktarlarını incelediğimizde; Taht 1,146 ton/ha, Masat 0,478 ton/ha, İspir 0,773 ton/ha, Uzundere 0,49 ton/ha, Oltu 0,588 ton/ha, Olur 0,513 ton/ha, İspir Kuzey 0,849 ton/ha, Tortum Kuzey 0,991 ton/ha,

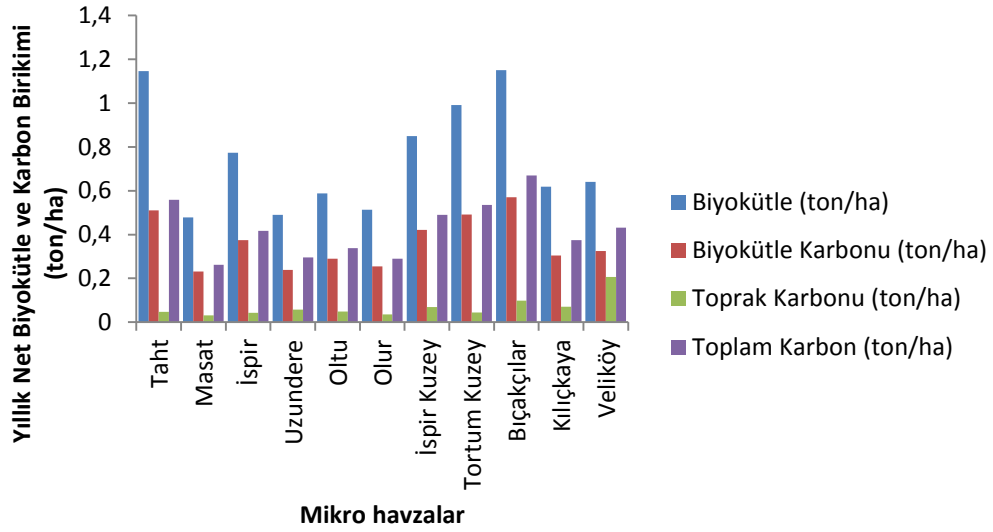
Bıçakçılar 1,151 ton/ha, Kılıçkaya 0,619 ton/ha ve Veliköy mikro havzasında ise 0,641 ton/ha olarak bulunmuştur. Mikro havzalardaki ortalama yıllık net biyokütle üretimi ise 0,749 ton/ha'dır (Tablo 62).

Mikro havzaların hektardaki yıllık net karbon birikimini incelediğimizde; hektar başına düşen yıllık net karbon birikimi en fazla Bıçakçılar (0,571 ton/ha) en az ise Masat (0,231 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuştur. Ortalama yıllık net karbon birikimi ise 0,364 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Hektardaki yıllık net toprak karbonu birikimi en fazla Veliköy (0,106 ton/ha) en az ise Masat (0,031 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuş olup toprak içerisinde biriken ortalama yıllık net karbon miktarı 0,059 ton/ha olarak bulunmuştur (Tablo 62).

Tablo 62. Mikro havzaların hektardaki yıllık net biyokütle ve karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzalar	Alan (ha)	Hektardaki Yıllık Net Biyokütle Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Biyokütle İçerisindeki Yıllık Net Karbon Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Yıllık Net Toprak Karbonu Miktarı (ton/ha)	Hektardaki Yıllık Net Karbon Miktarı (ton/ha)
Taht	26858,9	1,146	0,511	0,047	0,558
Masat	19719,2	0,478	0,231	0,031	0,262
İspir	29590,4	0,773	0,375	0,042	0,417
Uzundere	28690,3	0,49	0,239	0,057	0,296
Oltu	34001	0,588	0,289	0,049	0,338
Olur	39822,2	0,513	0,254	0,035	0,289
İspir Kuzey	25580	0,849	0,421	0,069	0,49
Tortum Kuzey	36996,8	0,991	0,491	0,044	0,535
Bıçakçılar	21420	1,151	0,571	0,098	0,669
Kılıçkaya	23489	0,619	0,304	0,07	0,374
Veliköy	42604,5	0,641	0,325	0,106	0,431
Ortalama		0,749	0,364	0,059	0,424

Mikro havzalarda hesaplanan ortalama yıllık net karbon (biyokütle içerisindeki karbon + toprak içerisindeki karbon) birikimi en fazla Bıçakçılar (0,669 ton/ha) ve en az ise Masat (0,262 ton/ha) mikro havzalarında hesaplanmış olup ortalama yıllık net karbon birikimi 0,424 ton/ha'dır (Tablo 62).



Şekil 33. Mikro havzalardaki yıllık net biyokütle, biyokütle karbonu, toprak karbonu ve toplam karbon miktarları (ton/ha).

Mikro havzaların hektardaki yıllık net biyokütle, biyokütle içerisinde biriken karbon, toprak karbonu ve toplam karbon miktarları Şekil 33’de verilmiştir.

Elde edilen bu veriler ile tüm mikro havzalara ait yıllık net biyokütle ve karbon haritaları üretilmiştir.

- Mikro havzalara ait hektardaki yıllık net biyokütle üretim haritaları (Ek-9)
- Mikro havzalara ait hektardaki yıllık net karbon birikim haritaları (Ek-10).

Yağış miktarlarına göre Uzundere, Tortum Kuzey ve Taht (1. Bölge <600 mm) mikro havzalarında, TANÜ/TÜNÜ miktarına oranı tarım alanları için 0,24; verimli orman alanları için 0,3; boşluklu kapalı ormanlık alanlar için 0,4 ve mera alanları içinse 2,47 olarak bulunmuştur. Yağış miktarlarına göre İspir, Oltu, Olur ve Masat (2. Bölge 600-900 mm) mikro havzalarında, TANÜ/TÜNÜ miktarına oranı tarım alanları için 0,24; verimli orman alanları için 0,28; boşluklu kapalı ormanlık alanlar için 0,38 ve mera alanları içinse 1,82 olarak bulunmuştur. Yağış miktarlarına göre Yusufeli ve İspir Kuzey (3. Bölge 900-1200 mm) mikro havzalarında, TANÜ/TÜNÜ miktarına oranı tarım alanları için 0,3; verimli orman alanları için 0,5; boşluklu kapalı ormanlık alanlar için 0,55 ve mera alanları içinse 1,57 olarak bulunmuştur. Yağış miktarlarına göre Bıçakçılar ve Veliköy (4. Bölge >1200 mm) mikro havzalarında, TANÜ/TÜNÜ miktarına oranı tarım alanları için 0,24; verimli orman alanları için 0,28; boşluklu

kapalı ormanlık alanlar için 0,38 ve mera alanları içinse 1,82 olarak bulunmuştur (Tablo 63).

Tablo 63. Arazi kullanım şekillerine göre toprak altı net üretim (TANÜ) miktarının toprak üstü net üretim (TÜNÜ) miktarlarına oranı.

Yağış Miktarları (mm)	Toprak altı net üretim (TANÜ) / Toprak üstü net üretim (TÜNÜ)			
	Verimli Orman	Boşluklu Kapalı Orman	Mera	Tarım
Bölge 1. <600 mm'den az yağış	0,3	0,4	2,47	0,24
Bölge 2. 600-900 mm arası yağış	0,28	0,38	1,82	0,24
Bölge 3. 900-1200 mm arası yağış	0,5	0,55	1,57	0,3
Bölge 4. >1200 mm'den fazla yağış	0,28	0,28	1,82	0,24

Arazi kullanım şekillerine göre mikro havzalarda biriken toplam yıllık net biyokütle ve karbon miktarları Tablo 64'de verilmiştir. Arazi kullanım şekillerine göre verimli ormanlardaki yıllık net biyokütle miktarı en fazla Veliköy (8.380 ton), en az ise Taht (67,2 ton) mikro havzalarında; boşluklu kapalı ormanlık alanlarda yıllık net biyokütle miktarı en fazla Veliköy (179,7 ton), en az ise Taht (10,7 ton) mikro havzalarında; mera alanlarda yıllık net biyokütle miktarı en fazla Tortum Kuzey (32.154 ton), en az ise Masat (7.186 ton) mikro havzalarında; tarım alanlarda yıllık net biyokütle miktarı en fazla Taht (7.134 ton), en az ise İspir Kuzey (1.845 ton) mikro havzalarında hesaplanmıştır (Tablo 64).

Tablo 64. Arazi kullanım şekillerine göre mikro havzalardaki yıllık net biyokütle ve karbon miktarları (ton)

Mikro havzalar	Verimli Orman		Boşluklu Kapalı Orman		Mera		Tarım	
	NÜB (ton)	NÜK (ton)	NÜB (ton)	NÜK (ton)	NÜB (ton)	NÜK (ton)	NÜB (ton)	NÜK (ton)
Taht	67,2	102,7	10,7	30,7	23555	13136	7134	3711
Masat	288,6	255	32,9	54	7186	3847	1914	996
İspir	168,6	180	37	97,7	16041	8590	6624	3489
Uzundere	1295	1594	149	255	9115	4821	3494	1824
Oltu	711	720	58,7	122,5	16128	9104	3082	1618
Olur	920	975	17,7	127	17072	9142	2429	1275
İspir Kuzey	1148	1362	60,4	162,5	18660	10058	1845	965
Tortum Kuzey	540	591	88,9	131	32154	17005	3895	2055
Bıçakçılar	1944	1961	31,7	163	20466	11060	2214	1155
Kılıçkaya	1685	1677	95,4	254	9571	5159	3195	1677
Veliköy	8380	7392	179,7	453	15204	8217	3540	2326
Toplam	17.147,4	16.807,8	762,8	1.850,4	185.152	100.139	39.366	21.093

NÜB: Yıllık net biyokütle

NÜK: Yıllık net karbon

Arazi kullanım şekillerine göre verimli ormanlardaki yıllık net karbon miktarı en fazla Veliköy (7.392 ton), en az ise Taht (102,7 ton) mikro havzalarında; boşluklu kapalı ormanlık alanlarda yıllık net biyokütle miktarı en fazla Veliköy (453 ton), en az ise Taht (30,7 ton) mikro havzalarında; mera alanlarda yıllık net biyokütle miktarı en fazla Tortum Kuzey (17.005 ton), en az ise Masat (3.847 ton) mikro havzalarında; tarım alanlarda yıllık net biyokütle miktarı en fazla Taht (3.711 ton), en az ise İspir Kuzey (965 ton) mikro havzalarında hesaplanmıştır (Tablo 64).

3.11 Karbon Etkinlik Değerine İlişkin Bulgular

Mikro havzaların sınırları içerisinde kalan arazi kullanım şekillerine (verimli orman, boşluklu kapalı orman, mera ve tarım) göre hesaplanmış olan Karbon Etkinlik Değerleri (KED) Tablo 65’de verilmiştir.

Tablo 65. Mikro havzalara ait ortalama Karbon Etkinlik Değerleri (KED).

Mikro havzalar	Verimli Orman	Boşluklu Kapalı Orman	Tarım	Mera	Ortalama
Taht	99	96	90	80	84
Masat	98	96	90	87	90
İspir	98	97	89	84	88
Uzundere	98	97	89	84	86
Oltu	98	97	89	87	89
Olur	99	98	87	85	89
İspir Kuzey	99	98	89	82	88
Tortum Kuzey	99	98	88	81	84
Bıçakçılar	99	97	87	85	90
Kılıçkaya	99	97	87	81	90
Veliköy	98	97	90	86	94
Ortalama	99	97	89	84	88

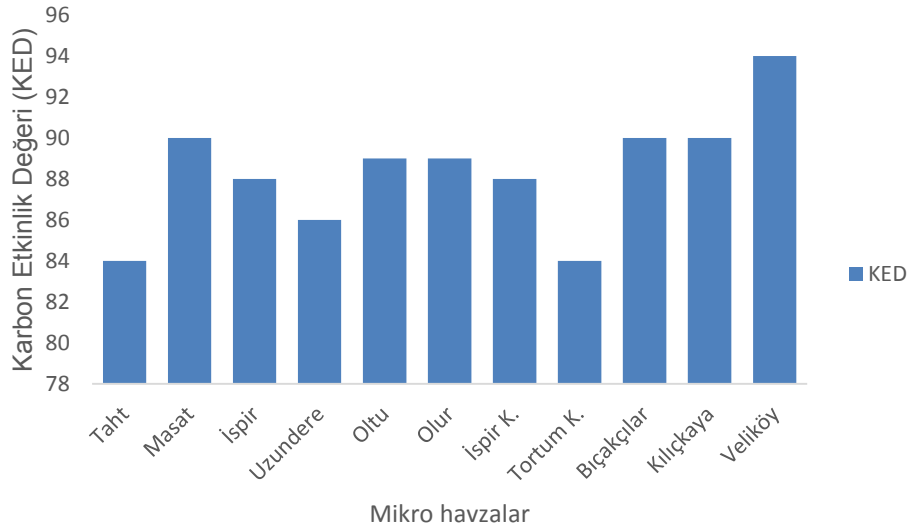
Mikro havzalarda hesaplanmış olan Karbon Etkinlik Değerlerini incelediğimizde; bütün mikro havzalarda karbon etkinlik değeri sıralaması mera< tarım< boşluklu kapalı orman< verimli orman şeklinde olduğu görülmüştür. Mikro havzaların tamamında arazi kullanım şekillerine göre ortalama karbon etkinlik değerlerinin sıralamasına baktığımızda verimli ormanlık alanlarda (99), boşluklu kapalı ormanlık alanlar (97), tarım alanlarında (89) ve mera alanlarında (84) olarak hesaplanmıştır (Tablo 65).

Mikro havzalardaki toplam karbon etkinlik değerlerine baktığımızda: Taht 84; Masat 90; İspir 88; Uzundere 86; Oltu 89; Olur 89; İspir Kuzey 88; Tortum Kuzey 84; Bıçakçılar 90; Kılıçkaya 90 ve Veliköy mikro havzasında ise 94 olarak bulunmuştur (Tablo 46). Mikro havzaların ortalama karbon etkinlik değeri ise 88 olarak hesaplanmıştır.

Ortalama KED bakımından en yüksek Veliköy mikro havzasında 94 olarak, en düşük ise Taht ve Tortum Kuzey mikro havzalarında 84 olarak bulunmuştur. Mikro havzalar için hesaplanmış olan ortalama Karbon Etkinlik Değerlerini gösteren grafik Şekil 34'de verilmiştir.

Elde edilen bu veriler ile tüm mikro havzalara ait Karbon Etkinlik Değeri (KED) haritaları üretilmiştir.

- Mikro havzalara ait KED için üretilen haritalar (Ek-11).



KED: Karbon Etkinlik Değeri

Şekil 34. Mikro havzaların ortalama Karbon Etkinlik Değerleri (KED)

4 TARTIŞMA

4.1 Mera Alanlarında Toprak Organik Karbonuna İlişkin Tartışmalar

Organik karbon miktarı bakımından mikro havzalar karşılaştırıldığında üst toprakta (0-15 cm) en düşük organik karbon miktarı Olur ve Tortum Kuzey mikro havzalarında, en yüksek ise İspir ve Masat mikro havzalarında bulunmuştur ($p<0,05$). Alt toprakta (15-30 cm) ise en düşük organik karbon miktarı Oltu ve Olur mikro havzalarında, en yüksek ise İspir ve Masat mikro havzalarında bulunmuştur ($p<0.05$).

Derinlik kademesi arttıkça organik karbon miktarında azalma meydana gelmektedir. Buna sebep olarak, üst toprakta mikro organizma ve kök faaliyetlerinin fazla olması ve ölü örtü miktarının üst topraklarda bulunması söylenebilir. Organik karbonun yoğun olarak bulunduğu üst toprak kademesi gelişen bitki örtüsünün yoğunluğu ve kapladığı alanın genişliği ile yakından ilişkilidir. Bu sonuçla benzerlik gösteren çalışmalarda, Hiederer (2009), Sombroek ve ark. (1993) ve Warren ve ark. (1998) toprak organik karbonun derinliğe göre azaldığını belirtmişlerdir.

Yağış miktarlarına göre mikro havzalardaki organik karbon miktarlarına baktığımızda, 2. yağış miktarında organik karbon miktarının en yüksek, 3. yağış miktarında ise en düşük olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre, yağış miktarına bağlı olarak organik karbon miktarı değişiklik göstermektedir.

Genel itibariyle, eğimin artması veya azalması organik karbon miktarı üzerinde doğrusal bir etki göstermemektedir. Bazı bölgelerde eğimin artması ile organik karbon miktarı artış gösterirken, bazı bölgelerde ise azalış göstermektedir. Bunun nedeni olarak yükselti farklılığının olması ve bu farklılıktan dolayı ölü örtü ayrışmasındaki değişimler gösterilebilir. Yükseltinin artması ve sıcaklığın düşmesi ölü örtünün ayrışmasında olumsuz bir etki yaptığından organik karbon miktarı da azalmaktadır. Ayrıca bu eğimli arazilerde yağışlarla beraber organik karbonca zengin üst toprağın yüzey erozyonu ile taşınması olasılığında eğim ve yağışın organik karbon üzerinde doğrusal bir etki göstermediğinin nedeni olarak söylenebilir.

Bakı, organik karbon üzerinde önemli etkide bulunmuştur. Güneşli bakılardaki organik karbon miktarı, gölgeli bakılara oranla daha fazla bulunmuştur. Gülenay (2009), tarafından yapılan çalışmada da güneşli bakıdaki organik madde miktarı, gölgeli bakıya oranla daha fazla bulunmuştur.

Organik karbon miktarlarındaki farklılıkların nedenlerinden biride çalışma alanlarındaki mikroorganizma faaliyetlerindeki farklılıklar olarak gösterilebilir. Çünkü organik karbon ayrışmasında etkili olan mikroorganizmalar uygun sıcaklık ve nem koşullarında aktif faaliyet gösterip organik maddeyi ayrıştırabilir.

Ayrıca, meralardaki otlatma farklılıkları ve mera üzerindeki baskı yoğunluğunun organik karbon üzerinde olumsuz etkide bulunacağından mikro havzalar arasındaki organik karbon miktarı farklılığının bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2 Mera Alanlarındaki Biyokütle ve Toplam Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar

Hektardaki biyokütle miktarları değerlendirildiğinde mikro havzalar bakımından en yüksek değer Veliköy mikro havzasında bulunduğu en küçük değer ise Masat mikro havzasında olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre yağış miktarının artışına bağlı olarak biyokütle miktarında doğrusal olarak artmıştır ($p < 0,05$). Su, bitki büyümesinde önemli bir kaynak olduğu için, mera alanlarındaki toprak üstü biyokütle miktarı genel olarak kurak koşullar altında düşmesi beklenirken toprak altı biyokütle miktarının da kurak koşullar altında artması gerektiği yargısı yapılan birçok araştırmalar ve bulgular ile desteklenmiştir (Tilman ve ark. 1992; Fay ve ark. 2003; Keller ve ark. 2004; Kahmen ve ark. 2005).

Biyokütleyi arttırıcı etkenlerin başında gelen yağışın artması ile beraber topraktaki besin maddelerinin alınımının kolaylaşması ve buna bağlı olarak toprak üstü biyokütle miktarında daha gür veya daha verimli şekilde oluşması beklenmektedir. Yükseklikle beraber yağışın arttığı genel yargısından yola çıkıldığında yine belli yüksekliklere kadar biyokütle artışının da meydana geldiği görülmektedir. Fakat çalışma alanımızda belli bir yükseltiden sonra yağışın yükselti ile birlikte azalması söz konusu olmuştur. Bunun sebebi olarak yağış oluşturan faktörlerden olan büyük su yüzeylerinin söz konusu alanlardan uzak olmasından ve dağların nemli hava

kütlelerinin iç kesimlere ulaşmasını engellemesinden kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir.

Mikro havzaların mera alanlarındaki toprak üstü biyokütle miktarları incelendiğinde yağışın az olduğu yerlerde ki toprak üstü biyokütle miktarının az iken, yağışa bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Mikro havzalar içerisinde yağışın en az olduğu Uzundere (338 mm) mikro havzasında toprak üstü biyokütle miktarı 3 ton/ha iken, yağışın en fazla olduğu Veliköy (1340 mm) mikro havzasında ise toprak üstü biyokütle miktarı 4,6 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Kendir (1999), tarafından Ankara'da uzun yıllar ortalaması yağışın 368 mm olduğu bir merada yapılan çalışmada, toprak üstü kuru ot verimi 1,02 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Yavuz ve ark. (2013), Düzce Esenler meralarında yapılmış olan bir çalışmada toprak üstü kuru ot verimini 1,5 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Bilgin (2010), tarafından Artvin Ardanuç Aydın Köyü yaylası meralarında yapılan bir çalışmada toprak üstü kuru ot veriminin 1,5 ton/ha ile 2,9 ton/ha arasında değiştiği, ortalama toprak üstü kuru ot veriminin ise 2 ton/ ha olduğunu bildirmiştir.

Mikro havzaların mera alanlarında hesaplanmış olan ortalama toprak üstü biyokütle miktarı 3,4 ton/ha, toprak altı biyokütle miktarı ise 8,9 ton/ha ve toprak altı biyokütle miktarının toprak üstü biyokütle miktarına oranı 2,6 olarak belirlenmiştir. Jiangwen ve ark. (2007), tarafından Çin'de yapılan bir çalışmada dağlık bölgedeki mera alanları için toprak üstü biyokütle miktarı 6,98 ton/ha, toprak altı biyokütle miktarını ise 17,02 ton/ha ve toprak altı biyokütle miktarının toprak üstü biyokütle miktarına oranı 2,5 olduğunu bildirmişlerdir.

Mikro havzalarda hesaplanmış olan toplam karbon (toprak üstü ve toprak altı karbon, toprak içerisindeki karbon) miktarının ortalaması 70,2 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Laswai (2011), tarafından mera ekosistemlerinin karbon depolama potansiyellerini belirlemek için Tanzania'da yapmış oldukları benzer bir çalışmada, mera alanları için hesaplanan toplam karbon miktarını $65,78 \pm 2,39$ ton/ha olarak bulmuşlardır.

Vejetasyon süresi uzunluğunun belirleyicisi olan sıcaklık, toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları bakımından mikro havzalarda farklılık göstermesi beklenen bir sonuçtur. Çünkü sıcaklık vejetasyon devresinin uzunluğunu veya kısalığını belirlemektedir. Topraktaki mikro organizma, kök ve büyüme faaliyetlerinin oluşması

için belirli bir sıcaklık değerine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan korelasyon analizi sonucuna göre, bütün mikro havzalardaki sıcaklık ve biyokütle arasındaki ilişkiyi ayrı ayrı ve bütün olarak incelediğimizde, sıcaklıkla toprak altı biyokütlenin ($r=-0,537$) ve toplam biyokütlenin ($r=-0,774$) negatif yönde korelasyon oluşturduğu görülmüştür.

Mikro havzalardan hesaplanmış olan toplam biyokütle içerisindeki karbonun oranları; toprak üstü karbon % 24 ile % 31 arasında değişiklik gösterirken toprak altı karbon miktarı ise % 69 ile % 76 arasında değiştiği görülmüştür. Glatzle (2012), tarafından mera alanlarında yapılan çalışmada bizim sonuçlara yakın olarak toprak üstü karbon miktarının toplam karbon içerisindeki oranının % 40 ile % 80 arasında değiştiğini ve toprak altı karbonun ise % 20 ile % 60 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Ayrıca, odunsu türlerin varlığı arttıkça toprak üstü biyokütle miktarının arttığı, toprak altı biyokütlenin de azaldığını belirtmiştir.

Baysal (2012) tarafından Artvin ilinde yapılan bir çalışmada, mera alanlarında eğim arttıkça genel olarak toplam kök miktarının azaldığı, fakat kaba kök kütlesi hesaba dahil edilmeden kılcal ve ince kök miktarı hesaplandığında eğimin artmasıyla birlikte toplam kök miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Tateno ve ark. (2003) tarafından Japonya'da yapılan toprak üstü ve toprak altı biyokütle çalışmasında; toplam biyokütlenin 8,8 ton/ha ile 14,1 ton/ha arasında değiştiğini ve toprak altı biyokütlenin toplam biyokütleye oranının % 15,2 ile % 55,1 arasında olduğunu ve bu oranın eğim arttıkça arttığını tespit etmişlerdir. Toprak üstü biyokütle miktarını 5,6-8,6 ton/ha olduğunu ve eğim arttıkça azaldığını, toprak altı biyokütle miktarının ise 1,5-7,7 ton/ha olduğunu ve eğim arttıkça arttığını tespit etmişler ve bu toprak altında meydana gelen artışa ince kök kütlesinin katkısı olduğunu bildirmişlerdir (Tateno ve ark. 2003). Eğimin artmasıyla toprak tekstürünün killiden kumluya değişimi ve bunun su tutma kapasitesi üzerindeki etkisi kılcal kök kütlesinin artmasına neden olmaktadır.

Toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları bakımından değerlendirildiğinde ise, yağışın 1200 mm ye kadar olduğu yerlerde toprak üstü biyokütle miktarı artış gösterirken, 1200 mmden sonra toprak üstü biyokütle miktarı azalma eğiliminde olmuştur. Bunun sebebi olarak sıcaklığın düşmesi olarak gösterilebilir. Toprak altı biyokütle miktarında ise tam tersi bir durum söz konusu olmuştur. Bitki gelişimi kuraklıkla birlikte köke doğru eğilim gösterirken yağışın artması ile birlikte büyüme

eğilimi ise toprak üstü biyokütleyle doğru olmuştur. Mikro havzaların mera alanlarındaki yersel ölçüm sonucu ve uydu görüntüleri ile yapılan biyokütle hesaplamaları bu yargıyı doğrular niteliktedir. Yersel ölçümler sonucu, yağış miktarının 600 mm'den az olduğu mikro havzalarda toplam biyokütlenin % 19'u toprak üstü biyokütle iken, 600-900 mm arası yağışın olduğu mikro havzalarda bu oran % 22, 900-1200 mm arası yağışın olduğu mikro havzalarda % 28 ve yağışın 1200 mm'yi aştığı yerlerde (%27) ise toprak üstü biyokütle miktarının azaldığı, toprak altı biyokütle miktarının ise arttığı yapılan çalışmada gözlenmiştir. Aynı şekilde uydu görüntüleri ile yapılan hesaplamalarda da 1200 mm yağışa kadar toprak üstü biyokütle miktarının arttığı, daha sonra azalmaya başlayarak toprak altı biyokütle miktarının artış gösterdiği görülmüştür.

Toplam karbon stoğu bakımından mikro havzalar değerlendirildiğinde en yüksek değer yine Veliköy mikro havzasında, en düşük değer ise Tortum Kuzey mikro havzasında ortaya çıktığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre yağış miktarı ile toplam karbon stoğu arasında toplam biyoküttele olduğu gibi doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Fakat burada toplam karbon stoğu belirlemede topraktaki karbon depolamasının önemi büyüktür. Topraktaki karbonun toplam karbona oranı yaklaşık olarak % 92-98 arasında değişim göstermiştir. Yağışın artması ve sıcaklığın uygun koşullarda olması, toprak yüzeyindeki ölü örtünün ve topraktaki köklerin ayrışmasını hızlandırıp toprağı organik maddece zenginleşmesini sağlamaktadır.

Mera topraklarında tutulan karbon miktarı orman alanlarındaki karbona hemen hemen eşit, bazen de daha yüksek olabilirler (Brown ve ark. 1990). Bunun nedenleri arasında mera toprakları üzerinde sürekli olarak toprak üstü aksamın ölererek toprağına karışmasıyla toprak sıcaklığının ve mikrobiyal aktivite oranının azalması, toprak altı biyokütlenin (köklerin) ayrışma hızının yüksek olması nedeniyle toprak organik karbonu oranı mera alanlarında arttığı savunulmaktadır (Brown ve ark. 1990). Bu bulgulara karşıt sonuçlarda bulunmuştur (Scurlock ve ark. 1998; Mlambo ve ark. 2007; Belsky ve ark. 1989). Bunların hepsi odunsu türler altındaki toprak organik karbonunun mera alanlarına göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Mikro havzaların mera alanlarında yersel ölçümler sonucu ve uydu görüntüsü ile hesaplanan biyokütle miktarları karşılaştırıldığında, uydu görüntüsü ile hesaplanan

biyokütle miktarının yersel ölçümlerle hesaplanan biyokütle miktarlarına yakın olduğu görülmüştür. Yağış miktarlarına göre hesaplanan doğruluk oranları, 1. Bölge için % 99; 2. Bölge için % 91; 3. Bölge için % 91 ve 4. Bölge içinse % 94 olarak bulunmuştur.

Mikro havzaların mera alanlarında yersel ölçümler sonucu ve uydu görüntüsü ile hesaplanan biyokütle miktarları havzaların yağış miktarlarına göre karşılaştırıldığında; 1. Bölgedeki yersel ölçüm sonucu hesaplanan biyokütle miktarı 4,86 ton/ha iken uydu görüntüsü ile hesaplanan biyokütle miktarı 4,79 ton/ha olarak bulunmuştur. 2. Bölge içinse sırasıyla 4,97- 5,45 ton/ha, 3. Bölge için sırasıyla 4,95-5,93 ton/ha ve 4. Bölge için sırasıyla 6,38-6,76 ton/ha olarak bulunmuştur. Tucker ve ark. (2014), Landsat uydu bandları ve NDVI ile geliştirdikleri modellere göre, yersel ölçüm sonucu mera alanlarında ölçtükleri biyokütle miktarı 2,48 ton/ha iken, Landsat uydu görüntüsü bandları ile 2,39 ton/ha ve NDVI ile 2,45 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Mikro havzaların mera alanlarındaki biyokütle miktarlarını daha kolay ve kısa zamanda hesaplayabilmek için yağış miktarlarına bağlı olarak uydu görüntüsündeki bandların yansımaya değerleri ile geliştirilmiş modeller kullanılmıştır. Yağış miktarlarına göre ayrılan mikro havzaların uydu görüntülerinin yansımaya değerleri ile toprak üstü biyokütle miktarları, 1. Bölge için NDVI ile negatif korelasyon ($r=-0,865$), 2. Bölge için Band 4 ile pozitif korelasyon ($r=+0,837$), 3. Bölge için Band 3 ile negatif korelasyon ($r=-0,853$) ve 4. Bölge için Band 4 ile negatif korelasyon ($r=-0,897$) bulunmuştur. Jin ve ark. (2014), tarafından Çin'de yapılan bir çalışmada uydu görüntülerinden elde ettikleri farklı indislerle toprak üstü biyokütle miktarlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Uydu görüntülerinden elde edilen indisler ile toprak üstü biyokütle miktarları, NDVI (normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi) ile pozitif ($r=+0,791$), DVI (Farklılık Vejetasyon İndeksi) ile pozitif ($r=+0,641$), EVI-2 (Gelişmiş Vejetasyon İndeksi 2) ile pozitif ($r=+0,736$) ve SAVI (Toprak Düzeltilmiş Vejetasyon İndeksi) ile pozitif korelasyon ($r=+0,743$) bulduklarını bildirmişlerdir.

4.3 Verimli ve Boşluklu Kapalı Orman Alanlarındaki Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar

Verimli ormanlık alanlarında hektardaki biyokütle miktarları değerlendirildiğinde mikro havzalar bakımından en yüksek değerlerin Bıçakçılar (149 ton/ha), Veliköy

(138 ton/ha), Kılıçkaya (139 ton/ha) ve İspir Kuzey (121 ton/ha) mikro havzalarında bulunduğu, en küçük değerlerin ise Masat (14,7 ton/ha) ve Taht (15,9 ton/ha) mikro havzalarında olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre yağış miktarının artışına bağlı olarak biyokütle miktarıda doğrusal olarak artmıştır ($p<0,05$). Bu sonucun oluşmasında en yüksek yağışın Bıçakçılar (1274 mm), Veliköy (1340 mm), Kılıçkaya (918 mm) ve İspir Kuzey (904 mm) mikro havzalarında, en düşük yağışın ise Masat (636 mm) ve Taht (594 mm) mikro havzalarında olmasının etkili olduğu sanılmaktadır.

Ayrıca sıcaklığın artmasıyla ormandaki biyokütle miktarı arasında negatif bir ilişki söz konusudur (Asan, 1995). Bu bağlamda bakıldığında Masat ve Taht mikro havzaları ortalama sıcaklık bakımından diğer mikro havzalara göre daha düşük değerlere sahiptir.

Mikro havzalar genel olarak değerlendirildiğinde kurak bölgeler de daha çok sarıçam ve ardıç türler hâkim olurken, yağışlı bölgelerde ise karışık ormanların daha fazla yer kapladığı belirlenmiştir. Mikro havzaların ağaç türleri ve biyokütle miktarları karşılaştırıldığında, en az biyokütleye sahip Masat mikro havzasında % 59 kavak ve meşe, % 24 ardıç, % 15 sarıçam ve %2 söğüt bulunurken, en fazla biyokütle miktarına sahip Bıçakçılar mikro havzasında ise % 66 karışık (sarıçam, göknar ve ladin), % 16 sarıçam, % 10 göknar, % 6 kayın ve % 2 ladin türlerinden oluşmaktadır. Buna göre karışık meşçerelerin olması biyokütleyi arttırıcı bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, yükselti arttıkça karışık meşçerelerin oranında artış göstermiştir.

Toplam karbon depolama miktarı değerlendirildiğinde, yağış ile birlikte karbon depolama miktarında bir artış meydana gelmiştir. Yüksek karbon depolamasının olduğu yerler genellikle karışık meşçere kuruluşlarının bulunduğu yerlere denk gelmektedir. Buna göre karışık meşçerelerin saf meşçerelere göre daha fazla karbon depolamaya sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Örneğin Veliköy mikro havzasında LÇsd3 karışık meşçeresinde 189 ton/ha karbon depolanırken, Çsbc3 saf meşçeresinde ise 54 ton/ha karbon depolandığı görülmüştür. İnce (2011), tarafından Artvin Merkez Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yapılan çalışmada, LÇsd3 karışık meşçeresinde 192 ton/ha ve Çsbc3 saf meşçeresinde ise 30 ton/ha karbon depolandığını ve karışık meşçerelerde depolanan karbon miktarının saf meşçerelere göre daha fazla olduğunu belirtilmiştir. Benzer şekilde Mirici ve ark. (2015),

tarafından Ceyhan ve Seyhan Havzalarının kesişiminde yer alan Kozan İlçesi'nin orman alanlarındaki karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesinde elde ettikleri sonuçlara göre meşçere tipleri bakımından genel olarak yaşlı (c-d sınıfı) kızılçam ve karışık meşçerelerde yüksek karbon değerleri tahmin etmişlerdir. Durkaya ve ark. (2012), tarafından Bartın yöresi karışık meşçerelerinde yapılan biyokütle stok değişimlerinin irdelenmesi isimli çalışmada benzer şekilde karışık meşçerelerin saf meşçerelere oranla daha yüksek miktarda karbon depoladığını ve karışık meşçerelerin karbon stoklamadaki etkinliğinin yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Verimli orman alanlarında toplam karbon miktarının yaklaşık olarak % 70'i toprakta depolanmaktadır. Ayrıca, meşçerelerdeki karışım oranı arttıkça toprak içerisinde mevcut karbon miktarında artış göstermektedir. Verimli orman toprağında depolanan karbon miktarında biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarı gibi karışık meşçere topraklarında saf meşçere topraklarına göre daha fazla bulunmuştur. Birim alanda topraktaki ortalama karbon miktarı Veliköy mikro havzasında geniş yapraklı ormanlarda 69 ton/ha, geniş yapraklı karışık ormanlarda ise 103 ton/ha'dır. Tolunay ve ark. (2008), tarafından yapılan çalışmada da geniş yapraklı ormanlarda 80 ton/ha, geniş yapraklı karışık ormanlarda ise 161 ton/ha karbon depolandığı bildirmişlerdir.

Bir çok çalışmada verimli orman alanlarında toprak havuzunda bulunan karbon tutunumu, veri yetersizliğinden dolayı hesaplara dahil edilmemiştir. Oysaki, orman topraklarında tutulan karbon miktarı, biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarından çok daha fazladır. Orman topraklarında biriken karbon miktarını toprağa organik madde girişi ile bu organik maddenin ayrışması arasındaki ilişkiler belirlemektedir (Tolunay ve ark. 2007). Organik madde girişi çoğunlukla yaprak dökülmesi ile olmaktadır (Pausas, 1997). Ancak toprak içerisinde ince köklerin ayrışması da toprağın organik madde miktarına önemli oranda katkıda bulunmaktadır (Berg ve ark. 2003).

Mikro havzalardaki ölü örtü biyokütle miktarları geniş yapraklı meşçereler için 2,6 ton/ha ile 38 ton/ha arasında değiştiğini, ölü örtüde depolanan karbon miktarının ise 1,2 ton/ha ile 18,5 ton/ha arasında değişim gösterdiği hesaplanmıştır. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde Mısır ve ark. (2013), tarafından yapılmış olan karbon depolama fonksiyonunun orman amenajman planına aktarılması isimli

çalışmada, kayın meşcerelerinin ölü örtü biyokütle miktarının 4,8 ton/ha ile 27 ton/ha arasında değiştiğini, ölü örtüde depolanan karbon miktarının 2 ton/ha ile 7 ton/ha arasında olduğunu belirtmişlerdir. Tüfekçioğlu ve ark. (2005), tarafından Artvin Genya dağı yöresi doğu ladini meşcerelerinde yapmış oldukları çalışmada, yıllık ortalama ibre dökümü miktarını 6,4 ton/ha olarak bulmuşlardır. Bu miktarın 2,8 ton/ha'ı (% 44) ibre olarak, 0,9 ton/ha'ı (% 14) dal olarak geri kalan kısmının ise tohum ve kozalak olarak döküldüğünü belirtmişlerdir. Çepel ve ark. (1988), tarafından kızılçam ormanlarında yapılan bir araştırmada yıllık ibre dökümü miktarı 2,34 ton/ha olarak bulmuşlardır.

Verimli orman alanlarında depolanmış olunan karbon miktarlarının tüm mikro havzaların ortalama ağaç bileşenlerine göre yüzdeleri ise; % 70,04'ü toprak üstü karbon, % 19,5'i toprak altı karbon, % 0,7'si ölü odun içerisindeki karbon ve % 9,4'ü ise ölü örtü içerisindeki karbon miktarı olarak hesaplanmıştır. Boşluklu kapalı orman alanlarında depolanmış olunan karbon miktarlarının tüm mikro havzaların ortalama ağaç bileşenlerine göre yüzdeleri ise; % 48,15'i toprak üstü karbon, % 20,12'si toprak altı karbon, % 0,45'i ölü odun içerisindeki karbon ve % 31,28'i ise ölü örtü içerisindeki karbon miktarı olarak hesaplanmıştır. Verimli ormanlarda toprak üstü karbon miktarı oranının yüksek çıkmasının nedeni meşcerelerdeki ağaç servetinin (Bıçakçılar mikro havzasında ağaç serveti hektarda 66 m³ ile 400 m³ arasında değişmektedir) büyüklüğünden, boşluklu kapalı ormanlık alanlarda ölü örtü karbon miktarının fazla olmasının nedeni, boşluklu kapalı ormanlık alanların büyüklüğü ve amenajman planında yer alan ağaç serveti (0,06 m³ ile 6 m³ arası) miktarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Mikro havzalardaki verimli orman alanlarında hesaplanan toplam karbon miktarı (toprak üstü ve toprak altı) 45,6 ton/ha, toprak karbonu miktarı ise ortalama 111 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Bu değerler dünyada yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında; Birdsey ve ark. (1993), tarafından Amerika'da yapmış oldukları çalışmada toplam karbon miktarını 62 ton/ha, toprak karbonunu ise 108 ton/ha olarak bulmuşlardır. Aynı şekilde, Kauppi ve ark. (1992), tarafından Avrupa'da yapılan çalışmada toplam karbon miktarını 32 ton/ha, toprak karbonunu ise 90 ton/ha; Ravindranath ve ark. (1992), tarafından Çin'de yapılan çalışmada toplam karbon miktarını 114 ton/ha, toprak karbonunu ise 136 ton/ha; Gifford ve ark. (1992), tarafından Avustralya'da yapılan

çalışmada toplam karbon miktarını 45 ton/ha, toprak karbonunu ise 83 ton/ha; Lee ve ark. (2015), tarafından Kore'de yapılan çalışmada toplam karbon miktarını 66,6 ton/ha, toprak karbonunu ise 64,1 ton/ha olduğunu bildirmişlerdir.

Mikro havzaların verimli orman alanlarında hesaplanmış ortalama toprak üstü biyokütle miktarı 89,6 ton/ha olarak bulunmuştur. Dünya genelinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, Koh (2002), tarafından verimli meşe ormanlarında yapılan çalışmada toprak üstü biyokütle miktarları 94,20 ton/ha; Park ve ark. (2002), tarafından meşe ormanlarında yapılan çalışmada 34 yaşındaki meşelik alandaki toprak üstü biyokütle miktarı 56,07 ton/ha, 25 yaşındaki meşelik alandaki toprak üstü biyokütle miktarı 44 ton/ha, 37 yaşındaki meşelik alandaki toprak üstü biyokütle miktarı 86,32 ton/ha; Park ve ark. (1994), tarafından 26-29 yaş arası verimli meşe ormanlarında yaptıkları çalışmada toprak üstü biyokütle miktarını 115,3 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Güner ve ark. (2010), tarafından yalancı akasya ağaçlandırma alanlarında yapılan biyokütle ve karbon çalışmasında toplam biyokütle miktarını 100,5 ton/ha ve toplam karbon miktarını 46,1 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Boşluklu kapalı ormanlık alanlarda hektardaki biyokütle miktarları değerlendirildiğinde mikro havzalar bakımından en yüksek değer Tortum Kuzey, Olur ve İspir Kuzey mikro havzalarında bulunduğu, en küçük değer ise Taht mikro havzasında olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre yağış miktarının artışına bağlı olarak biyokütle miktarında doğrusal olarak artmıştır ($p < 0,05$).

Biyokütleyi azaltıcı etkenlerin başında gelen yağışın azalması ile beraber topraktaki besin maddelerinin alınımının zorlaşması, transpirasyonun artarak fotosentezi durdurması ve buna bağlı olarak ağaçların çap ve boy gelişimlerinin daha kötü olacağı ve buna bağlı olarak biyokütle miktarında daha düşük olması beklenmektedir.

Mikro havzalar genel olarak değerlendirildiğinde kurak bölgeler de daha çok boşluklu kapalı ardıç, boşluklu kapalı meşelik ve boşluklu kapalı sarıçam meşçereleri hâkim olurken, yağışlı bölgelerde ise daha çok boşluklu kapalı karışık ormanlık alanların daha fazla yer kapladığı belirlenmiştir. Mikro havzaların ağaç türleri ve biyokütle miktarları karşılaştırıldığında, en az biyokütleye sahip Taht mikro havzasında % 81

boşluklu kapalı ardıç, % 17 boşluklu kapalı meşelik ve % 2 boşluklu kapalı sarıçam bulunurken, en fazla biyokütle miktarına sahip Tortum Kuzey, Olur ve İspir Kuzey mikro havzalarında ise yaklaşık %75 civarında boşluklu kapalı karışık ormanların bulunduğu görülmüştür. Buna göre karışık meşçerelerin olması verimli ormanlık alanlarda olduğu gibi, boşluklu kapalı ormanlık alanlarda da biyokütleyi arttırıcı bir etkisi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, yükselti arttıkça karışık meşçerelerin varlığı da artış göstermiştir.

Yüksek karbon depolamasının olduğu yerler genellikle karışık meşçere kuruluşlarının bulunduğu yerlere denk gelmektedir. Buna göre karışık meşçerelerin saf meşçerelere göre daha fazla karbon depolamaya sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durum karışık meşçerelerde farklı ekolojik isteklere sahip türlerin toprağın ve yetişme ortamının farklı ekolojik özellikleri kullanmasından kaynaklanabilir.

Meşçerelerdeki karışım oranı arttıkça toprak içerisinde tutulan karbon miktarında artış göstermektedir. Benzer şekilde Nepal’de yapılan bir çalışmada toplam karbon depolamasında toprakta tutulan karbonun oranı yaklaşık olarak % 65’tir (Gilmour ve ark. 1991).

Mikro havzalardaki verimli orman alanlar içerisindeki iğne yapraklı meşçerelerde hesaplanmış olan toprak karbonu 48 ton/ha ile 159 ton/ha arasında değiştiği, iğne yapraklı meşçerelerdeki ortalama toprak karbonu 121 ton/ha olduğu görülmüştür. Geniş yapraklı meşçerelerde ise toprak karbonunun 19 ton/ha ile 133 ton/ha arasında değiştiği ortalama toprak karbonunun 58 ton/ha olduğu bulunmuştur. Mısır ve ark. (2013), tarafından yapılmış benzer bir çalışmada kayın ormanlarındaki toprak karbonu miktarının 21,4 ton/ha ile 189,3 ton/ha arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanlar içerisindeki iğne yapraklı meşçerelerde hesaplanmış olan toprak karbonu 8 ton/ha ile 18 ton/ha arasında değiştiği, iğne yapraklı meşçerelerdeki ortalama toprak karbonu 13 ton/ha olduğu görülmüştür. Geniş yapraklı meşçerelerde ise toprak karbonunun 10 ton/ha ile 19 ton/ha arasında değiştiği ortalama toprak karbonunun 11 ton/ha olduğu bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, verimli ormanlık alanlar için hesaplanan toplam toprak üstü biyokütle miktarı 3.862.337 ton ve toplam toprak altı biyokütle

miktarı 1.071.111 ton olup toplam biyokütle miktarı 4.933.448 ton olarak bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle toplam biyokütlenin (toprak üstü ve toprak altı) % 78,3'ü toprak üstü biyokütleden ve % 21,7'si toprak altı biyokütleden oluşmaktadır. Kahramanmaraş, Kapıkaya Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde Işık (2013), tarafından yapılan benzer bir çalışmada, toplam biyokütlenin % 77,6'sı toprak üstü biyokütleden %22,4'ü ise toprak altı biyokütleden oluştuğu belirlenmiştir.

Meşcere yapısına göre bir değerlendirme yapıldığında ise verimli ormanlık alanlardaki toplam biyokütle miktarı (toprak üstü ve toprak altı) 4.933.448 ton ve boşluklu kapalı ormanlık alandaki toplam biyokütle miktarı 456.189 ton olup toplam biyokütle miktarı 5.389.637 ton olarak hesaplanmıştır. Verimli ormanlık alandaki toplam biyokütle miktarı toplam biyokütlenin % 91,5'i iken boşluklu kapalı ormandaki toplam biyokütle oranı ise %8,5 olarak hesaplanmıştır. Yine Işık (2013), tarafından yapılan benzer çalışmada ormanlardaki toplam biyokütle miktarı % 90,9'u iken boşluklu kapalı ormanlardaki toplam biyokütle oranı ise % 9,1 olarak bulunmuştur.

Daha ayrıntılı bir inceleme yaptığımızda, verimli ormanlık alanların toplam miktarı 49.983,5 ha ve boşluklu kapalı ormanlık alanların toplam miktarı 66.822 ha olup toplam alan 116.805,5 ha olarak hesaplanmıştır. Boşluklu kapalı orman alanı toplam alanın % 57'sini oluşturmasına rağmen boşluklu kapalı ormandaki biyokütle miktarı toplam biyokütle miktarının sadece % 8,5'ini oluşturmaktadır. Aynı çalışmada, boşluklu kapalı orman alanları toplam alanın % 56'sını oluşturmakta ve boşluklu kapalı ormandaki biyokütle miktarı toplam biyokütle miktarının sadece % 9,1'ini oluşturmaktadır (Işık, 2013). Verimli orman alanlarındaki biyokütle miktarının boşluklu kapalı ormanların biyokütle miktarından fazla çıkmasının en önemli nedeni verimli meşcerelerin boşluklu kapalı meşcerelere göre hektarda daha fazla artım ve ağaç servetine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunu bir örnekle açıklamak gerekirse, Veliköy mikro havzası içerisindeki en yüksek servete sahip boşluklu kapalı meşcerenin (BG) hektardaki serveti 18 m³ iken verimli meşcerenin (GLcd3) hektardaki serveti 936 m³'tür. Hektarda bulunan ağaç serveti biyokütle hesaplamasında bir çarpan olduğundan bu durum biyokütleye yansımaktadır.

Verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki toplam karbon (toprak üstü ve toprak altı) miktarlarını incelediğimizde; verimli ormanlardaki toplam karbonun % 78'i

toprak üstü, % 22'si ise toprak altında bulunurken, boşluklu kapalı ormanlık alanlarda ise toplam karbonun % 71'i toprak üstü % 29'u ise toprak altı biyokütle içerisinde bulunmaktadır. Verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki toplam karbon miktarını incelediğimizde, toplam karbon miktarının % 91,7'si verimli ormanlık, % 8,3'ü ise boşluklu kapalı ormanlık alanlarda bulunmaktadır. Benzer bir çalışmada, toplam karbon miktarının % 91'i toprak üstü % 9'u ise toprak altı biyokütle içerisinde tutulan karbon olarak hesaplanmıştır (Işık, 2013). Nepal ormanlarında yapılan bir çalışmada ise, verimli ormanlık alanlardaki toplam karbon miktarının % 78'ni toprak üstü % 22'sini ise toprak altı biyokütle içerisindeki karbon miktarı olarak hesaplamışlardır (Gilmour ve ark. 1991).

Mikro havzaların verimli orman alanlarından hesaplanan toplam karbon miktarının % 14,7'si biyokütle içerisinde depolanan toplam karbon miktarını, % 85,3'ü toprak içerisinde depolanan toplam karbon miktarı olarak hesaplanmıştır. Tolunay, (2009)'ın Türkiye ormanlarının karbon stoklarını belirlemek için yapmış olduğu çalışmada toplam karbon miktarının yaklaşık olarak % 75'i toprak içerisinde depolanan karbon miktarını, % 25'lik kısmında biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarı olduğunu bildirmiştir (Tolunay, 2009).

Mikro havzaların verimli orman alanlarında hesaplanan ortalama toplam karbon miktarı 45,6 ton/ha olup, bunun 32,15 ton/ha (% 70,5) toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarını, 8,89 ton/ha (% 19,5) toprak altı biyokütle içerisinde karbon miktarını, 0,27 ton/ha (% 0,6) ölü odun karbonunu ve 4,29 ton/ha (% 9,4) ise ölü örtü içerisinde karbon miktarını oluşturduğu tespit edilmiştir. Tolunay (2009), tarafından Türkiye ormanlarının karbon stoklarını belirlemek için yapılmış olan çalışmada verimli orman alanlarındaki ortalama toplam karbon miktarını 48,21 ton/ha olarak hesaplamış ve bunun 32,44 ton/ha (% 67) toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarını, 9,22 ton/ha (% 19) toprak altı biyokütle içerisinde karbon miktarını, 0,33 ton/ha (% 1) ölü odun karbonunu ve 6,22 ton/ha (% 13) ise ölü örtü içerisinde karbon miktarını oluşturduğunu bildirmiştir. Lee ve ark. (2015), tarafından Kore'de yapılan çalışmada ortalama toplam karbon miktarını 66,62 ton/ha olarak hesaplamış ve bunun 50,04 ton/ha toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarını, 12,5 ton/ha toprak altı biyokütle içerisinde karbon miktarını ve 4,08 ton/ha ise ölü örtü içerisinde karbon miktarını oluşturduğunu bildirmiştir.

Mikro havzaların boşluklu kapalı orman alanlarından hesaplanan ortalama toplam karbon miktarı 4,69 ton/ha olup, bunun 2,26 ton/ha toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarını, 0,94 ton/ha toprak altı biyokütle içerisinde karbon miktarını, 0,02 ton/ha ölü odun karbonunu ve 1,47 ton/ha ise ölü örtü içerisinde karbon miktarını oluşturduğu tespit edilmiştir. Tolunay (2009), tarafından Türkiye ormanlarının karbon stoklarını belirlemek için yapılmış olan çalışmada boşluklu kapalı orman alanlarındaki ortalama toplam karbon miktarını 5,27 ton/ha olarak hesaplamış ve bunun 2,48 ton/ha toprak üstü biyokütle içerisindeki karbon miktarını, 1,06 ton/ha toprak altı biyokütle içerisinde karbon miktarını, 0,02 ton/ha ölü odun karbonunu ve 1,70 ton/ha ise ölü örtü içerisinde karbon miktarını oluşturduğunu bildirmiştir (Tolunay, 2009).

Mikro havzaların verimli ormanlık alanlardaki toprak üstü karbon miktarı (32,15 ton/ha) ve toprak altı karbon miktarı (8,89 ton/ha) olarak hesaplamıştır. Boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki toprak üstü karbon miktarı (2,26 ton/ha) ve toprak altı karbon miktarı (0,94 ton/ha) olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde kalan verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanların ortalama toplam karbon miktarı 22,12 ton/ha olarak hesaplanmıştır. Bu değer Dünya’da ve Türkiye’de yapılmış çalışmalarda karşılaştırıldığında; Dixon ve ark. (1994), Dünya genelinde yaptıkları çalışmada ortalama 86 ton/ha, UN-ECE/FAO (2006), tarafından yine dünya genelinde yapılan çalışmada verimli ve boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki toprak üstü ve toprak altında depolanan karbon miktarları ortalamasını 73,4 ton/ha, yine UN-ECE/FAO (2006), tarafından dünya genelinde yapılan çalışmada ise 71,5 ton/ha olarak bulmuşlardır. UN-ECE/FAO (2006), tarafından 47 Avrupa ülkesinde yapılan iki farklı çalışmada 42,5 ton/ha ve 43,9 ton/ha olarak, Fang ve ark. (2006), tarafından Avrupa’da yapılan çalışmada 40,1 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Bunların yanında, Schelhaas ve ark. (2001), tarafından Avrupa’daki 30 ülkede yapılan çalışmada 45 ton/ha; Goodale ve ark. (2002), tarafından 30 farklı Avrupa ülkesinde yapılan çalışmada 51,7 ton/ha; Nabuurs ve ark. (1997), tarafından 15 farklı Avrupa ülkesinde yapılan çalışmada 53,2 ton/ha; Liski ve ark (2000), tarafından 15 farklı Avrupa ülkesinde yapılan çalışmada 50 ton/ha; Dixon ve ark. (1994), tarafından Avrupa’da yapılan çalışmada 32 ton/ha; Karjalainen ve ark (2003), tarafından 27 farklı Avrupa ülkesinde yapılan çalışmada 50,5 ton/ha; Lee ve ark. (2015), tarafından Kore’de yapılan çalışmada 62,5 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Bu konu üzerinde

Türkiye’de yapılan çalışmalara baktığımızda, Schelhaas ve ark. (2001), tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada 45 ton/ha; UN-ECE/FAO (2006), tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada 40,16 ton/ha; Evrendilek (2004), tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada 20,71 ton/ha; Tolunay (2009), tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada 22,65 ton/ha ve bu çalışmada da 22,12 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Mikro havzaların verimli orman alanlarındaki ortalama toprak altı biyokütle miktarları 17,47 ton/ha olarak belirlenmiştir. Bu değer toplam biyokütle miktarının % 19,5’ine karşılık gelmektedir. Tüfekçioğlu ve ark. (2010), tarafından saf sarıçam meşcerelerinde kök biyokütlesinin belirlenmesi üzerine yapmış oldukları çalışmada ortalama kök biyokütlesini 16,9 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Özdemir, (2011), tarafından yapılan çalışmada ortalama kök biyokütlesini 13,6 ton/ha olarak bulduğunu bildirmiştir.

Küçük (2006), Kastamonu’da karaçam meşcerelerinde kök kütlesinin değişimlerini incelemiş ve yaşlı meşcerede (100 yaş) toplam kökü 14,4 ton/ha, genç meşcerede (20 yaş) ise 9,5 ton/ha olarak bulmuştur.

Özbayram (2006), çalışmasında kavaklık, elma bahçesi ve çayırılık alandaki kök miktarlarını belirlemiştir. Buna göre en yüksek kök elma bahçesinde 11,7 ton/ha iken, en düşük kök ise 6,3 ton/ha ile kavaklık alanda bulunmuştur.

4.4 Tarım Alanlarındaki Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar

Mikro havzalardaki tarımsal alanlar biyokütle bakımından değerlendirmeye alındığında, en yüksek toplam biyokütle miktarı Veliköy mikro havzasında tespit edilirken en düşük biyokütle miktarı ise Bıçakçılar ve İspir Kuzey mikro havzalarında bulunmuştur. Yağışın artması veya azalması biyokütle miktarı üzerinde doğrusal bir şekilde etki göstermemektedir ($p<0.05$). Bunun sebebi olarak tarım alanlarında kullanılan ürünlerin farklılığı ve birim alanda elde edilen hasat miktarının değişiklik göstermesi söylenebilir. Burada biyokütle miktarını belirleyen ana faktör yıl içerisinde tarım alanlarında yetiştirilen ürün çeşitleridir. Birim alanda yetişen bir ürünün hektardaki ağırlığı başka bir ürünün yaklaşık 10 katı olabilir. Benzer şekilde mikro havzalarda yetiştirilen ürünlerin oransal farklılıkları biyokütle miktarları üzerinde önemli etkide bulunmaktadır.

Tarım alanlarında, tek yıllık bitkiler hasat edilene kadar atmosferden almış oldukları sera gazlarını, hasat edildikten sonra ayrışarak veya tüketilerek tekrar atmosfere saldıkları için nötr olarak kabul edilmektedir.

Karbon depolama açısından bakıldığında, biyokütle miktarında ifade edildiği gibi doğrusal bir artış veya azalma içerisinde olmadığı görülmüştür. Buna sebep olarak, tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerin farklı karbon depolama içeriklerinin olması ve bunun biyokütle ile birlikte değerlendirilmesi ile ifade edilebilir.

Topraktaki karbonun toplam karbona oranı yaklaşık olarak % 32-60 arasında değişim göstermiştir.

Biyokütle miktarı üzerinde özellikle kurak alanlarda yağış miktarının az olmasına rağmen ek sulama faaliyetlerinin bulunması biyokütle miktarını artırıcı bir rol oynadığı düşünülmektedir.

Mikro havzaların tarım alanları toplam biyokütle miktarı bakımından incelediğimizde, en düşük biyokütle miktarı 7 ton/ha (Oltu), en yüksek biyokütle miktarı ise 9,5 ton/ha (Uzundere) mikro havzalarında hesaplanmış ve mikro havzaların ortalama biyokütle miktarı 8,3 ton/ha olarak bulunmuştur.

Mikro havzaların tarım alanları toplam karbon miktarı bakımından incelediğimizde, en düşük karbon miktarı 3,2 ton/ha (Oltu), en yüksek biyokütle miktarı ise 4,3 ton/ha (Uzundere) mikro havzalarında hesaplanmış ve mikro havzaların ortalama biyokütle miktarı 3,8 ton/ha olarak bulunmuştur.

Mikro havzaların tarım alanları içerisindeki topraklarda depolanan ortalama karbon miktarı 30 ton/ha olarak bulunmuştur. Bu değer, verimli orman (111 ton/ha) ve boşluklu kapalı ormanlık (64 ton/ha) alanların topraklarında depolanan karbon miktarından az, mera topraklarında (11 ton/ha) depolanan karbon miktarından fazladır. Shah ve ark. (2015), tarafından Pakistan'da yapılan bir çalışmada, orman alanlarının yakınındaki meralarda toprak karbonunu 35,62 ton/ha, mera alanlarında 32,71 ton/ha ve mera alanlarına yakın tarım arazilerinde ise 29,77 ton/ha olarak bulmuşlardır.

4.5 Toplam Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar

Mikro havzalar toplam biyokütle bakımından değerlendirmeye alındığında, en yüksek toplam biyokütle miktarı Veliköy mikro havzalarında tespit edilirken en düşük biyokütle miktarı ise Taht ve Masat mikro havzalarında bulunmuştur. Yağışın artması veya azalması biyokütle miktarı üzerinde doğrusal bir şekilde etki göstermemektedir ($p<0.05$).

Genel itibariyle yağış arttıkça hektardaki toplam biyokütleninde arttığı görülmektedir. Bu duruma neden olarak, yağışla beraber topraktan besin maddesi alınabilirliği artması, dolayısıyla da bunun biyokütle olarak dönüşümünün olması söylenebilir. Özellikle yüksek yağışla birlikte yüksek biyokütle oluşturan türlerinde yüksek yağış miktarlarında yetişmesinden dolayı biyokütle miktarında artış söz konusudur.

Sıcaklığın düşük olması vejetasyon mevsimini kısıltacağından dolayı biyokütle artışında sınırlama veya azalma görülmesi beklenebilir. Çünkü uygun sıcaklık koşullarında büyüme faaliyetleri artarken, düşük sıcaklıklarda veya çok aşırı yüksek sıcaklıklarda büyüme faaliyetlerinde azalma veya durma söz konusu olabilmektedir. Buda doğrudan biyokütle miktarına yansımaktadır.

Mikro havzalar toplam karbon stoğu bakımından değerlendirmeye alındığında, toplam hektardaki biyokütle miktarında olduğu gibi en yüksek toplam karbon miktarı Veliköy mikro havzalarında tespit edilirken en düşük karbon miktarı ise Taht ve Masat mikro havzalarında bulunmuştur. Yağışın artması veya azalması biyokütle miktarı üzerinde doğrusal bir şekilde etki göstermemektedir ($p<0.05$).

Toplam karbon miktarında oransal olarak topraktaki karbon miktarının % 65-95 arasında değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu durumda, toprak içerisinde tutulan karbonun, karbon depolamada ciddi anlamda katkı sağladığı görülmüştür.

Yağışla birlikte toplam karbon depolamasında bir artış söz konusudur. Buna neden olarak yağışla birlikte toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarının artması ve bunların ayrışması sonucunda topraktan alınan bitki besin maddelerinin artacağı, bununda biyokütleye yansıtacağı düşünülmektedir.

Toplam biyokütle miktarı bakımından arazi kullanım durumlarına göre mikro havzalardaki biyokütle miktarları şu şekilde özetlenebilir; en yüksek biyokütle miktarı verimli orman alanlarında ortalama 89,6 ton/ha (en düşük Masat 14,7 ton/ha, en yüksek Bıçakçılar 149 ton/ha mikro havzalarında) olarak belirlenmiştir. Boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki biyokütle miktarının ortalaması 9,3 ton/ha (en düşük Taht 6 ton/ha, en yüksek Uzundere 13 ton/ha mikro havzalarında), tarım alanlarındaki biyokütle miktarının ortalaması 8,3 ton/ha (en düşük Oltu 7 ton/ha, en yüksek Uzundere 9,5 ton/ha mikro havzalarında), mera alanlarındaki biyokütle miktarının ortalaması ise 4,8 ton/ha (en düşük Masat 1,9 ton/ha, en yüksek Veliköy 11 ton /ha mikro havzalarında belirlenmiştir.

Toplam karbon (toprak üstü ve toprak altı) miktarı bakımından arazi kullanım durumlarına göre mikro havzalardaki karbon miktarları şu şekilde özetlenebilir; en yüksek karbon miktarı verimli orman alanlarında ortalama 45,6 ton/ha (en düşük Masat 7,3 ton/ha, en yüksek Bıçakçılar 76 ton/ha mikro havzalarında) olarak belirlenmiştir. Boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki karbon miktarının ortalaması 4,7 ton/ha (en düşük Taht 3 ton/ha, en yüksek Uzundere 6,7 ton/ha mikro havzalarında), tarım alanlarındaki karbon miktarının ortalaması 3,8 ton/ha (en düşük Oltu 3,2 ton/ha, en yüksek Uzundere 4,3 ton/ha mikro havzalarında) ve son olarak mera alanlarındaki karbon miktarının ortalaması ise 2,4 ton/ha (en düşük Masat 0,95 ton/ha, en yüksek Veliköy 5,6 ton/ha) olarak belirlenmiştir.

Mikro havzaların arazi kullanım durumlarına göre toprakta depolanan karbon miktarları incelendiğinde; toplam toprak karbonunun % 2,4'ü boşluklu kapalı ormanlık alanlarda, % 8,4'ü tarım alanlarında, % 31,7'si verimli ormanlık alanlarda ve % 57,5'i ise mera alanlarındaki topraklarda depolandığı görülmüştür. Toplam toprak karbonu içerisinde boşluklu kapalı ormanlık alanlarda depolanan toprak karbonu en düşük Taht (% 0,3) en yüksek ise Uzundere (%5,4) mikro havzalarında, verimli ormanlık alanlarda depolanan toprak karbonu en düşük Taht (% 1,8) en yüksek ise Veliköy (% 75,8) mikro havzalarında, mera alanlarda depolanan toprak karbonu en düşük Veliköy (% 18,1) en yüksek ise Taht ve Masat (% 79,5) mikro havzalarında ve tarım alanlarında depolanan toprak karbonu en düşük Veliköy (% 3,6) en yüksek ise İspir (%18,9) mikro havzalarında bulunmuştur. Mikro havzalarda hesaplanan toprak karbonu miktarı genellikle mikro havzadaki arazi kullanımı ile alakalı olup, mera alanı

fazla olan yerde mera topraklarındaki karbon miktarı fazla çıkarken, verimli orman alanı fazla olan mikro havzalarda ise o alandaki toprak karbonu miktarı yüksek çıkmaktadır.

Mikro havzalarda hesaplanan toplam karbon (toprak üstü, toprak altı ve toprak karbonu) miktarını incelediğimizde; mikro havzalardaki ortalama karbon miktarı 75,89 ton/ha olup, en düşük Taht mikro havzasında (50,8 ton/ha) en yüksek ise Veliköy mikro havzasında (130,6 ton/ha) bulunmuştur. Bu bağlamda bakıldığında, yağışla orantılı olarak en yüksek yağışın olduğu Veliköy (1340 mm) mikro havzasında depolanan karbon miktarı da en yüksek değere sahiptir.

Mikro havzalardaki verimli orman alanları içerisindeki ortalama biyokütle miktarları 14,7 ton/ha ile 149 ton/ha arasında değişmekte olup mikro havzaların ortalama biyokütle miktarları 89. 6 ton/ha olarak bulunmuştur. Orman alanlarındaki biyokütle miktarları için yapılan bazı çalışmalar şu şekilde özetlenebilir; Cairns ve ark. (1995), tarafından iğne yapraklı ormanlarda yapılan biyokütle çalışmasında biyokütle miktarının 50 ton/ha ile 118 ton/ha arasında değiştiği, ortalama biyokütle miktarının ise 50 ton /ha olarak bulunduğunu bildirmiştir. Maser ve ark. (1997), tarafından iğne yapraklı ormanlarda yapılan biyokütle çalışmasında ortalama biyokütle miktarı 70 ton/ha, yine Maser ve ark. (2001), tarafından yapılan çalışmada ise 118 ton/ha olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Bu konu hakkında yapılmış diğer araştırmalarda bulunan değerler şu şekildedir; De Jong ve ark. (1999), çam ormanlarında 120 ton/ha; Ordonez ve ark. (2008), 126,8 ton/ha; Cairns ve ark. (1995), geniş yapraklı ormanlarda yaptığı çalışmada 60 ton/ha; Maser ve ark. (1997), geniş yapraklı ağaçlarda yaptığı biyokütle çalışmasında 53 ton/ha; Maser ve ark. (1997), geniş yapraklı ağaçlarda yaptığı biyokütle çalışmasında 105 ton/ha olarak bulmuşlardır. De jong ve ark. (1999), tarafından karışık ormanlarda yapılan biyokütle çalışmasında ise biyokütle miktarı 189 ton/ha; Ordonez ve ark. (2008), karışık ormanda 115,7 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

Mikro havzalardaki boşluklu kapalı orman alanları içerisindeki ortalama biyokütle miktarları 6 ton/ha ile 12,5 ton/ha arasında değişmekte olup mikro havzaların ortalama biyokütle miktarları 9. 3 ton/ha olarak bulunmuştur. De jong ve ark. (1999), tarafından boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki biyokütle miktarlarını belirlemek için yapmış

oldukları çalışmada boşluklu kapalı ormanlık alanlardaki ortalama biyokütle miktarını 29,3 ton/ha olarak hesaplamışlardır.

Mikro havzalardaki mera alanları içerisindeki ortalama biyokütle miktarları 1,9 ton/ha ile 11 ton/ha arasında değişmekte olup, mikro havzaların ortalama biyokütle miktarları 4,8 ton/ha olarak bulunmuştur.

Mikro havzalardaki tarım alanları içerisindeki ortalama biyokütle miktarları 2,7 ton/ha ile 19,7 ton/ha arasında değişmekte olup mikro havzaların ortalama biyokütle miktarları 8,3 ton/ha olarak bulunmuştur. Koçer ve ark. (2007), tarafından Doğu Anadolu Bölgesindeki tarım alanlarındaki biyokütle miktarlarını belirlemek için yapmış oldukları çalışmada kuru biyokütle miktarını 27 ton/ha olarak belirlenmişlerdir.

Mikro havza topraklarında depolan ortalama karbon miktarına baktığımızda; arazi kullanım durumlarına göre toprak karbonu verimli ormanlık alanlarda 111 ton/ha, mera alanlarında 64 ton/ha, tarım alanlarında 30 ton/ha ve boşluklu kapalı ormanlık alanlarda ise 11 ton/ha olarak bulunmuştur.

4.6 Yıllık Net Biyokütle ve Karbon Stoğuna İlişkin Tartışmalar

Mikro havzalar yıllık net biyokütle üretimi bakımından değerlendirmeye alındığında, en yüksek yıllık net biyokütle üretim miktarı Bıçakçılar mikro havzasında tespit edilirken en düşük yıllık net biyokütle üretim miktarı ise Masat mikro havzasında bulunmuştur.

Yağışın ve sıcaklığın yıllık net biyokütle üretimi üzerinde mikro havza alanları bakımından (verimli ormanlık, boşluklu kapalı ormanlık, mera ve tarım) doğrusal olarak artış veya azalış göstermediği belirlenmiştir. Bunun sebebi mikro havzalardaki arazi kullanımı farklılık göstermesi olabilir. Birim alandaki arazi kullanımındaki farklılıkların yıllık net biyokütle üretiminde de farklılıklar göstermesi beklenmektedir.

Mikro havzalar yıllık net karbon üretimi bakımından değerlendirmeye alındığında, en yüksek yıllık net karbon üretim miktarı Bıçakçılar mikro havzasında tespit edilirken en düşük yıllık net karbon üretim miktarı ise Masat mikro havzasında bulunmuştur.

Toplam yıllık net karbon üretimi miktarında oransal olarak topraktaki yıllık net karbon miktarının % 8-25 arasında değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu durumda, toprak içerisinde tutulan yıllık net karbon üretiminin, yıllık net karbon depolamada ciddi anlamda katkı sağlamadığı görülmüştür.

Mikro havzalarda hesaplanmış olan toplam yıllık net biyokütle miktarları 242.426 ton, toplam yıllık net karbon birikimi ise 139.852 ton olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam yıllık net karbon birikiminin 120.314 ton (% 86,03)'u yıllık net biyokütle miktarı içerisinde depolanan yıllık net karbon miktarını ve 19.358 ton (% 13,97)'si ise toprak içerisinde depolanan yıllık net karbon miktarı olarak hesaplanmıştır.

Mikro havzalarda hesaplanmış olan ortalama yıllık net karbon birikimi, verimli orman alanlarda 0,28 ton/ha; boşluklu kapalı ormanlık alanlarda 0,026 ton/ha; mera alanlarında 0,66 ton/ha ve tarım alanlarında 0,45 ton/ha'dır.

Mikro havzalardaki yıllık net toprak altı biyokütle miktarlarının (TANÜ), yıllık net toprak üstü biyokütle (TÜNÜ) miktarlarına oranları incelendiğinde, bütün mikro havzada yıllık net toprak altı biyokütle miktarlarının, yıllık net toprak üstü biyokütle miktarlarına oranı en küçük tarım alanlarında, daha sonra verimli orman, boşluklu kapalı orman ve en yüksek ise mera alanlarında olduğu görülmüştür.

Kinyamario (1992), tarafından Kenya meralarında yapılmış olan bir çalışmada, ortalama yağış miktarı 677 mm, TANÜ miktarı 875 gr/m² ve TÜNÜ miktarı 1004 gr/m² olarak bulunmuş, TANÜ/TÜNÜ oranı ise 0,87 olduğunu bildirmişlerdir. Gilmanov (1997), tarafından Ukrayna'da yapılan çalışmada, ortalama yağış miktarı 437 mm ve TANÜ/TÜNÜ oranı 2,91; Garcia-Moya (1992) tarafından Meksika'da yapılan çalışmada ortalama yıllık yağış miktarı 580 mm ve TANÜ/TÜNÜ oranı ise 1,5 olduğu bildirilmiştir.

Gilmanov (1997), tarafından Rusya'da ortalama yıllık yağış miktarının 485 mm olduğu mera alanlarında yapılan iki farklı çalışmada TANÜ/TÜNÜ oraları 1,87 ve 2,32; yine Rusya'da ortalama yıllık yağış miktarının 285 mm olduğu mera alanlarında yapılan çalışmada TANÜ/TÜNÜ oraları 4,8 olarak bulunduğunu belirtmiştir (Gilmanov, 1997).

Pandey ve ark. (1992), tarafından Hindistan'da yapılan bir çalışmada ortalama yıllık yağış miktarının 926 mm olduğu meralık alanda TANÜ/TÜNÜ oranını 1,35, ortalama yıllık yağış miktarının 1145 mm olduğu meralık alanda TANÜ/TÜNÜ oranını 1,09 olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Gilmanov (1997), tarafından Rusya'da ortalama yıllık yağışın 583 mm olduğu bir mera alanında yapmış olduğu çalışmada TANÜ/TÜNÜ oranını 2,2 olarak bulduğunu; Türkmenistan'da yapmış olduğu çalışmada ise 291 mm ortalama yıllık yağış alan bir bölgede TANÜ/TÜNÜ oranını 17; Kazakistanda 283 mm yağış alan bölgede ise 8,7 olarak bulduğunu bildirmiştir (Gilmanov, 1997).

Menaut ve ark. (1979), tarafından Fildişi sahillerinde ortalama yıllık yağışın 1164 mm olduğu mera alanlarında yapılan çalışmada yıllık toprak altı net biyokütle miktarının yıllık toprak üstü net biyokütle miktarına oranını 1,59 olarak bulmuşlardır. Xiao ve ark. (1996), tarafından Çin'de yapılan bir araştırmada b oranı 6,6; Risser ve ark. (1972), tarafında Amerika'da yapılan çalışmada (930 mm yıllık ortalama yağış) 1,56; Coupland ve ark. (1974), tarafından Kanada'da yapmış oldukları çalışmada 1,65 olarak bulduklarını belirtmişlerdir.

Hullet ve ark. (1972), tarafından Amerika'da iki farklı mera alanında yapılan çalışmada (228 mm ortalama yıllık yağış) TANÜ/TÜNÜ oranlarını 2,92 ve 2,3; Whitman ve ark. (1971), tarafından Amerika'da iki farklı mera alanında yapılan çalışmada (300 mm) ise TANÜ/TÜNÜ oranını 2,65 ve 3,17 olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

Comeau ve ark. (1989), tarafından Kanada'da kurakçıl ormanlarda yapılan iki farklı çalışmada (630 mm ortalama yıllık yağış) TANÜ/TÜNÜ oranını 0,86 ve 0,6; Linder ve ark. (1982), tarafından İsveç'te ortalama yıllık yağışın 731 mm olduğu ormanlık alanda yapılan bir çalışmada TANÜ/TÜNÜ oranını 1,31; Havas ve ark. (1982), tarafınan Finlandiya'da yapılan (500 mm) çalışmada ise bu oran 0,36 olarak bulduklarını bildirmişlerdir.

4.7 Karbon Etkinlik Değerine İlişkin Tartışmalar

Mikro havzalar Karbon Etkinlik Değeri (KED) bakımından karşılaştırıldığında, verimli ormanlık alanlar için en iyi KED Taht, Olur, İspir Kuzey, Tortum Kuzey, Bıçakçılar ve Kılıçkaya (99) mikro havzalarında, en kötü KED ise Masat, İspir, Uzundere, Oltu ve Veliköy mikro havzalarında olduğu görülmüştür. Boşluklu kapalı ormanlık alanlar içinse, en iyi KED Olur, İspir Kuzey, Tortum Kuzey mikro havzalarında, en kötü KED ise Taht ve Masat mikro havzalarında bulunmuştur. Mera alanları için hesaplanan KED incelendiğinde en iyi KED Masat ve Oltu mikro havzalarında, en kötü KED ise Tortum Kuzey ve Kılıçkaya mikro havzalarında olduğu görülmüştür. Son olarak, tarım alanlarındaki KED bakıldığında, en iyi KED Taht, Masat ve Veliköy mikro havzalarında, en kötü KED ise Olur, Bıçakçılar ve Kılıçkaya mikro havzasında bulunmuştur.

Genel ortalaması itibariyle mikro havzaların KED karşılaştırıldığında, en iyiden kötüye doğru sıralanışı verimli ormanlar (99), boşluklu kapalı ormanlar (97), tarım (89) ve mera (84) alanları şeklindedir.

Bu Karbon Etkinlik Değeri sonuçlarına göre, mikro havzalar içerisindeki verimli ormanlık alanlardaki yıllık net karbon üretiminin büyük bir kısmı gerek toprak üstü veya toprak altı biyokütle içerisinde gerekse toprak içerisinde depolanırken, mera alanlarında aşırı otlatma ve meralar üzerindeki baskılardan dolayı, tarım alanlarında ise hasat zamanı ve sonrası ürün alandan kaldırıldığı için ve devamlı olarak toprak işlenmesi yapıldığından dolayı yıllık net karbon üretimi toprak üstü, toprak altı ve toprak içerisinde depolanamamaktadır.

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Artvin, Erzurum ve Bayburt İllerindeki Bazı Mikro Havzalarda Orman, Mera ve Tarım Alanlarında Toprak Altı ve Toprak Üstü Karbon Miktarlarının Belirlenmesi, Uydu Görüntüleri ile İlişkilendirilmesi ve Modellenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Mikro havzaların mera alanlarında hesaplanmış olunan organik karbon miktarının derinlik kademesi arttıkça azaldığı, en düşük ortalama organik karbon miktarı % 1,32 ile Olur mikro havzasında, en yüksek ortalama organik karbon miktarı ise % 3,13 ile İspir mikro havzasında bulunduğu tespit edilmiştir. Varyans analizine göre mikro havzalar arasındaki derinlik kademelerinde organik karbon bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$). Organik karbonun yoğun olarak bulunduğu üst toprak kademesi gelişen bitki örtüsünün yoğunluğu ve kapladığı alanın genişliği ile yakından ilişkilidir.
- Yağış miktarları bakımından organik karbon miktarı en düşük 3. yağış miktarında (% 1,73), en yüksek ise 2. yağış miktarında (% 2,27) tespit edilmiştir. Varyans analizi sonucunda yağış miktarları farklılığının istatistiksel anlamda sadece 0-30 cm derinlik kademesindeki organik karbon üzerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).
- Mera alanlarında yersel ölçümler sonucu yağış miktarlarına göre elde edilen toprak üstü biyokütle miktarlarını incelediğimizde, en yüksek toprak üstü biyokütle miktarının yağışın en yüksek olduğu 4. yağış miktarında (>1200 mm) 1,871 ton/ha olarak, en düşük toprak üstü biyokütle miktarı ise yağışın en az olduğu 1. yağış miktarında (<600 mm) 0.966 ton/ha olarak bulunmuştur. Toprak üstü karbon miktarı da aynı şekilde biyokütle miktarında olduğu gibi sırasıyla 0,936 ton/ha ve 0,483 ton/ha olarak hesaplanmıştır.

- Yapılan varyans analizine göre yağış miktarlarına göre ayrılmış bu mikro havzalar arasında toprak üstü biyokütle ve karbon miktarları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<0.05$). Yükseklikle beraber yağışın arttığı genel yargısından yola çıkıldığında yine belli yüksekliklere kadar biyokütle artışının da meydana geldiği görülmektedir.
- Vejetasyon süresi uzunluğunun belirleyicisi olan sıcaklığın mikro havzalarda farklılık göstermesi, toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarları bakımından da mikro havzalar arasında farklılık göstermeside beklenen bir sonuçtur. Çünkü sıcaklık vejetasyon devresinin uzunluğunu veya kısalığını belirlemektedir. Eğim farklılığının topraktaki biyokütle miktarı üzerinde önemli etkisi görülmüştür. Eğimin artması ile birlikte toprak üstü biyokütle miktarının azaldığı, toprak altı biyokütle miktarının ise arttığı gözlenmiştir.
- Yersel ölçümler sonucu mikro havzalardaki toprak altı biyokütle miktarlarını incelediğimizde, en yüksek toprak altı biyokütle miktarı Veliköy mikro havzasında (5,51 ton/ha), en düşük ise Kılıçkaya mikro havzasında (3,39 ton/ha) bulunmuştur. Yapılan varyans analizine göre mikro havzalar arasında toprak altı biyokütle ve karbon miktarları bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).
- Yağış miktarlarına göre hesaplanmış olan toprak altı biyokütle değerlerine baktığımızda en yüksek toprak altı biyokütle miktarı 4. yağış miktarında 5,04 ton/ha en düşük toprak altı biyokütle miktarı ise 2. yağış miktarında 3,85 ton/ha olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonucu yağış miktarları farklılığının istatistiksel anlamda toprak altı biyokütle miktarı üzerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).
- Mikro havzalarda hesaplanan toplam biyokütle (toprak altı ve toprak üstü) miktarları yükselti ile pozitif korelasyon ($r=+0,634$), yağış ile pozitif korelasyon ($r=+0,850$) ve sıcaklık ile negatif ($r=-0,774$) korelasyon vermiştir.
- Uydu görüntülerinin yansıma değerleri ile elde edilen toprak üstü biyokütle miktarları, Band 1 ile pozitif korelasyon ($r=+0,096$), Band 2 ile pozitif korelasyon ($r=+0,127$), Band 3 ile pozitif korelasyon ($r=+0,211$), Band 4 ile

pozitif korelasyon ($r=+0,851$) ve NDVI ile pozitif ($r=+0,246$) ilişkide olduğu bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucunda mikro havza (yağış miktarları) farklılığının istatistiksel anlamda uydu görüntüsüne ait band değerleri üzerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

- Mera alanlarında, uydu görüntülerinin yansımaya değerleri ile yağış miktarlarına bağlı olarak toprak üstü biyokütle miktarını hesaplamak için modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modellerin belirtme katsayısı $R^2= 0,67$ ile $R^2= 0,80$ arasında değişiklik göstermektedir.
- Uydu görüntülerinin yansımaya değerleri ile yağış miktarları için geliştirilmiş modeller sonucunda toprak altı biyokütle miktarları hesaplanmıştır. Uydu görüntüleri sonucu mikro havzalar için hesaplanan toplam biyokütlenin (232.626 ton) % 27,6'sı (64.178 ton) toprak üstü biyokütle ve % 72,4'ü ise (168.448 ton) toprak altı biyokütle miktarı olarak bulunmuştur. Yine yağış miktarlarına göre toprak altı ve toprak üstü biyokütle miktarlarını karşılaştırdığımızda en yüksek toprak altı biyokütlenin yağışın en az olduğu Taht mikro havzasında, en yüksek toprak üstü biyokütle miktarı ise yağışın fazla olduğu İspir Kuzey ve Kılıçkaya mikro havzalarında olduğu görülmüştür. Uydu görüntülerinin yansımaya değerleri sonucu hesaplanan toplam biyokütle miktarda en yüksek Veliköy en düşük ise Taht mikro havzalarında belirlenmiştir.
- Yersel ölçümler ve uydu görüntülerinin yansımaya değerleri ile hesaplanan biyokütle miktarları karşılaştırıldığında, uydu görüntüleriyle hesaplanan biyokütle miktarlarının yersel ölçümler sonucu hesaplanan biyokütle miktarlarından farkı; 1. yağış miktarı için -0,07 ton/ha, 2. yağış miktarı için +0,48 ton/ha, 3. yağış miktarı için +0,98 ton/ha ve 4. yağış miktarı içinse +0,38 ton/ha olarak hesaplanmıştır.
- Verimli orman alanları için bütün mikro havzalarda hesaplanan toplam biyokütlenin ağaç bileşenlerine göre dağılımı incelendiğinde; % 70,04'ü toprak üstü biyokütle, % 19,5'i toprak altı biyokütle, % 0,7'si ölü oduna ait biyokütle ve % 9,4'ü ise ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarı olarak bulunmuştur.

Mikro havzaların orman alanları için hesaplanan ortalama toplam biyokütle miktarları ise en yüksek Bıçakçılar mikro havzasında 149 ton/ha, en düşük ise 14,7 ton/ha ile Masat mikro havzalarında bulunmuştur.

- Verimli orman alanlarında depolanmış olunan karbon miktarlarının tüm mikro havzaların ortalama ağaç bileşenlerine göre yüzdeleri ise; % 70,5'i toprak üstü karbon, % 19,5'i toprak altı karbon, % 0,6'sı ölü odun içerisindeki karbon ve % 9,4'ü ise ölü örtü içerisindeki karbon miktarı olarak hesaplanmıştır. Mikro havzaları ortalama karbon miktarı bakımından ele aldığımızda; en yüksek karbon miktarı Bıçakçılar (76 ton/ha), en düşük ise Masat (7,3 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuştur.
- Toplam karbon depolama miktarı değerlendirildiğinde, yağış ile birlikte karbon depolama miktarında bir artış meydana gelmiştir. Yüksek karbon depolamasının olduğu yerler genellikle karışık meşçere kuruluşlarının bulunduğu yerlere denk gelmektedir. Buna göre karışık meşçerelerin saf meşçerelere göre daha fazla karbon depolamaya sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Meşçerelerdeki karışım oranı arttıkça toprak içerisinde tutulan karbon miktarında artış göstermektedir.
- Boşluklu kapalı orman alanları için bütün mikro havzalarda hesaplanan toplam biyokütlenin ağaç bileşenlerine göre dağılımı incelendiğinde; % 48,19'u toprak üstü biyokütle, % 20,17'si toprak altı biyokütle, % 0,48'i ölü oduna ait biyokütle ve % 31,16'sı ise ölü örtü içerisindeki biyokütle miktarı olarak bulunmuştur. Mikro havzaların boşluklu kapalı orman alanları için hesaplanan ortalama toplam biyokütle miktarları ise en yüksek Uzundere mikro havzasında 13 ton/ha, en düşük ise 6 ton/ha ile Taht mikro havzalarında bulunmuştur.
- Boşluklu kapalı orman alanlarında depolanmış olunan karbon miktarlarının tüm mikro havzaların ortalama ağaç bileşenlerine göre yüzdeleri ise; % 48,15'i toprak üstü karbon, % 20,12'si toprak altı karbon, % 0,45'i ölü odun içerisindeki karbon ve % 31,28'i ise ölü örtü içerisindeki karbon miktarı olarak hesaplanmıştır. Mikro havzaları ortalama karbon miktarı bakımından ele

aldığımızda; en yüksek karbon miktarı Uzundere (6,7 ton/ha) en düşük ise Taht (3,0 ton/ha) mikro havzalarında bulunmuştur.

- Yüksek karbon depolamasının olduğu yerler genellikle karışık meşçere kuruluşlarının bulunduğu yerlere denk gelmektedir. Buna göre karışık meşçerelerin saf meşçerelere göre daha fazla karbon depolamaya sahip olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.
- Toplam karbon depolamasında verimli ve boşluklu kapalı orman topraklarında tutulan karbonun oranı yaklaşık olarak % 70 civarındadır. Ayrıca, meşçerelerdeki karışım oranı arttıkça toprak içerisinde tutulan karbon miktarında artış göstermektedir.
- Mikro havzaların tarım alanlarından hesaplanan toplam biyokütle miktarı 467.997 ton ve toplam karbon miktarı ise 202.826 ton olarak belirlenmiştir. Hesaplanan toplam biyokütlenin % 82,8'i toprak üstü ve % 17,2'si ise toprak altı biyokütledir. Hesaplanan toplam karbonun % 86'sı toprak üstü ve % 14'ü ise toprak altı karbondur.
- Tarım alanlarında yağışın artması veya azalması biyokütle miktarı üzerinde doğrusal bir şekilde etki göstermemektedir ($p < 0.05$). Bunun sebebi olarak tarım alanlarında kullanılan ürünlerin farklılığı, sulama uygulamaları ve birim alanda elde edilen hasat miktarının değişiklik göstermesi söylenebilir. Burada biyokütle miktarını belirleyen ana faktör yıl içerisinde tarım alanlarında yetiştirilen ürün çeşitleridir.
- Mikro havzalardaki toprak içerisinde depolanan toplam karbon miktarlarına bakıldığında ise en yüksek toprak karbonu Veliköy (3.485.836 ton) en düşük toprak karbonu ise Masat (538.437 ton) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Veliköy mikro havzasında depolanan toprak karbonunun % 1,9'u boşluklu kapalı orman topraklarında, % 76,1'i verimli orman topraklarında, % 13,5'i mera topraklarında ve % 8,5'i tarım topraklarında depolanmaktadır. Masat mikro havzasında depolanan toprak karbonun ise % 1'i boşluklu kapalı orman topraklarında, % 4,9'u verimli orman topraklarında, % 57,5'i mera topraklarında ve % 36,6'sı tarım topraklarında depolanmaktadır. Mikro havza

topraklarında depolanan ortalama karbon miktarı en yüksek Veliköy (88 ton/ha) ve en düşük Taht (29 ton/ha) olarak belirlenmiştir.

- Mikro havzalarda hesaplanmış toplam karbon miktarları incelendiğinde; toplam karbon miktarının (18.018.522 ton) % 19'u (3.429.246 ton) biyokütle içerisinde depolanan karbon miktarını %81'i (14.589.276 ton) ise toprak içerisinde depolanan karbon miktarı olarak hesaplanmıştır. Buna göre, mikro havzaların hektardaki karbon miktarlarına baktığımızda, hektar başına düşen karbon miktarı en fazla Veliköy (121,6 ton/ha) en az ise Taht (31,3 ton/ha) olarak bulunmuştur.
- Yağışla birlikte toplam karbon depolamasında bir artış söz konusudur. Buna neden olarak yağışla birlikte toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarının artması ve bunların ayrışması sonucunda topraktan alınan bitki besin maddelerinin artacağı, bununda biyokütleye yansyacağı düşünülmektedir.
- Verimli orman alanlarında, uydu görüntülerinin yansıma değerleri ile yağış miktarlarına bağlı olarak yıllık net toprak üstü biyokütle miktarını hesaplamak için geliştirilen modellerin belirtme katsayısı $R^2=0,62$ ile $R^2=0,80$ arasında değişmektedir.
- Boşluklu kapalı orman alanlarında, uydu görüntülerinin yansıma değerleri ile yağış miktarlarına bağlı olarak yıllık net toprak üstü biyokütle miktarını hesaplamak için geliştirilen modellerin belirtme katsayısı $R^2=0,41$ ile $R^2=0,74$ arasında değişiklik göstermektedir.
- Mikro havzalarda hesaplanmış olan toplam yıllık net biyokütle miktarı 242.426 ton ve toplam yıllık net karbon birikimi 139.852 ton olarak bulunmuştur. Yıllık net karbon birikimi en yüksek Bıçakçılar (0,669 ton/ha) ve en düşük Masat (0,262 ton/ha) mikro havzalarında hesaplanmıştır.
- Yağışın ve sıcaklığın yıllık net biyokütle üretimi üzerinde mikro havza alanları bakımından (verimli ormanlık, boşluklu kapalı ormanlık, mera ve tarım) doğrusal olarak artış veya azalış göstermediği belirlenmiştir. Bunun sebebi mikro havzalardaki arazi kullanımı farklılık göstermesi düşünülmektedir.

- Mikro havzaları Karbon Etkinlik Değerleri (KED) bakımından incelediğimizde; ortalama en yüksek karbon etkinlik değeri Veliköy (94) en düşük ise Taht ve Tortum Kuzey (84) mikro havzalarında hesaplanmıştır. Tüm mikro havzaların ortalama karbon etkinlik değerleri en iyiden kötüye doğru sıralaması ise verimli orman (99) > boşluklu kapalı orman (97) > tarım (89) > mera (84) şeklinde olduğu görülmüştür.
- Mikro havzalarda hesaplanmış olan toplam karbon miktarının (18.018.522 ton); % 53'ü (9.625.942 ton) verimli orman alanlarında, % 6'sı (1.120.959 ton) boşluklu kapalı orman alanlarında, % 30'u (5.344.468 ton) mera alanlarında ve % 11'i (1.926.907 ton) tarım alanlarında hesaplanmıştır.

İklim sisteminde günümüze kadar doğal nedenlerden dolayı belirli periyotlarda değişimler yaşanmıştır. Fakat günümüzde yaşanan iklim değişikliği doğal iklim değişikliğinin sınırlarını aşmıştır. Özellikle sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonlarının artması, bu değişimin temel nedeninin insan faktörü olduğunu, yani insan etkinlikleri sonucunda meydana geldiğini açıkça göstermektedir. Türkiye'nin de atmosfere salmış olduğu sera gazlarında görüldüğü gibi atmosferde konsantrasyonu en fazla artan sera gazı, karbondioksittir ve bu gazın atmosfere salımına en fazla sebep olan sektör de enerji sektörüdür.

Yutak alanları ile ilgili çalışmalar ülkemizde yeterli düzeyde değildir. Özellikle IPCC metodolojisine göre hesaplamaları yapabilmek için yeterli altlık veri bulunmamaktadır. Yutak alanlar tarafından karbon tutunumuna ilişkin yapılan hesaplamalarda, her yutak alanı için bütün karbon havuzlarında hesaplamaların yapılmadığı görülmektedir. Özellikle arazi değişimine ilişkin verinin olmayışı da bu kapsamdaki hesaplamaların yapılamamasına neden olmuştur. Yapılan araştırma çalışmasının sonuçlarına göre, aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur:

- Çoruh Nehri Havzasında mera alanlarındaki biyokütle miktarı ekolojik veriler ile % 72, uydu verileri ile % 67 ile % 80 oranında açıklandığından bu alanlarda yapılacak çalışmalarda bu modeller kullanılabilir.
- Yine Çoruh Nehri Havzasında verimli ve boşluklu kapalı orman alanlarındaki yıllık net biyokütle üretim miktarları uydu görüntüleri ile % 41 ile % 80

oranında açıklandığından bu alanlarda yapılacak çalışmalarda bu modeller kullanılabilir.

- Mera alanları KED göre verimli-verimsiz olarak ayrılarak, verimsiz olan meralarda ağır otlatmanın önlenmesine ve rotasyona yönelik planlamalar, zararlı ot temizliği, taş toplama gibi faaliyetler yanı sıra erozyon önleme tedbirleri alınabilir. Ayrıca, mevcut meraların son durumları belirlenerek, biyokütle miktarı tahmin edilebilir, ve hayvan otlatma kapasiteleri belirlenebilir.
- Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM) ve Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yapılacak olan mera rehabilitasyon projelerinde KED yüksek olan yerlere öncelik verilmelidir.
- Çalışma alanında yapılacak olan uygulamalarda Yıllık Net Biyokütle üretimi düşük olan yerler (Masat, Uzundere, Taht vb.) ayrı değerlendirilerek, bu alanlarda depolamayı arttırıcı faaliyetlerde, mevcut karbon ve yıllık depolamanın fazla olduğu yerlerde (Veliköy, Bıçakçılar) koruyucu önlemler alınmalıdır.
- Türkiye ormanları karbon stoklarını artırarak iklim değişikliği üzerine olumlu etkide bulunma fırsatına sahiptir. Yüksek düzeydeki boşluklu kapalı ormanlık alanlar ağaçlandırılarak, karbon yutakları için büyük bir potansiyel olarak değerlendirilebilir. Boşluklu kapalı ormanların iyileştirilmesi yanında orman biyokütlesinden en üst düzeyde enerji elde edilerek ülkemizin enerji açığının kapatılmasına önemli katkılar sağlanabilir.
- Orman topraklarında daha fazla karbon bağlanabilmesi için boşluklu kapalı orman alanlarının verimli hale getirilmesi, tıraşlama kesimlerinden kaçınılması, karışık ormanlar kurulması, orman olmayan alanların ağaçlandırılması, toprak erozyonunun engellenmesi, orman arazilerinin yapılaşma, kaçak kesimler ve otlatma ile zarar görmesinin önlenmesi gerekmektedir.

- Orman ekosistemlerinde daha sağlıklı bir karbon envanteri yapılabilmesi için, hesaplamaların yapılacağı alanların, bitki türleri, yaş, toprak tipi, eğim, yükselti gibi özellikler bakımından nispeten daha homojen alanlara ayrılması önerilmektedir.
- Orman ekosistemlerinde karbon akışlarının ve karbon stoklarındaki değişimlerin uzun dönemde izlenmesi durumunda sabit deneme alanlarının kullanılması daha doğru sonuçlar vermektedir (UNDP, 2009; Brown, 2002). Bu sebeple, ormanlarımızdaki yıllık karbon birikimlerinin izlenmesi, değişen iklim koşullarına ormanların gösterdiği tepkilerin belirlenmesi bakımından orman envanterlerinin sabit örnekleme alanlarında yapılması yaygınlaştırılmalıdır.
- Yapılan çalışma sonucunda elde edilmiş sonuçları Türkiye çapında genelleme yapabilmek için farklı iklim, toprak, bakı ve coğrafi bölgelerde buna benzer çalışmalar yapılmalıdır.
- Karbon içeriği gerek orman gerekse mera ve tarım alanlarında türlere göre farklılık göstereceğinden, türlere göre karbon hesaplama metodları geliştirilebilir.
- Türkiye'nin halen gelişmekte olan ve nüfusu sürekli artan bir ülke olması nedeniyle artan nüfusun gereksinimleri karşılanırken, yutak alanları koruma kullanma dengesi gözetilmeden amacı dışında kullanılarak tahrip edilmektedir. Oysaki bu ve buna benzer kullanımların sonucunda, atmosferdeki karbon alımı azaltılmasına karşın salımı artış göstermektedir. Bu nedendir ki, doğal kaynakların sınırsız olmadığı ve yanlış kullanımların ya da amacı dışında kullanılmasının bugün için belki de sorun teşkil etmeyeceği ama gelecek nesiller için geri dönüşü olmayan sorunlar teşkil edeceği konusunda toplum bilgilendirilmelidir. Ayrıca, orman, mera ve tarım alanlarının küresel iklim değişikliğinin hafifletmesinde rolü ve önemi konusunda halkın bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

- Bu çalışmada, mera alanlarındaki toprak organik karbonu 30 cm derinliği kadar hesaplanmış olup, gerek orman gerekse mera ve tarım alanlarındaki toprak organik karbonu miktarı 1 metre derinliğe kadar yapılmalıdır.
- Türkiye karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle iklim değişikliğine bağlı olarak, meydana gelebilecek iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek olan ülkelerin başında gelmektedir (Öztürk, 2002). Bundan dolayı, orman, mera ve tarım alanları bir bütün olarak düşünülerek karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, zaman içinde karbon depolama kapasitesindeki değişimlerinin nasıl olduğu, arazi kullanımlarına göre karbon depolama kapasitesinin nasıl değiştiği, yapılan müdahalelerin karbon depolama kapasitesini nasıl etkilediğini en hızlı ve pratik bir şekilde belirlemek için bu tür çalışmalara daha çok yer verilmelidir.
- Yapılan bu çalışmada, orman alanları için karbon depolama kapasitelerinin kolay ve hızlı bir şekilde amenajman planından alınan servet miktarları ve bunlar için belirlenen katsayılar, tarım alanlarında yetişen ürün çeşitlerine göre belirlenen katsayılar kullanılmıştır. Mera alanları için yersel sonuçlar ve buna bağlı olarak uydu görüntülerinin yansıma değerlerinden elde edilen sonuçlar kullanılarak mera alanları içerisindeki biyokütle miktarı tahmini için modeller geliştirilmiştir. Mera alanları için yersel arazi çalışmaları 2013-2014 yıllarında yapılmış olup 2011 Haziran ve Eylül arasında çekilmiş hava fotoğrafları kullanılmıştır. Bu yıl farkının biyokütle miktarını nasıl etkilediğini görebilmek için benzer çalışmaları daha yakın tarihli verilerle yapılması daha faydalı olacaktır.
- Bu tez kapsamında yapılan orman alanlarındaki karbon depolama kapasitesi belirlenirken, Türkiye ormanlarındaki ağaç türleri için daha öncede yapılan çalışmalar derlenmiş ve bu çalışmalarda belirlenen BÇF katsayısı kullanılmıştır. Bu katsayıların kullanılmasının yerine, tüm asli ağaç türleri için yapılacak olan biyokütle tablolarından ve yersel ölçümlerle bulunan karbon depolama değerlerinden elde edilen regresyon denklemleri geliştirilerek, ormanların karbon depolama değerinin tüm asli ağaç türleri bazında ayrı ayrı tahmin edilmesi tercih edilmelidir. Bu denklemlerle hesaplanan karbon

depolama değerlerinin kullanımıyla uydu görüntülerinde yapılacak olan kontrollü sınıflandırma yönteminin daha güvenilir sonuçlar vermesi beklenmektedir.

- Orman, mera ve tarım arazilerinde karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi, küresel iklim değişikliğinin en önemli faktörlerinden birisi olması sebebiyle günden güne daha fazla önem kazanmaktadır. Bu alanlardaki karbon depolama kapasitesi hakkında hızlı bir şekilde daha çok bilgi sahibi olmamız için bu ve buna benzer çalışmaların farklı uydu görüntüleri de kullanılarak yapılması yararlı olacaktır.
- Meralar (%30) ve tarım alanları (%11) orman alanlarından (%53) sonra büyük miktarda karbon depolarlar, bu nedenle ulusal karbon muhasebesine meralar ve tarım alanları da dahil edilmelidir. Meralar karbon depolaması için geniş alanlara sahip olmalarına rağmen, bileşimlerdeki değişiklikler (odunsu olmayan bitki örtüsü) depolayabilecekleri karbon miktarlarını nasıl etkilediğine ilişkin daha fazla çalışmaya ve bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.
- Toprak karbon stoğu, karbon envanterinde önemli bir belirsizlik kaynağıdır. Yapılan bir çok çalışmada toprak havuzunda bulunan karbon tutunumu, veri yetersizliğinden dolayı hesaplara dahil edilmemiştir. Oysaki topraklarda tutulan karbon miktarı, biyokütle içerisinde tutulan karbon miktarından çok daha fazladır. Avrupa’da sadece birkaçlkede karbon envanteri için uygun toprak envanteri yapılmaktadır. Biroklke ise, ICP forest programının seviye I sahalarındaki izleme çalışmalarından yararlanma yoluna gitmektedir. Bu programda toprakların 30 cm derinliğe kadar olan özellikleri esas alınmakta olup, birçok toprak tipi için elde edilen verilerin yeterli olmadığı bildirilmektedir (Lindner ve Karjalainen, 2007). Ancaklkemizde de yürütülmekte olan ormanların izlenmesi programından, topraklardan 1 m derinliğe kadar örnek alınmasıyla, orman topraklarının karbon stoklarının ve yıllık birikimlerinin belirlenmesi konusunda yararlanılabilir.
- l rt miktarı ve sahip olduğu karbon stoğu, meşcere tiplerine göre değiştiğinden her meşcere tipi için ayrı olarak belirlenmelidir. l rt miktarı,

meşcerede ölçülen parametrelerle ağaç kütlesi gibi sağlıklı olarak tahmin edilememektedir. Çünkü ölü örtünün miktarı, meşcere kütlesinden başka, iklim özellikleri, ağaçlardan dökülen ibre miktarı, ayrışma hızı gibi faktörler tarafından da etkilenmektedir. Bu sebeple ölü örtü miktarının tahmini için, dökülme miktarları ile ayrışma hızlarının belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılması faydalı olacaktır.

- Mera alanlarındaki karbon miktarını hesaplarken, orman ağaçlarının bitkisel kütlesi için kullanılan karbon dönüştürme katsayısı (0,5) yerine, mera alanları için karbon dönüşüm katsayısı geliştirilerek daha doğru sonuçlar elde edilebilir.
- Meralarda karbon depolama potansiyeli hakkında daha fazla bilgi edinebilmek için Türkiye'nin değişik yerlerinde mera alanlarında araştırma yapılarak yeni modeller geliştirilmelidir.
- Tarım alanlarında ise, tek yıllık bitkiler hasat edilene kadar atmosferden almış oldukları sera gazlarını, hasat edildikten sonra tekrar atmosfere saldığı için nötr olarak kabul edilmiştir. Özellikle toprağın ilk 8cm'lik kısmında önemli miktarda karbon depolanmaktadır. Bu nedenle atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun yeniden dengelenebilmesi için tarımsal faaliyetlerde minimum toprak işleme ya da işlemez tarım yöntemlerinin yapılmasıyla, tek yıllık bitkilerde hesaplamalara dâhil edilebilir.
- Düzenli veri bankasının oluşturulmasıyla birlikte Türkiye'nin özel şartları da, özellikle yeryüzü şekillerinin çok kısa mesafelerde bile değişkenlik gösterdiği de, dikkate alınarak modeller geliştirilmelidir.
- Mevcut karbon miktarının yüksek olduğu yerlerde koruyucu önlemler almak ve yıllık depolamanın fazla olduğu yerlerde depolamayı arttırıcı müdahalelerde bulunulmalıdır.
- Küresel bir sorun olan iklim değişikliğiyle mücadelede diğer tüm ülkeler gibi Türkiye'de üzerine düşen sorumluluğu gerçekleştirmesi için sera gazı salımını azaltıcı teknolojileri geliştirene kadar, bir an önce IPCC metodolojisine olanak tanıyacak şekilde düzenli veri bankasını oluşturmalı ve ülkeye özgü modeller

geliştirerek hesaplara dâhil edilemeyen karbon havuzlarındaki karbon tutunumlarını da dâhil etmelidir.

- Karbon depolama fonksiyonu açısından yapılacak olan ağaçlandırma çalışmaları ve meşcere kuruluşlarında bu tip çalışmalar sonucunda ortaya çıkan düşük KED ağaç türleri (karışık meşcere, göknar, ladin,sarıçam) tercih edilmelidir.
- Bu doktora çalışmasında mera, verimli orman ve boşluklu kapalı orman alanlar için geliştirilmiş olan modeller ile biyokütle ve karbon miktarlarının belirlenmesi, geleneksel biyokütle ve karbon belirleme çalışmalarına alternatif bir yöntem getirmektedir. Bu yöntem uzaktan algılama teknolojisinin sunduğu veri kaynaklarını ve meteorolojik verileri kullanarak özellikle ulaşılması zor olan mera alanlarının biyokütle ve karbon miktarlarının belirlenmesinde bu konuda çalışan kurumlara, araştırmacılara, uzman ve akademik personele kolaylık sunmaktadır.

EKLER

Ek Tablo 1. Meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik ölçüm değerleri

Yükseklik: 615 m	İstasyon Adı: Artvin											Yıllar: 1950-2015	
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	2,8	3,9	7,0	12,0	15,9	18,7	20,8	20,9	18,1	14,0	9,0	4,5	
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	6,2	8,2	12,3	17,9	21,8	24,1	25,7	26,2	23,9	19,6	13,3	7,8	
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-0,2	0,3	2,8	7,2	11,1	14,2	16,8	17,0	14,1	10,2	5,6	1,6	
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	86,8	72,9	61,3	54,2	52,4	49,9	31,5	29,7	35,5	61,4	78,4	87,8	

Yükseklik: 1584 m	İstasyon Adı: Bayburt											Yıllar: 1996-2015	
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-5,4	-3,9	1,1	7,1	12,2	16,2	19,6	19,8	15,0	9,6	3,0	-2,9	
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	2,5	3,5	7,2	13,2	18,2	21,2	24,1	24,3	21,1	16,8	9,1	5,1	
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-14,6	-12,3	-6,3	0,0	5,8	10,8	14,5	15,0	9,0	2,7	-3,8	-11,7	
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	29,7	32,6	49,3	73,1	71,2	44,4	27,2	16,7	25,9	52,7	30,5	27,6	

Yükseklik: 1222 m	İstasyon Adı: İspir											Yıllar: 1995-2015	
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,2	-0,5	4,4	10,0	15,2	19,9	23,9	24,3	18,9	12,2	5,3	5,3	
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	4,1	5,6	10,7	16,2	20,9	25,1	28,5	28,6	24,7	18,4	10,9	6,2	
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-10,6	-8,2	-2,0	3,1	8,9	14,1	18,1	19,0	12,8	5,4	-0,5	-7,1	
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	27,7	35,0	44,7	60,0	52,8	36,7	28,1	16,0	25,2	46,5	39,7	29,7	

Ek Tablo 1 (Devamı) Meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik ölçüm değerleri

Yükseklik: 1321 m	İstasyon Adı: Oltu												Yıllar: 1995-2015
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,5	-0,3	4,4	10,0	14,8	19,5	23,0	23,0	17,5	11,0	4,2	-0,4	
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	5,4	7,3	11,5	16,5	21,4	25,0	27,7	27,1	23,5	17,2	9,5	6,1	
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-9,8	-7,4	-2,7	2,7	8,5	13,8	17,4	18,0	11,3	3,9	-1,9	-7,2	
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	14,1	13,2	15,0	36,6	68,9	14,2	23,2	22,3	20,1	30,1	17,7	7,2	

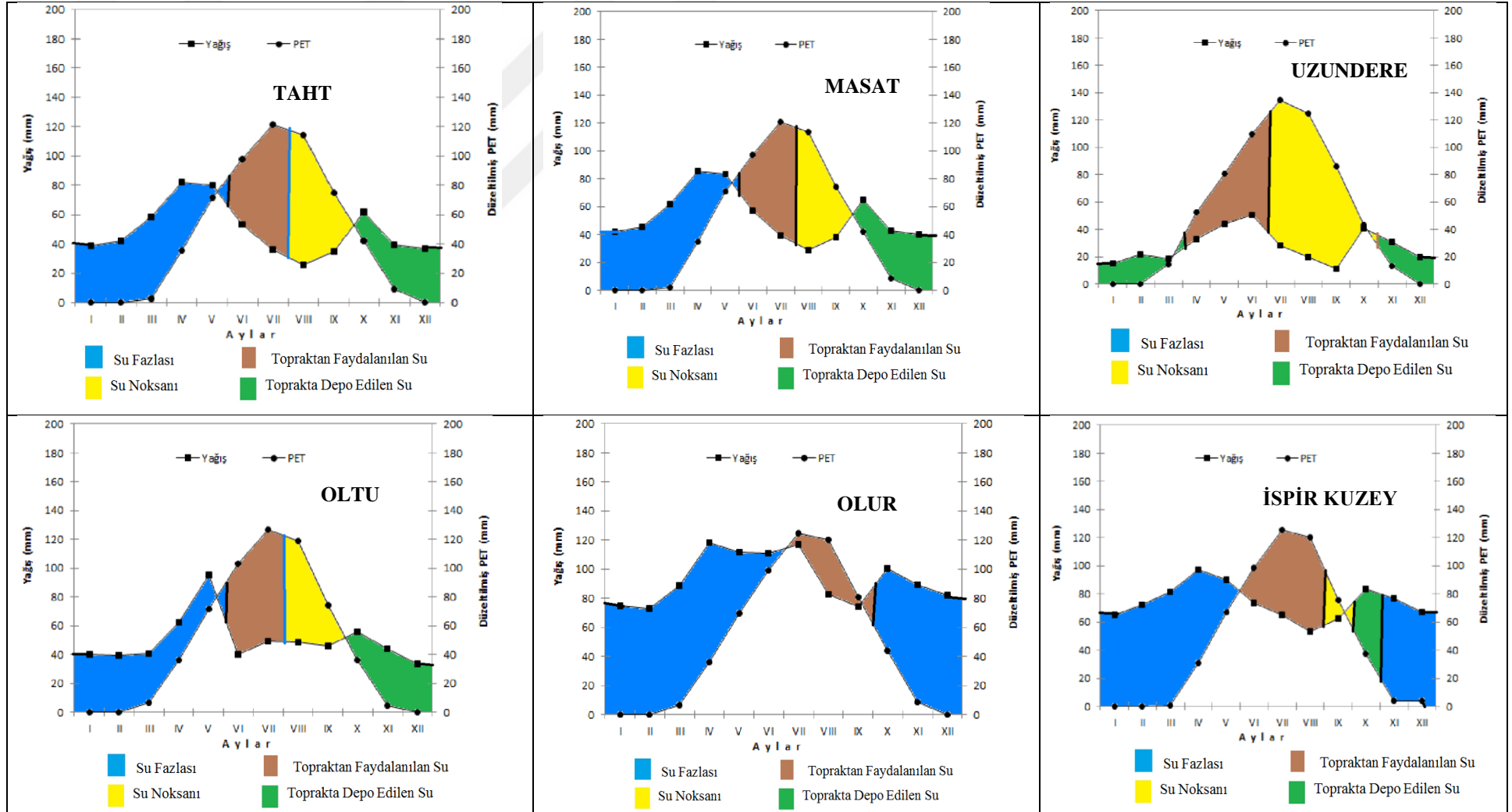
Yükseklik: 1300 m	İstasyon Adı: Olur												Yıllar: 1990-2007
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,1	-0,4	3,9	9,5	14,1	18,4	22,1	22,7	18,3	12,1	4,8	-1	
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	2,7	4,8	9,6	15,2	20,5	25,5	29,5	30,2	26,2	19,2	10,5	3,5	
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-6,8	-5,4	-1,5	3,4	7,2	10,6	14,1	14,6	10,5	5,9	0	-5	
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	18,0	15,6	31,7	61,5	54,6	54,2	60,0	25,6	17,2	43,5	32,5	24,8	

Yükseklik: 1572 m	İstasyon Adı: Tortum												Yıllar: 1996-2015
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,6	-1,3	2,5	8,1	13,0	17,3	20,6	20,7	16,0	10,1	3,9	-1,0	
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	4,0	4,7	8,5	14,3	18,5	22,1	25,0	25,0	21,2	16,2	9,9	6,2	
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-11,0	-9,3	-4,5	1,1	6,6	11,9	15,4	16,0	10,1	3,3	-2,5	-8,7	
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	15,7	15,5	23,7	33,7	49,8	31,0	19,8	16,1	19,6	30,0	14,4	9,7	

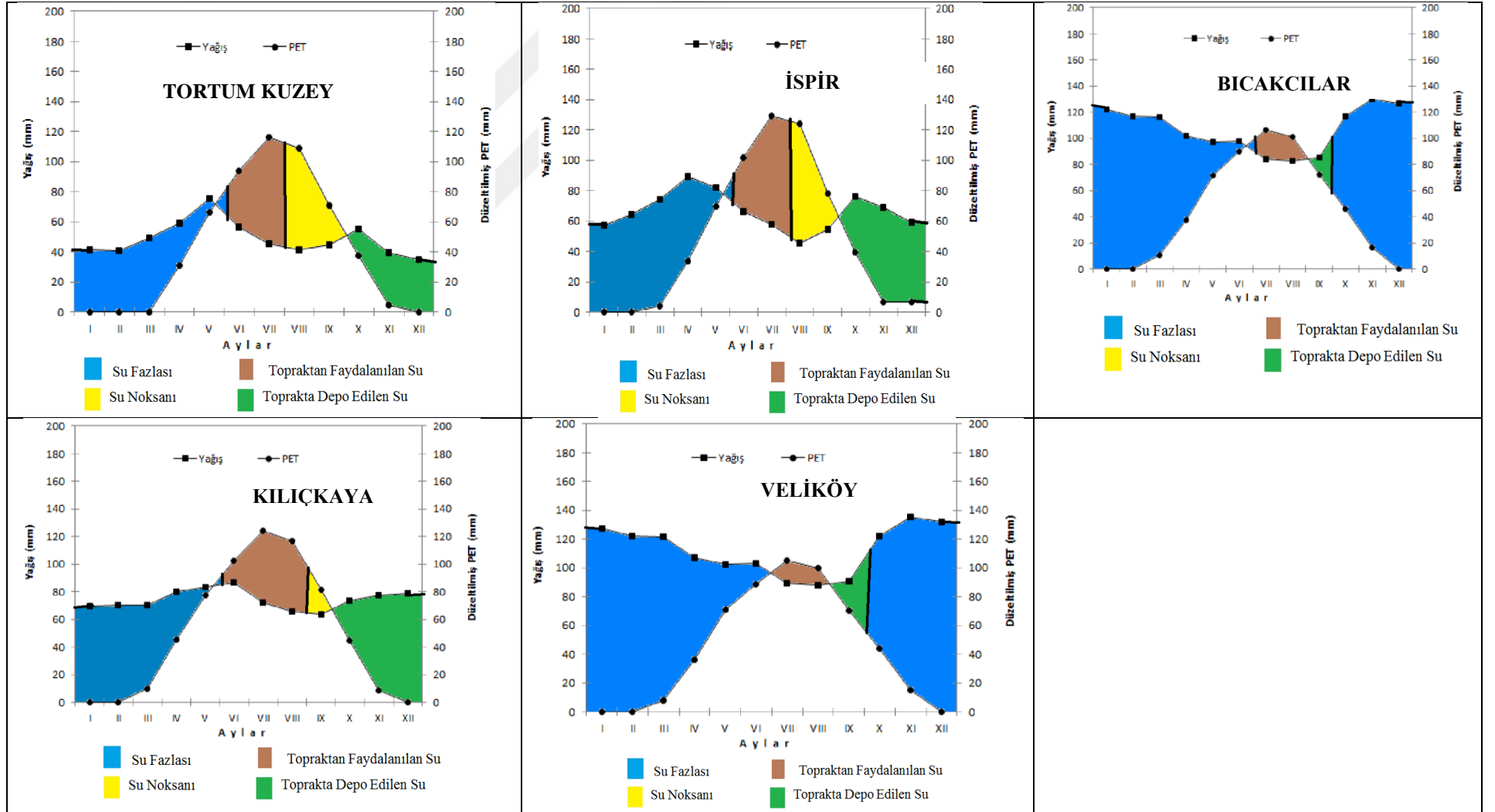
Ek Tablo 1 (Devamı) Meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik ölçüm değerleri

Yükseklik: 601 m		İstasyon Adı: Yusufeli 2000											Yıllar: 1970-	
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,1	3	8,3	14,9	19,1	22,7	25,8	25,8	22,2	16	8,5	2,7		
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	5,4	7,9	13,7	21,2	25,5	29,2	32,1	32,3	28,9	22,2	13,6	6,8		
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-2,5	-1,2	3,2	9,1	13,2	16,9	20,4	20,5	16	10,3	4,2	-0,6		
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	18,6	18,9	21	28,8	31,8	35,3	20,8	14,3	12,6	22,4	26,5	27,5		

Yükseklik: 1300 m		İstasyon Adı: Uzundere 1992											Yıllar: 1984-	
Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2,8	-1,2	4,4	11,5	14,8	18,8	22,1	21,9	18	11,1	4,8	-0,8		
Maksimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	2,6	4,4	10,6	18,2	21,5	25,8	29,1	29,2	25,5	17,9	10,6	4,5		
Minimum Sıcaklık Ortalaması (°C)	-7,3	-5,8	-1,5	4,5	7,7	11,3	14,7	14,2	9,6	5,3	0,3	-5		
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	12,6	19,3	16,2	30,5	41,9	48,2	26,1	17,4	8,8	38,5	28,2	20		



Ek Şekil 1- Mikro havzalara ait su bilançosu grafikleri



Ek Şekil 1 (Devamı)- Mikro havzalara ait su bilançosu grafikleri

Ek Tablo 2.a- Taht mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....: Bayburt												Enlemi.....: 40,15				
İlçesi.....: Taht												Boylamı....: 40,29				
Rakım (m).....: 1794																
Ölçme Yılları.....: 1996-2015																
Bilanço elemanları														Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-5,9	-4,5	0,6	6,6	11,7	15,6	19,1	19,2	14,5	9	2,4	-3,4			7,1
Düzeltilmiş PE	PET	0	0	2,7	35,5	71,9	97,9	121	115	75	42,3	9,3	0	480,6	89,8	570,5
Yağış	y	38,8	41,7	58,4	82,2	80,3	53,5	36,3	25,8	35	61,8	39,6	36,7	230,9	359	590,1
Depo Değişikliği	Dd	13,5	-	-	-	-	-44,4	-55,6	-	-	19,5	30,3	36,7			
Depolama	D	100	100	100	100	100	55,6	-	-	-	19,5	49,8	86,5			100
Gerçek Evapotransprasyon	GE T	-	-	2,7	35,5	71,9	97,9	91,9	25,8	35	42,3	9,3	-	322,5	89,8	412,3
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	29,5	88,7	40	-	-	-	158,2	0	158,2
Su Fazlası	Sf	25,3	41,7	55,7	46,7	8,4	-	-	-	-	-	-	-	8,4	169	177,8
Yüzeysel Akış	Yü 1	12,6	33,5	48,7	51,2	27,6	4,2	-	-	-	-	-	-	31,8	146	177,8
" "	Yü 2	12,7	27,2	41,4	44,1	26,3	13,1	6,6	3,3	1,6	0,8	0,4	0,2	0	178	177,8
Nemlilik Oranı	Ne	38,8	41,7	20,3	1,3	0,1	-0,5	-0,7	-0,8	-0,5	0,5	3,3	36,7			
İ k l i m T i p i	C2 B'1 s b'2 : Yarı Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan Karasal iklime yakın iklim															

Ek Tablo 2.b- Masat mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																	
İli.....:		Bayburt												Enlemi		40,15	
İlçesi.....:		Masat												Boylam		40,38	
Rakım (m).....:		1872															
Ölçme Yılları.....:		1996-2015															
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı		
Sıcaklık	°C	-6,1	-4,7	0,4	6,4	11,5	15,4	18,9	19,0	14,3	8,8	2,2	-3,6			6,9	
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	1,9	34,9	71,2	97,1	120,5	113,7	74,4	41,9	8,7	0,0	477,0	87,4	564,4	
Yağış	y	42,2	45,1	61,8	85,6	83,7	56,9	39,7	29,2	38,4	65,2	42,9	40,1	247,9	382,9	630,8	
Depo Değişikliği	Dd	2,4	-	-	-	-	-40,2	-59,8	-	-	23,3	34,2	40,1				
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	59,8	-	-	-	23,3	57,5	97,6			100,0	
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	1,9	34,9	71,2	97,1	99,5	29,2	38,4	41,9	8,7	-	335,4	87,4	422,8	
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	21,1	84,5	36,0	-	-	-	141,6	0,0	141,6	
Su Fazlası	Sf	39,6	45,6	59,6	50,7	12,6	-	-	-	-	-	-	-	12,6	195,5	208	
Yüzeysel Akış	Yül	19,9	42,4	52,5	55,3	31,6	6,2	-	-	-	-	-	-	37,8	170,1	208,0	
Nemlilik Oranı	Ne	20,0	32,6	46,2	48,5	30,5	15,2	7,6	3,8	1,9	1,0	0,5	0,2	0,0	208,0	208,0	
İklim Tipi	B1 C'2 s b'2: Nemli, Düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), Su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, Karasal iklime yakın iklim																

Ek Tablo 2.c- İspir mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Erzurum														
İlçesi.....:		İspir														
Rakım (m).....:		1901										Enlemi.....:		40,21		
Ölçme yılları.....:		1995-2015										Boylamı.:		41,11		
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-5,6	-3,9	1,0	6,6	11,8	16,5	20,5	20,9	15,5	8,8	1,9	1,9			8,0
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	4,0	33,3	69,9	101,6	129,3	123,8	78,4	39,3	6,5	6,3	503,0	89,4	592,4
Yağış	y	57,1	64,4	74,1	89,4	82,2	66,1	57,5	45,4	54,6	75,9	69,1	59,1	305,8	489,1	794,9
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-35,5	-64,5	-	-	36,6	62,6	0,8			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	64,5	-	-	-	36,6	99,2	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	4,0	33,3	69,9	101,6	122,0	45,4	54,6	39,3	6,5	6,3	393,5	89,4	482,9
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	7,3	78,4	23,8	-	-	-	109,5	0,0	109,5
Su Fazlası	Sf	57,1	64,4	70,1	56,1	12,3	-	-	-	-	-	-	52,0	12,3	299,7	312,0
Yüzeysel Akış	Yül	54,6	60,8	67,2	63,1	34,2	6,1	-	-	-	-	-	26,0	40,3	271,7	312,0
Nemlilik Oranı	Ne	41,7	53,0	61,6	58,8	35,6	17,8	8,9	4,4	2,2	1,1	0,6	26,3	0,0	312,0	312,0
İklim Tipi	B2 B'1 s b'2: Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, Karasal iklime yakın iklim															

Ek Tablo 2.e- Uzundere mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Erzurum														
İlçesi.....:		Uzundere														
Rakım (m).....:		1355										Enlemi.....:		40,26		
Ölçme yılları.....:		1984-1992										Boylamı....:		41,44		
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-3,1	-1,5	4,1	11,2	14,5	18,5	21,8	21,6	17,7	10,8	4,5	-0,8			9,9
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	14,4	52,8	80,8	109,8	134,8	125,0	85,9	43,6	13,0	0,0	632,8	27,5	660,3
Yağış	y	15,0	21,7	18,6	32,9	44,3	50,6	28,5	19,8	11,2	40,9	30,6	20,0	228,2	105,9	334,1
Depo Değişikliği	Dd	15,0	21,7	4,2	-19,9	-36,5	-22,1	-	-	-	-	17,6	20,0			
Depolama	D	52,6	74,3	78,4	58,6	22,1	-	-	-	-	-	17,6	37,6			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	14,4	52,8	80,8	72,7	28,5	19,8	11,2	40,9	13,0	-	306,6	27,5	334,1
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	37,1	106,3	105,2	74,7	2,7	-	-	326,2	0,0	326,2
Su Fazlası	Sf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Yüzeysel Akış	Yü1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Nemlilik Oranı	Ne	15,0	21,7	0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,8	-0,8	-0,9	-0,1	1,4	20,0			
İklim Tipi	D B'1 d b'3: Yarı kurak, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su fazlası yok veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

Ek Tablo 2.f- Oltu mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....		Erzurum														
İlçesi.....		Oltu														
Rakım (m).....		1922										Enlemi.....		40,20		
Ölçme yılları.....		1970-2011										Boylamı..		41,58		
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-5,5	-3,3	1,4	6,9	11,8	16,5	20,0	20,0	14,5	7,9	1,2	-3,5			7,3
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	6,3	36,3	71,5	102,9	126,8	119,0	74,2	36,2	4,3	0,0	494,5	83,1	577,6
Yağış	y	40,1	39,2	41,0	62,6	94,9	40,2	49,2	48,3	46,1	56,1	43,7	33,2	278,7	315,9	594,6
Depo Değişikliği	Dd	7,5	-	-	-	-	-62,7	-37,3	-	-	19,9	39,4	33,2			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	37,3	-	-	-	19,9	59,3	92,5			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	6,3	36,3	71,5	102,9	86,5	48,3	46,1	36,2	4,3	-	355,3	83,1	438,4
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	40,4	70,7	28,1	-	-	-	139,2	0,0	139,2
Su Fazlası	Sf	32,6	39,2	34,7	26,3	23,4	-	-	-	-	-	-	-	23,4	132,8	156,2
Yüzeysel Akış	Yül	16,3	35,9	37,0	30,5	24,8	11,7	-	-	-	-	-	-	36,5	119,6	156,2
Nemlilik Oranı	Ne	16,4	27,8	31,3	28,8	26,1	13,0	6,5	3,3	1,6	0,8	0,4	0,2	0,0	156,2	156,2
İklim Tipi	C2 B'1 s b'2: Yarı Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal) Su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, Karasal iklime yakın iklim															

Ek Tablo 2.f- Olur mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Erzurum														
İlçesi.....:		Olur														
Rakım (m).....:		1775										Enlemi....		40,58		
Ölçme yılları.....:		1990-2007										Boylamı..		42,19		
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-4,5	-2,8	1,5	7,1	11,7	16,0	19,7	20,3	15,9	9,7	2,4	-3,4			7,8
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	6,3	36,4	69,8	98,8	124,5	120,4	80,9	44,0	8,4	0,0	494,4	95,2	589,6
Yağış	y	75,0	72,6	88,7	118,5	111,6	111,2	117,0	82,6	74,2	100,5	89,5	81,8	496,6	626,6	1123,2
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-	-7,5	-37,8	-6,7	52,0	-	-			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,5	54,8	48,0	100,0	100,0	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	6,3	36,4	69,8	98,8	124,5	120,4	80,9	44,0	8,4	-	494,4	95,2	589,6
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Su Fazlası	Sf	75,0	72,6	82,4	82,1	41,8	12,4	-	-	-	4,6	81,1	81,8	54,2	479,5	533,6
Yüzeysel Akış	Yül	78,4	73,8	77,5	82,2	61,9	27,1	6,2	-	-	2,3	42,8	81,4	95,2	438,4	533,6
Nemlilik Oranı	Ne	68,7	70,6	76,5	79,3	60,5	36,5	18,2	9,1	4,6	4,6	42,8	62,3	0,0	533,6	533,6
İklim Tipi	B4 B'1 r b'2: Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Karasal iklime yakın iklim															

Ek Tablo 2.g- İspir Kuzey mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Erzurum														
İlçesi.....:		İspir Kuzey														
Rakım (m).....:		2077										Enlemi:		40,47		
Ölçme yılları.....:		1995-2015										Boylamı...:		41,14		
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-6,4	-4,8	0,1	5,7	10,9	15,6	19,6	20,0	14,6	7,9	1,0	1,0			7,1
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	0,4	30,8	67,3	98,4	125,3	119,9	75,8	37,2	3,8	3,7	486,6	76,1	562,7
Yağış	y	64,8	72,1	81,7	97,1	89,9	73,7	65,1	53,0	62,3	83,5	76,7	66,7	344,0	542,6	886,6
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-24,7	-60,2	-15,1	-	46,3	53,7	-			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,3	15,1	-	-	46,3	100,0	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	0,4	30,8	67,3	98,4	125,3	68,1	62,3	37,2	3,8	3,7	421,4	76,1	497,4
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	51,7	13,5	-	-	-	65,3	0,0	65,3
Su Fazlası	Sf	64,8	72,1	81,3	66,3	22,6	-	-	-	-	-	19,1	63,0	22,6	366,5	389,2
Yüzeysel Akış	Yül	63,9	68,5	76,7	73,8	44,5	11,3	-	-	-	-	9,6	41,1	55,8	333,4	389,2
Nemlilik Oranı	Ne	50,7	61,4	71,3	68,8	45,7	22,9	11,4	5,7	2,9	1,4	10,3	36,6	0,0	389,2	389,2
İklim Tipi	B3 C'2 r b'2: Nemli, Düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Karasal iklime yakın iklim															

Ek Tablo 2.h- Tortum Kuzey mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Erzurum														
İlçesi.....:		Tortum Kuzey														
Rakım (m).....:		2158						Enlemi.....:		40,35						
Ölçme yılları.....:		1996-2015						Boylamı.....:		41,31						
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-5,5	-4,2	-0,4	5,1	10,0	14,3	17,7	17,7	13,0	7,2	1,0	-4,0			6,0
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	0,0	31,0	66,1	94,0	116,0	108,7	70,8	37,3	4,9	0,0	455,6	73,2	528,8
Yağış	y	41,1	40,9	49,1	59,1	75,2	56,4	45,2	41,5	44,9	55,3	39,7	35,1	263,2	320,3	583,5
Depo Değişikliği	Dd	12,1	-	-	-	-	-37,6	-62,4	-	-	18,0	34,8	35,1			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	62,4	-	-	-	18,0	52,8	87,9			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	-	31,0	66,1	94,0	107,6	41,5	44,9	37,3	4,9	-	354,1	73,2	427,3
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	8,4	67,2	25,9	-	-	-	101,5	0,0	101,5
Su Fazlası	Sf	29,0	40,9	49,1	28,1	9,1	-	-	-	-	-	-	-	9,1	147,1	156,2
Yüzeysel Akış	Yül	14,5	35,0	45,0	38,6	18,6	4,6	-	-	-	-	-	-	23,2	133,1	156,2
Nemlilik Oranı	Ne	14,6	27,8	38,4	33,2	21,2	10,6	5,3	2,6	1,3	0,7	0,3	0,2	0,0	156,2	156,2
İklim Tipi	B1 B'1 s b'3: Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

Ek Tablo 2.1- Bıçakçılar mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Artvin														
İlçesi.....:		Bıçakçılar														
Rakım (m).....:		1567						Enlemi.....:		40,51						
Ölçme yılları.....:		1970-2010						Boylamı.....:		41,28						
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-2,1	-1,1	1,8	6,3	11,0	13,7	16,2	16,5	13,3	9,0	3,7	-0,5			7,3
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	10,4	37,5	71,9	89,8	106,2	101,3	72,0	45,7	16,7	0,0	441,2	110,3	551,5
Yağış	y	122,3	117,0	116,3	102,0	97,0	98,1	84,3	82,7	85,2	116,6	129,8	126,8	447,3	830,8	1278,1
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-	-21,9	-18,6	13,2	27,3	-	-			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	78,1	59,5	72,7	100,0	100,0	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	10,4	37,5	71,9	89,8	106,2	101,3	72,0	45,7	16,7	-	441,2	110,3	551,5
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Su Fazlası	Sf	122,3	117,0	105,9	64,5	25,1	8,3	-	-	-	43,6	113,1	126,8	33,4	693,2	726,6
Yüzeysel Akış	Yü1	124,5	119,6	111,5	85,2	44,8	16,7	4,2	-	-	21,8	78,4	119,9	65,7	660,9	726,6
Nemlilik Oranı	Ne	109,9	113,5	109,7	87,1	56,1	32,2	16,1	8,1	4,0	23,8	68,5	97,6	0,0	726,6	726,6
İklim Tipi	A C'2 r b'3: Çok nemli, Düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

Ek Tablo 2.i- Kılıçkaya mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Artvin														
İlçesi.....:		Kılıçkaya														
Rakım (m).....:		1784										Enlemi.....:		40,36		
Ölçme yılları.....:		1970-2000										Boylamı.....:		41,38		
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-4,8	-2,9	2,4	9,0	13,2	16,8	19,9	19,9	16,3	10,1	2,6	-3,2			
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	9,7	45,2	77,5	102,4	124,4	116,6	81,7	44,4	8,5	0,0	546,9	63,4	610,3
Yağış	y	69,9	70,2	70,3	80,1	83,1	86,6	72,1	65,6	63,9	73,7	77,8	78,8	445,0	447,1	892,1
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-15,8	-52,3	-31,9	-	29,3	69,3	1,4			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	84,2	31,9	-	-	29,3	98,6	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	9,7	45,2	77,5	102,4	124,4	97,5	63,9	44,4	8,5	-	510,1	63,4	573,4
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	19,0	17,8	-	-	-	36,9	0,0	36,9
Su Fazlası	Sf	69,9	70,2	60,6	34,9	5,6	-	-	-	-	-	-	77,4	5,6	313,0	318,7
Yüzeysel Akış	Yül	73,7	70,1	65,4	47,8	20,3	2,8	-	-	-	-	-	38,7	23,1	295,6	318,7
Nemlilik Oranı	Ne	54,4	62,3	61,5	48,2	26,9	13,5	6,7	3,4	1,7	0,8	0,4	38,9	0,0	318,7	318,7
İklim Tipi	B2 B'1 r b'3: Nemli, Orta sıcaklıkta (Mezotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

Ek Tablo 2.j- Veliköy mikro havzasına ait Thornthwaite Su Bilançosu Tablosu

Thornthwaite Yöntemine Göre Su Bilançosu Tablosu																
İli.....:		Artvin										Enlemi.....:		41,11		
İlçesi.....:		Veliköy										Boylamı.....:		42,34		
Rakım (m).....:		1797														
Ölçme yılları.....:		1950-2000														
Bilanço elemanları		AYLAR												Vejetasyon devresi		YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	İçi	Dışı	
Sıcaklık	°C	-2,7	-1,7	1,2	5,7	10,4	13,1	15,6	15,9	12,7	8,4	3,1	-1,2			6,7
Düzeltilmiş PE	PET	0,0	0,0	7,8	35,9	71,2	88,4	104,8	99,6	70,6	44,3	15,1	0,0	434,5	103,1	537,5
Yağış	y	127,6	122,3	121,6	107,3	102,3	103,4	89,6	88,0	90,5	121,9	135,1	132,1	473,8	867,9	1341,
Depo Değişikliği	Dd	-	-	-	-	-	-	-15,2	-11,6	19,9	6,8	-	-			
Depolama	D	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	84,8	73,2	93,2	100,0	100,0	100,0			100,0
Gerçek Evapotranspirasyon	GET	-	-	7,8	35,9	71,2	88,4	104,8	99,6	70,6	44,3	15,1	-	434,5	103,1	537,5
Su Noksanı	Sn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0
Su Fazlası	Sf	127,6	122,3	113,8	71,4	31,1	15,0	-	-	-	70,8	120,0	132,1	46,2	758,0	804,2
Yüzeysel Akış	Yü1	129,9	125,0	118,0	92,6	51,3	23,1	7,5	-	-	35,4	95,4	126,1	81,9	722,3	804,2
Nemlilik Oranı	Ne	116,6	119,4	116,6	94,0	62,6	38,8	19,4	9,7	4,9	37,8	78,9	105,5	0,0	804,2	804,2
İklim Tipi	A C'2 r b'3: Çok nemli, Düşük sıcaklıkta (Mikrotermal), Su noksanı olmayan veya pek az olan, Okyanus iklimine yakın iklim															

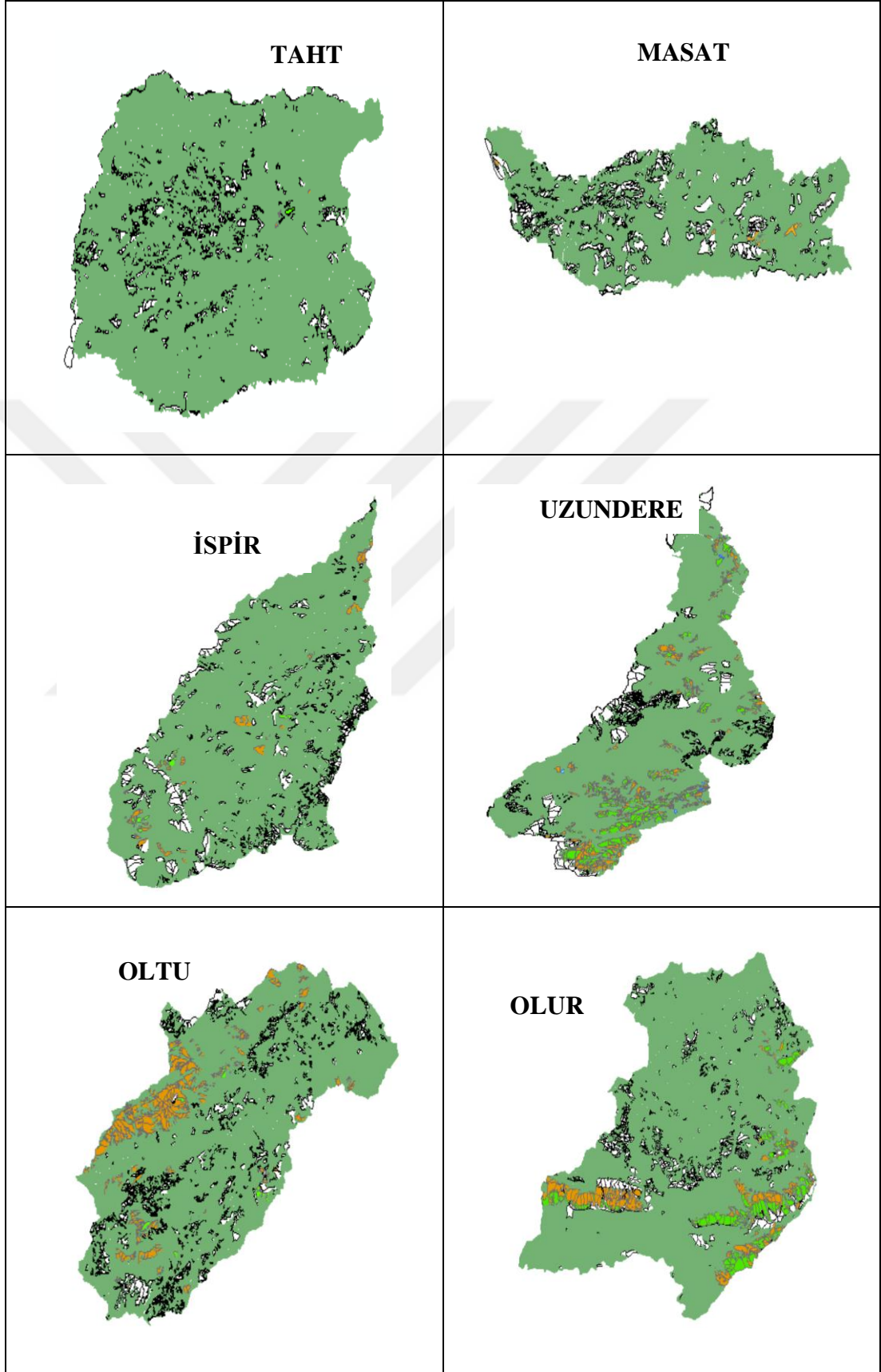
Ek Tablo 3. Çalışma alanı içerisindeki il ve ilçelerin tarımsal ürün çeşidi bakımından kapladıkları yüzde alanlar (TÜİK, 2014)

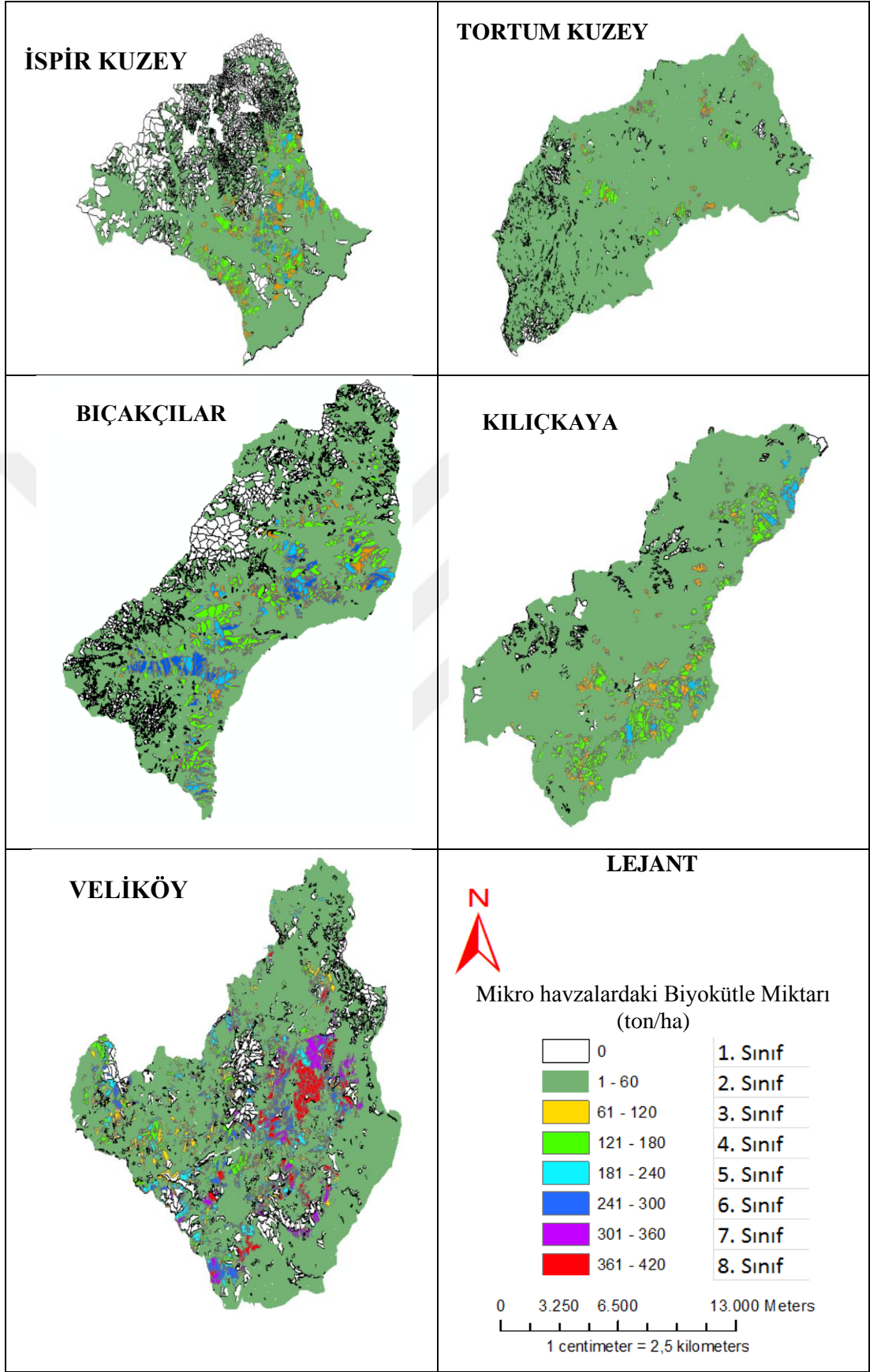
	BAYBURT	ŞAVŞAT	YUSUFELİ	OLTU	OLUR	İSPİR	TORTUM	UZUNDERE
Fiğ	14,4	14,4		1,0	0,9	2,7	0,3	0,2
Patates	5,8		9,1	4,1	0,5	2,0	0,7	0,6
Nohut	0,3							
Fasulye	0,4		4,3	1,0	0,4	4,1		0,2
Mercimek	0,3							
Yonca	14,7	14,7	32,2	20,3	37,5	24,9	23,8	20,0
Korunga	3,7	3,7	9,9	7,5	9,6	10,9	20,2	10,6
Mısır	4,8			2,1	0,6	0,4	0,0	0,1
Buğday	34,0	34,0	11,5	36,9	24,4	28,5	27,8	32,6
Arpa	19,4		13,0	23,2	20,1	21,3	24,3	12,4
Çavdar	1,4		0,1	1,6		0,5	0,5	
Yulaf	0,2						0,1	
Sebzelik	0,7	0,7	12,2	1,3	3,4	2,3	1,8	3,3
Meyvelik	0,1	0,1	7,7	1,1	2,8	2,4	0,5	20,1
TOPLAM	100	100	100	100	100	100	100	100

Ek Tablo 4. Mikro havzaların tarımsal ürün çeşidi bakımından kapladıkları alanlar (ha)

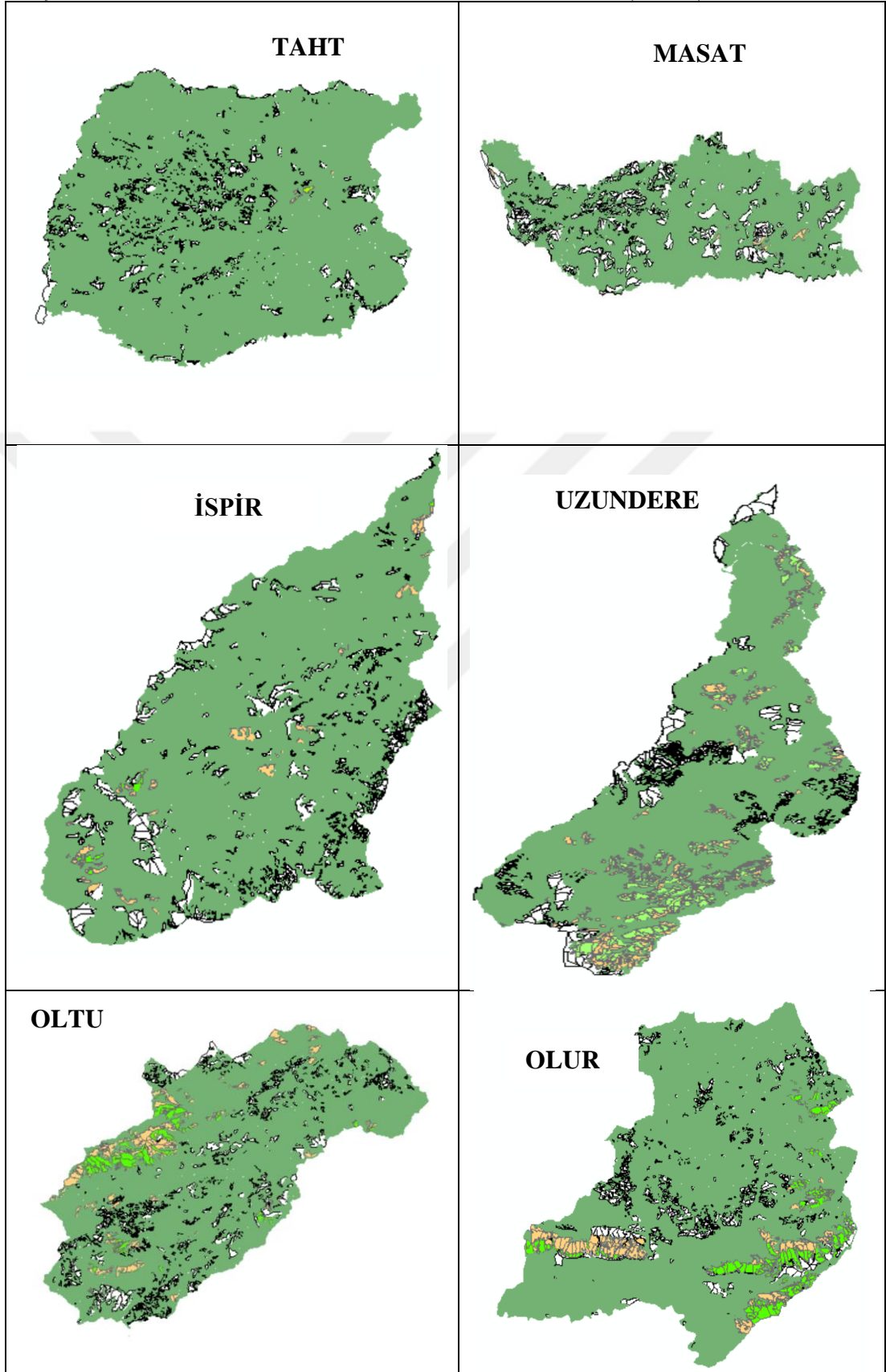
	TAHT	MASAT	VELİKÖY	KILIÇKAYA	BIÇAKÇILAR	OLTU	OLUR	İSPİR	İSPİR_K	TORTUM_K	UZUNDERE
Fiğ	1368,5	361,3	856,8			64,5	42,1	245,0	41,1	19,9	8,1
Patates	547,4	144,5		307,4	105,0	274,8	23,4	187,5	31,4	40,5	20,3
Nohut	24,9	6,6									
Fasulye	37,3	9,9		146,4	50,0	64,5	18,7	375,0	62,9		8,1
Mercimek	29,9	7,9									
Yonca	1398,3	369,1	2777,6	1090,3	372,4	1341,8	1784,7	2293,7	384,7	1366,4	690,2
Korunga	348,3	92,0	2570,5	334,0	114,1	494,1	456,1	1000,0	167,7	1160,4	365,4
Mısır	457,8	120,9				139,3	28,1	33,7	5,7	2,7	2,0
Buğday	3244,6	853,9	28,6	387,2	132,3	2443,6	1160,1	2624,9	440,2	1595,1	1126,6
Arpa	1841,2	486,1		440,5	150,4	1535,3	956,7	1962,4	329,1	1395,7	428,3
Çavdar	131,9	34,8		3,6	1,2	104,5		48,7	8,2	26,6	
Yulaf	22,4	5,9								3,3	
Sebzelik	62,2	16,4	228,5	411,4	140,5	89,0	161,4	210,0	35,2	102,3	115,7
Meyvelik	7,5	2,0	3298,8	260,2	88,9	72,3	131,0	225,0	37,7	26,6	694,2
TOPLAM	9522,1	2511,1	9760,7	3381,0	1154,8	6623,9	4762,2	9205,9	1543,9	5739,5	3459,0

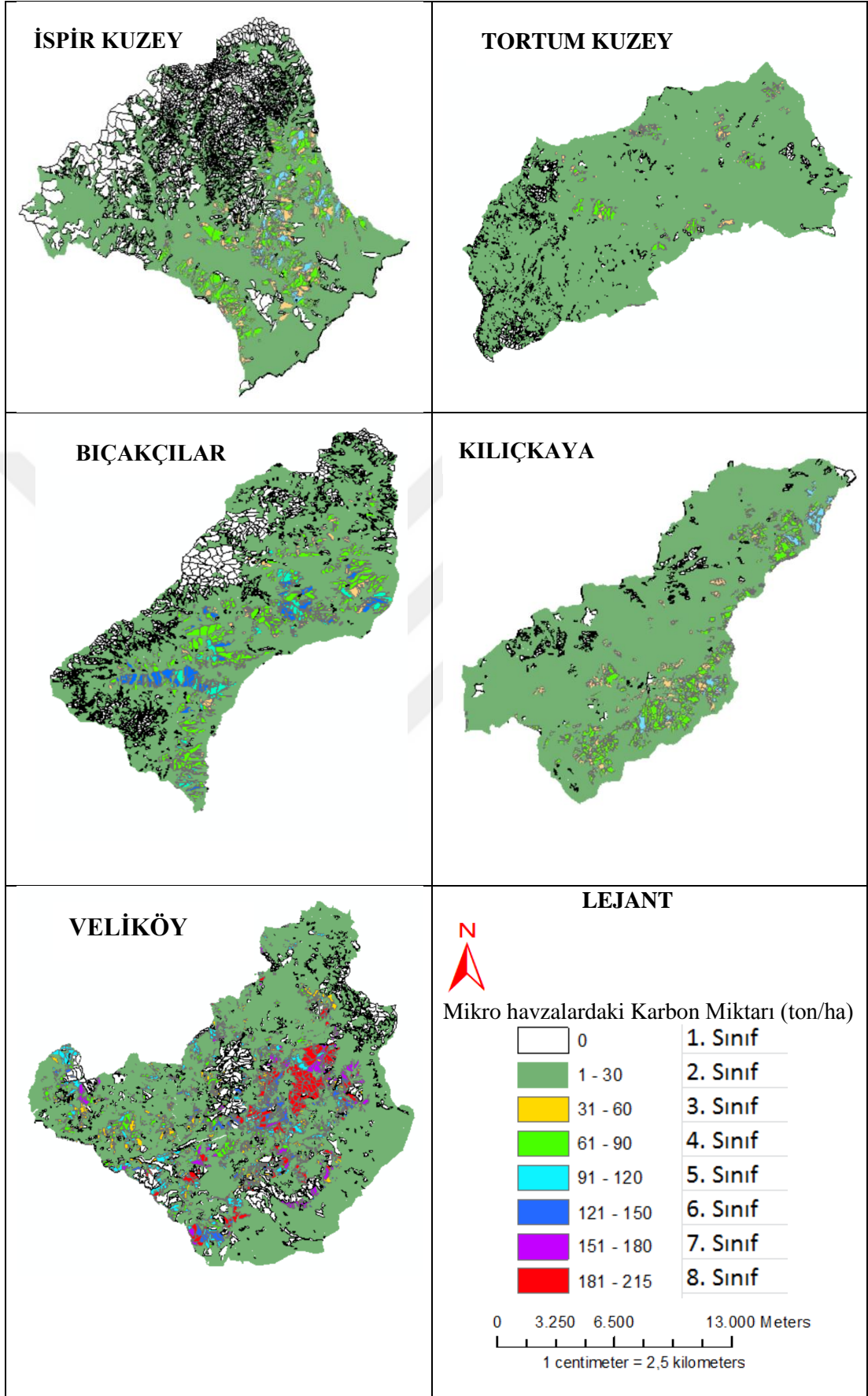
Ek Şekil 5. Mikro havzalara ait hektardaki biyokütle haritaları (ton/ha)



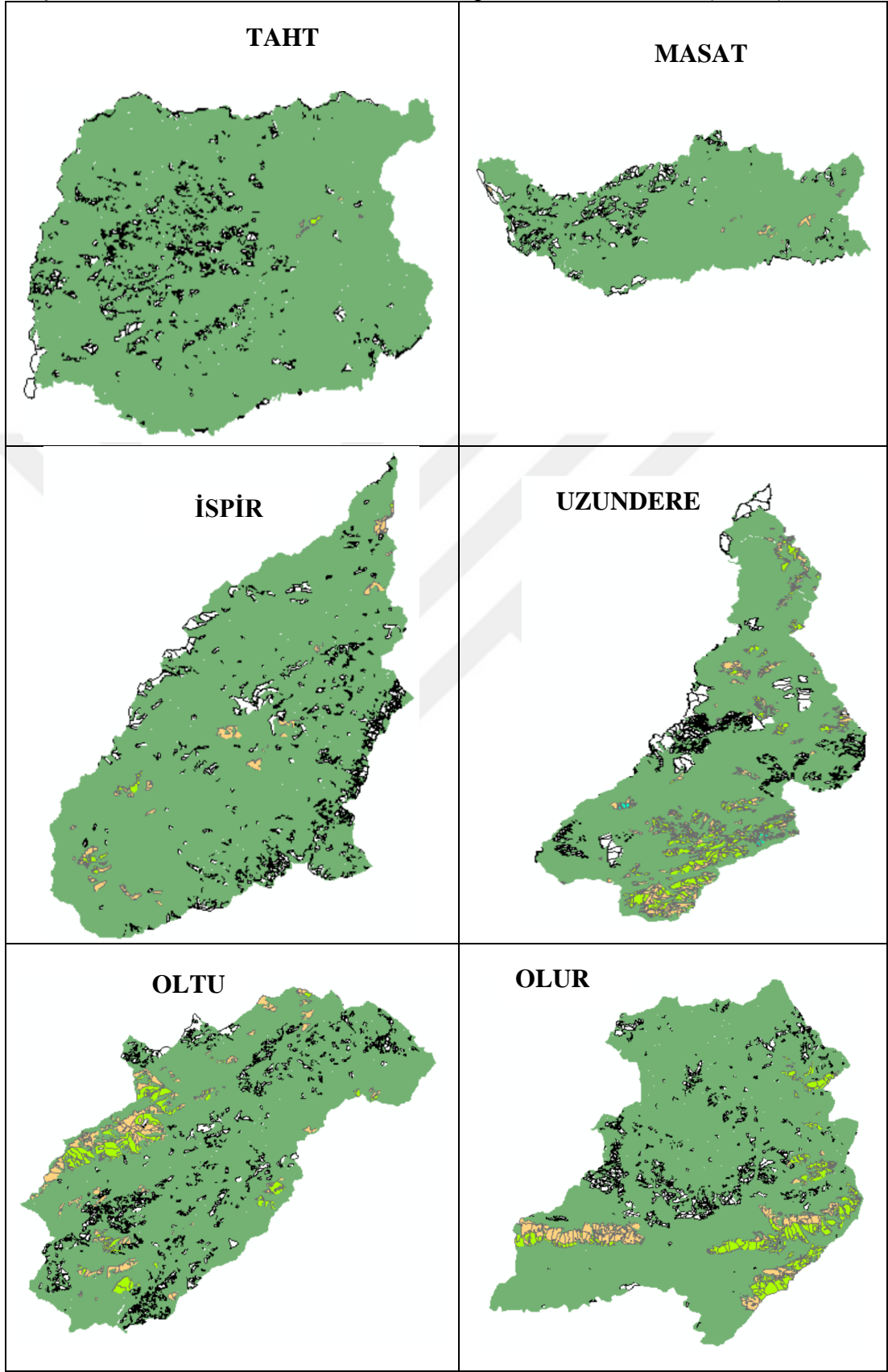


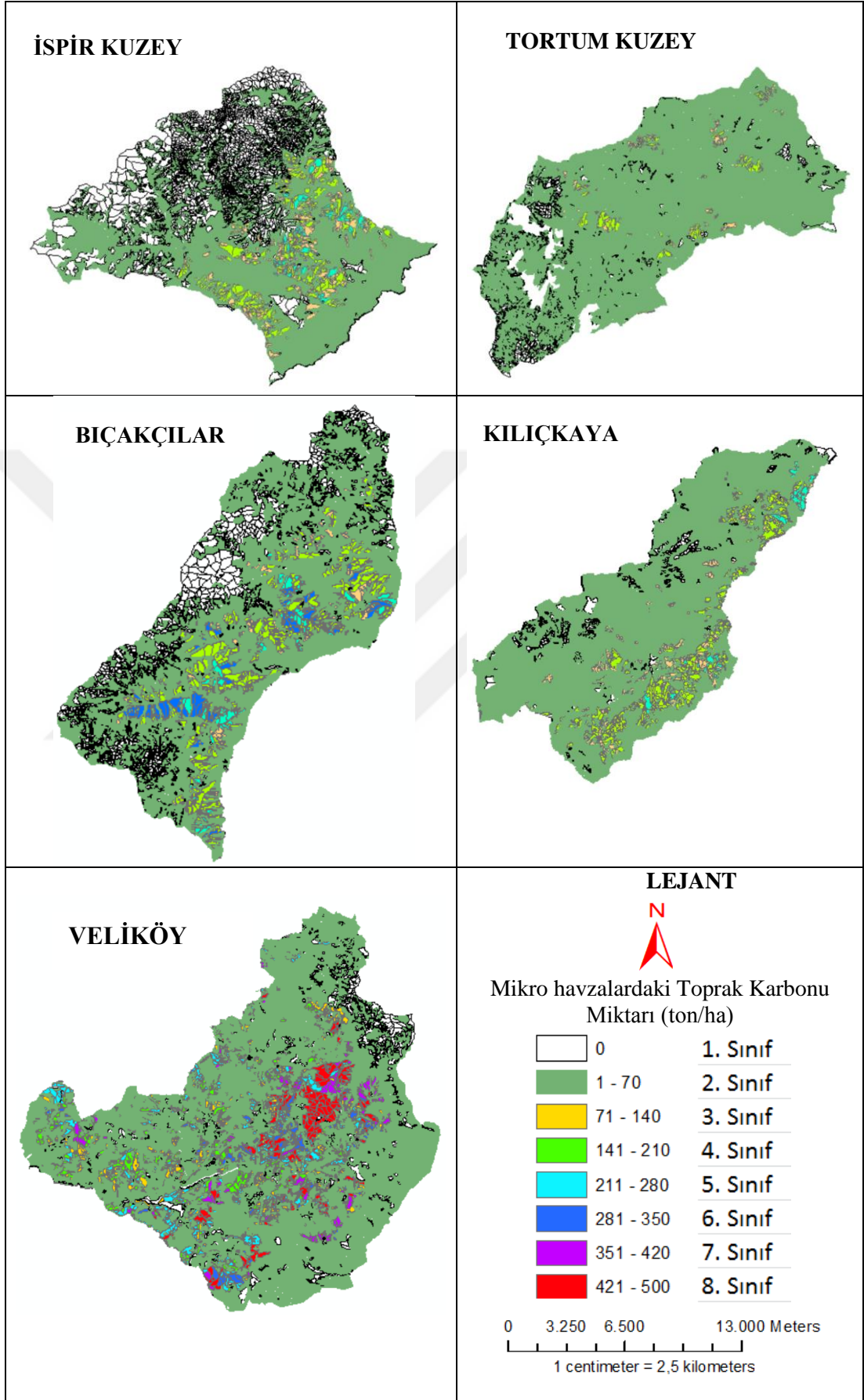
Ek Şekil 6. Mikro havzalara ait hektardaki karbon haritaları (ton/ha)



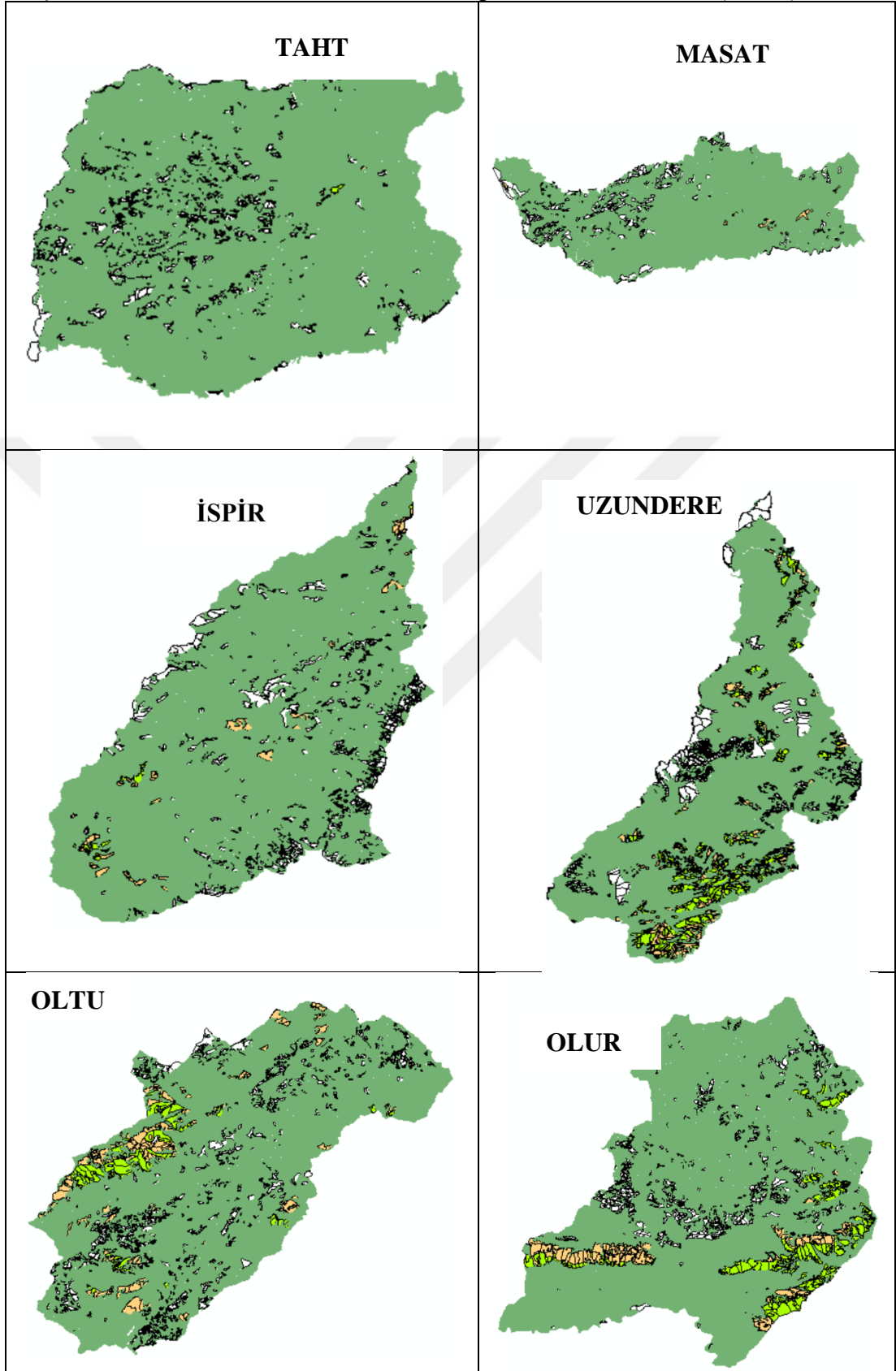


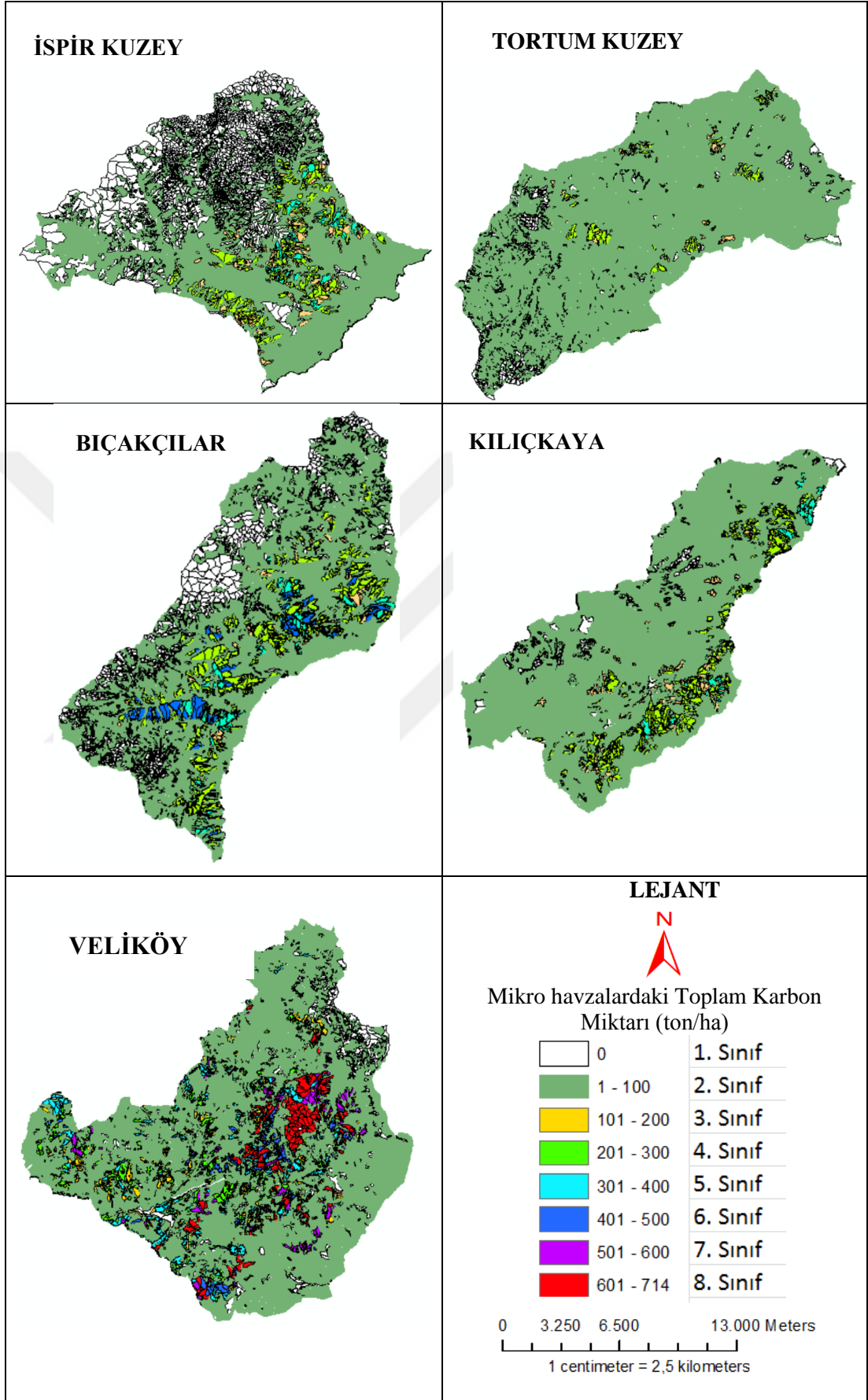
Ek Şekil 7. Mikro havzalara ait hektardaki toprak karbon haritaları (ton/ha)



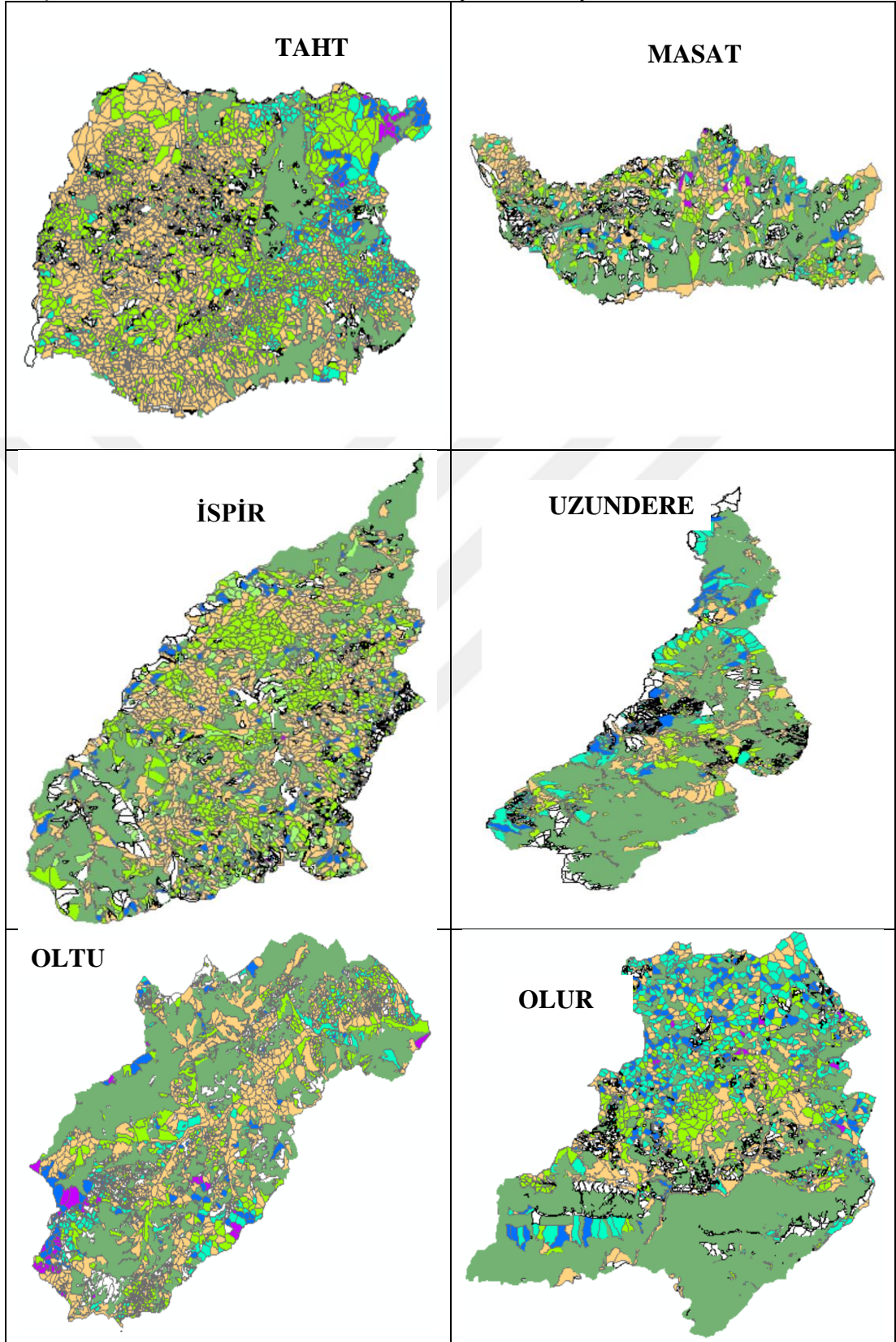


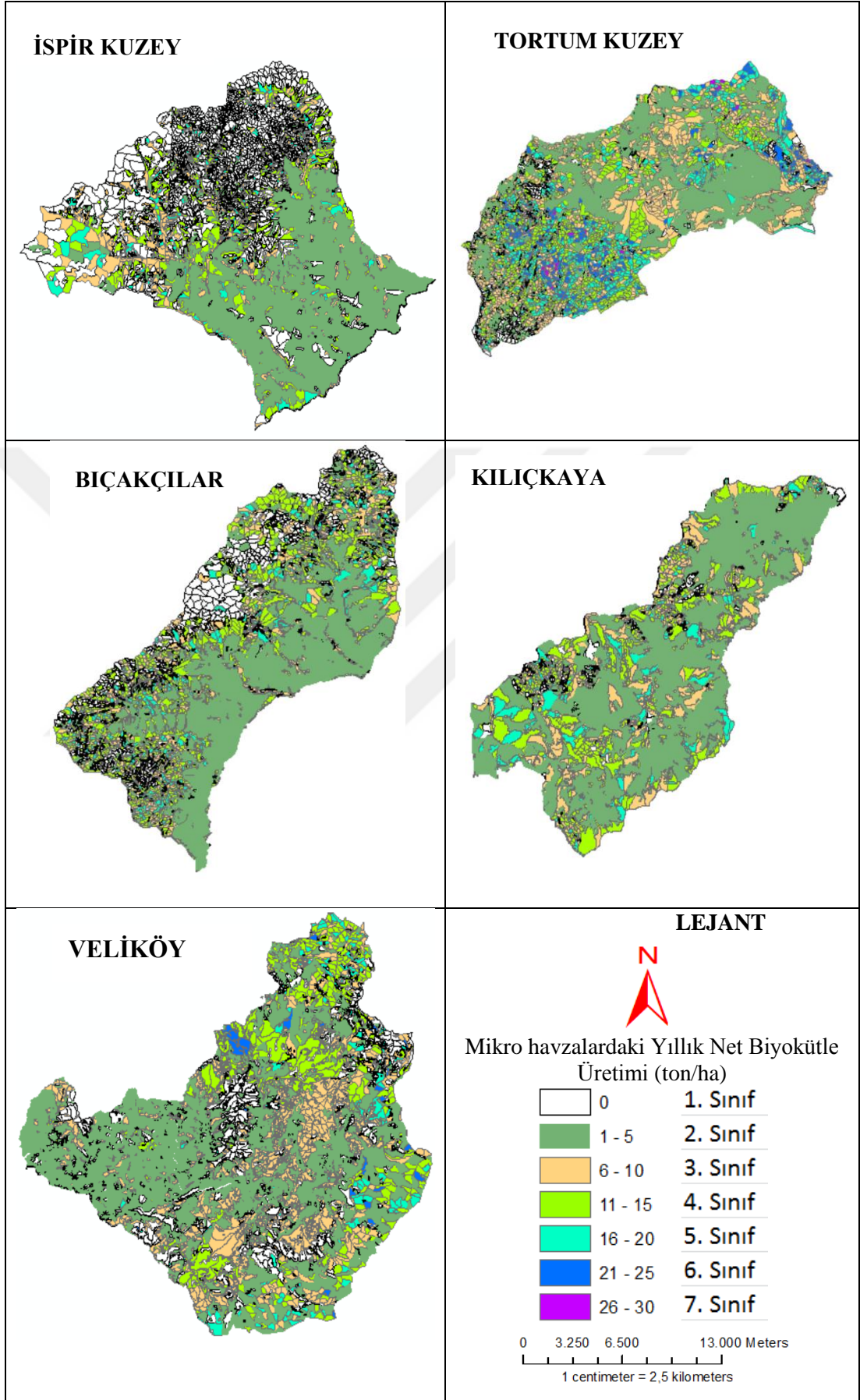
Ek Şekil 8. Mikro havzalara ait hektardaki toplam karbon haritaları (ton/ha)



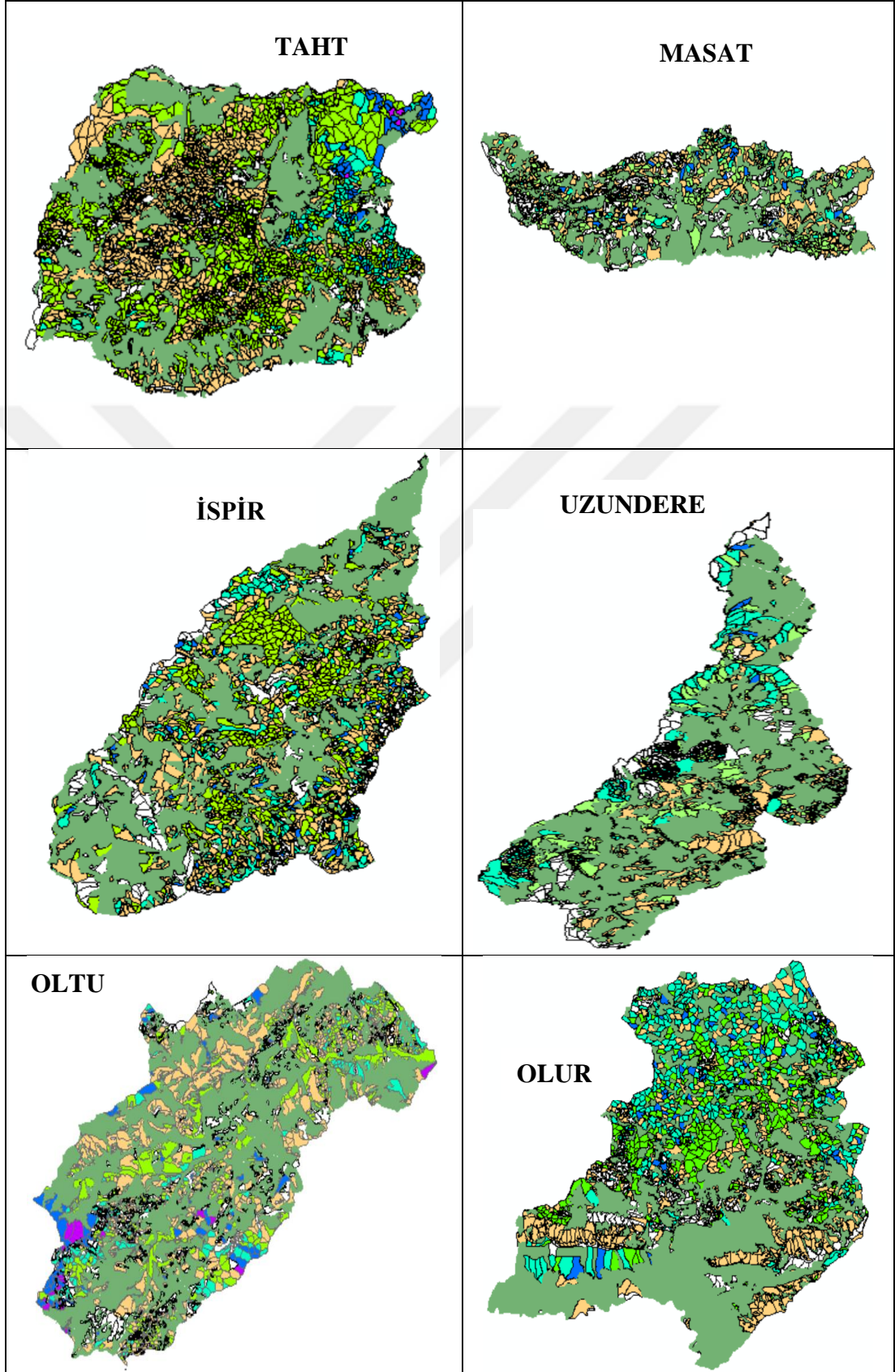


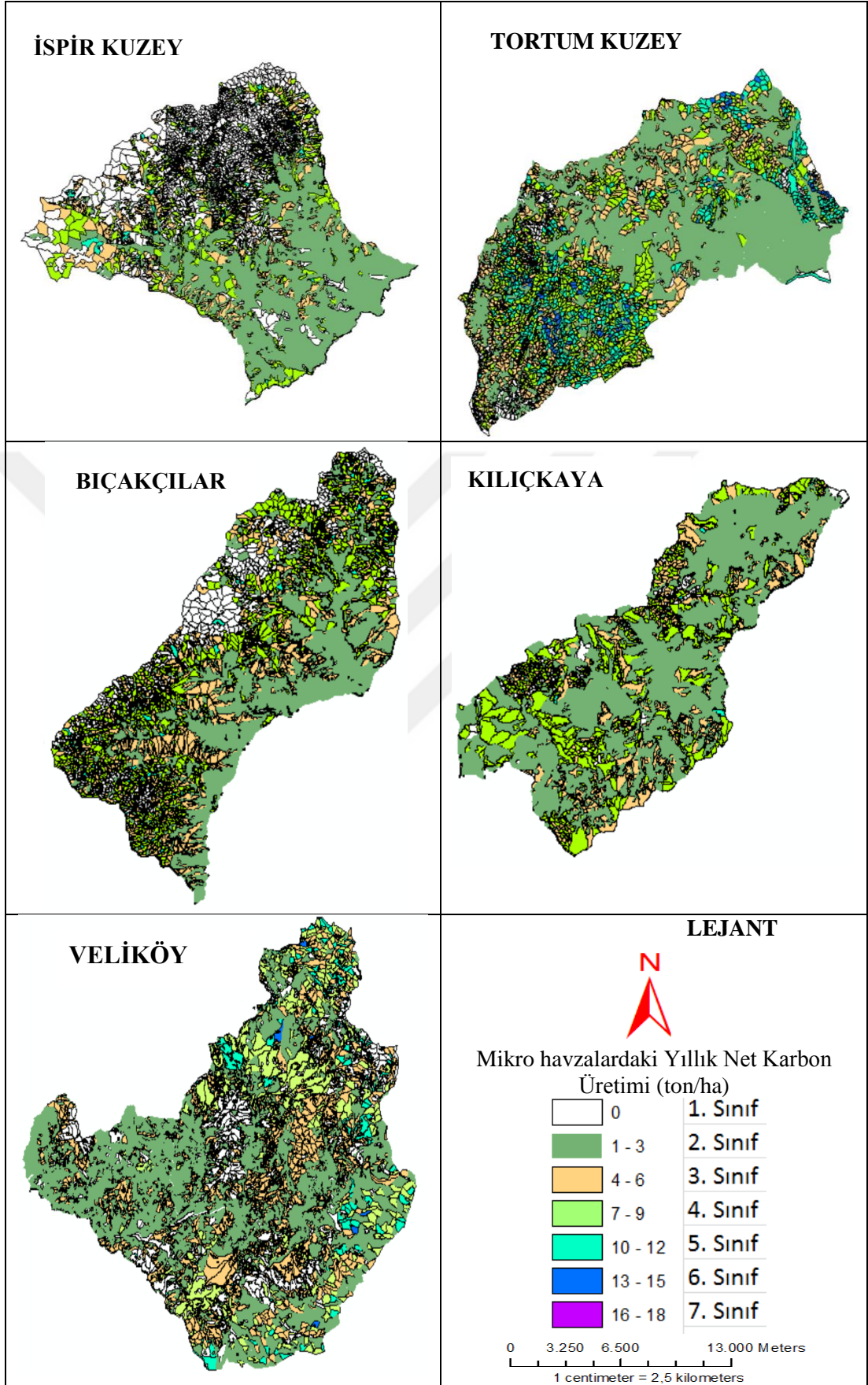
Ek Şekil 9. Mikro havzalara ait hektardaki yıllık net biyokütle üretimi (ton/ha)



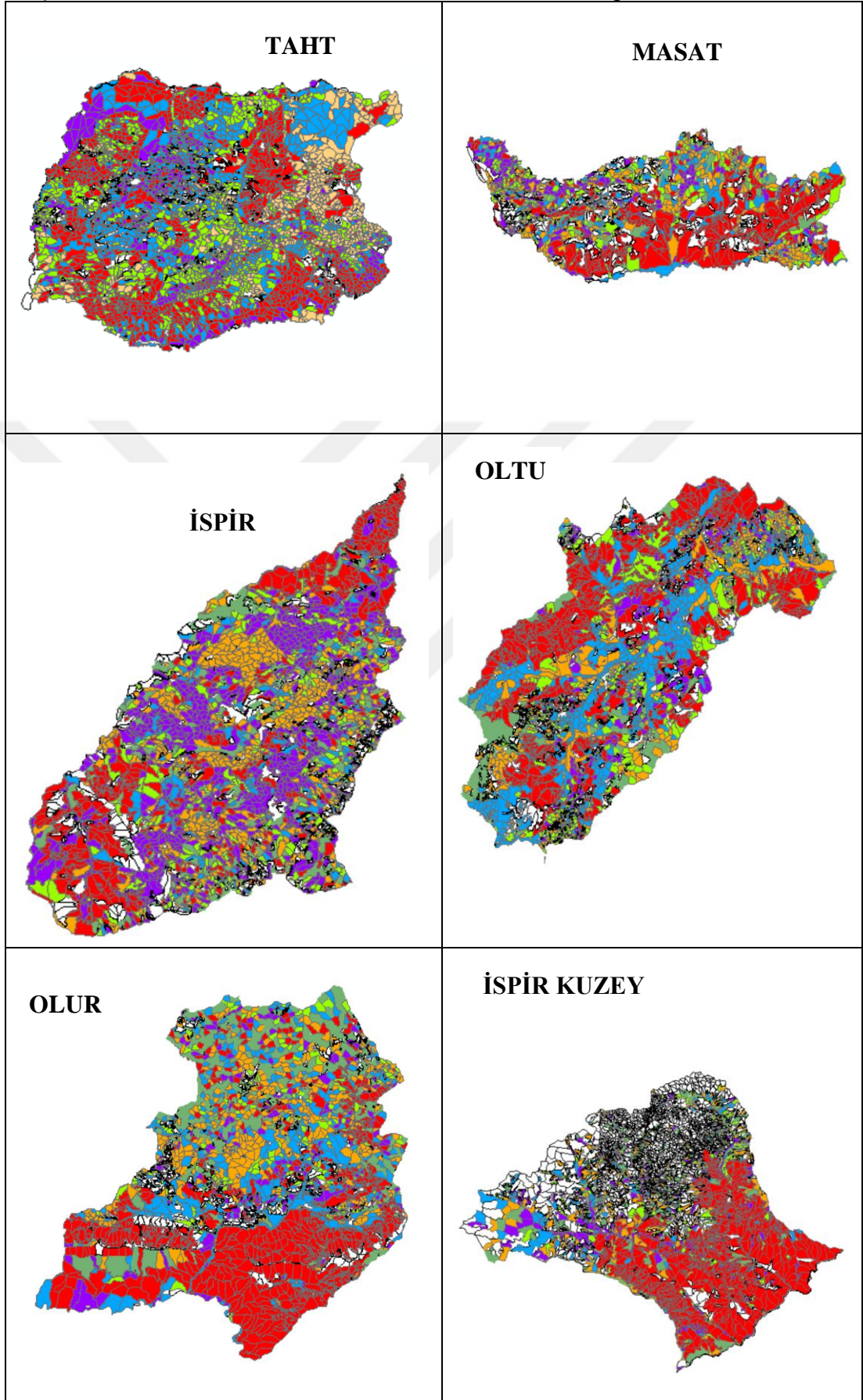


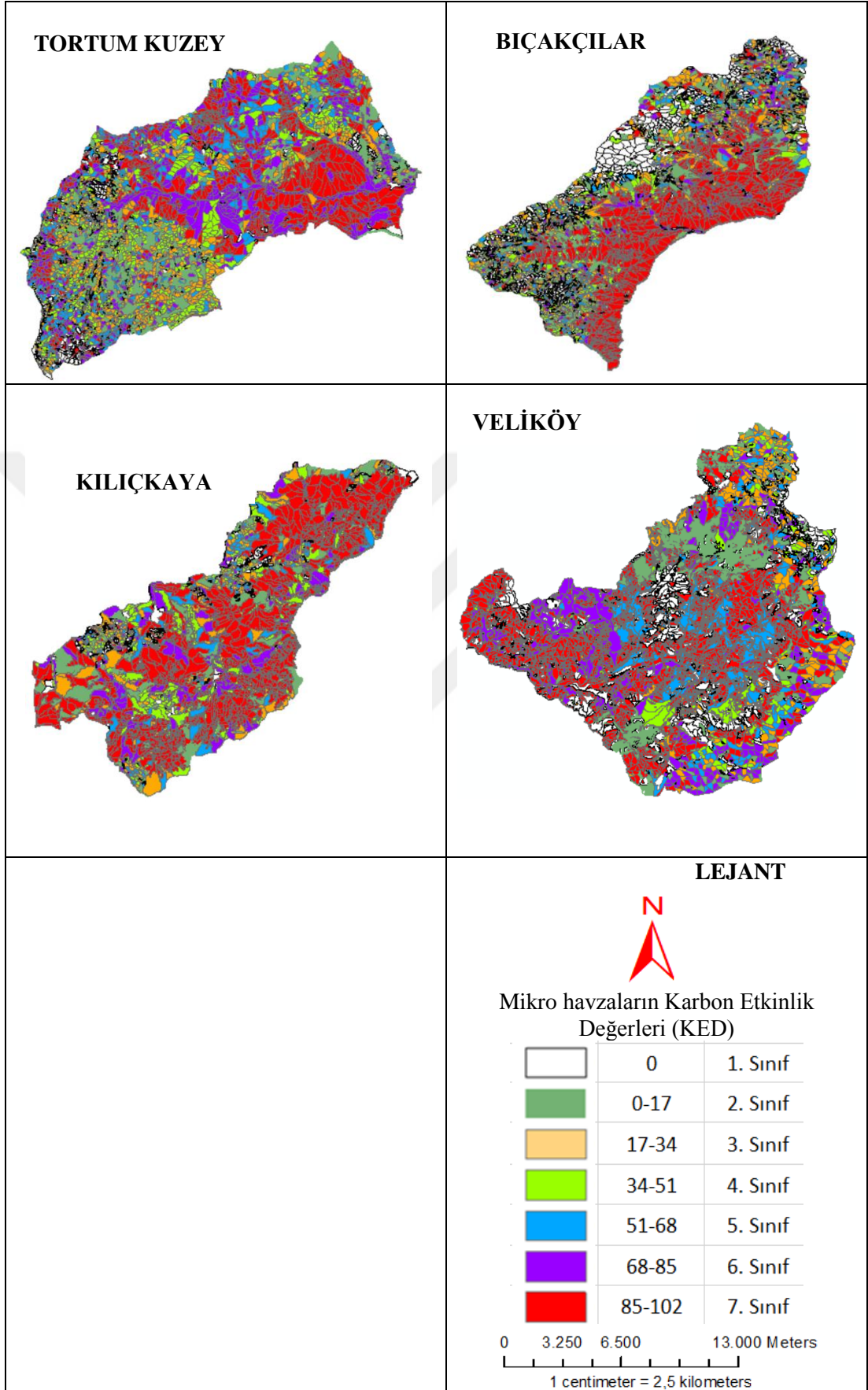
Ek Şekil 10. Mikro havzalara ait hektardaki yıllık net karbon üretimi (ton/ha)





Ek Şekil 11. Mikro havzaların ortalama Karbon Etkinlik Değerleri (KED)





KAYNAKLAR

- Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., Leary, N., 1998. Effects of global climate change on agriculture: An interpretative review. *Climate Research*, 11, 19-30.
- Alemdağ, Ş., 1981. Aboveground-massequations for six hardwood species from naturalstands of the research forest at Petawawa, Canadian Forestry Service, Canada, *Information Report*, X, 6-9.
- Altın, M., Tuna, C., Nizam, İ., Ateş, E., 2005. Pirinççi Köyü meraları dolgu alanlarını bitkilendirme uygulamaları. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, Araştırma Sunusu, Cilt II, 1157-1162, Antalya.
- Altun, L., 1995. Maçka (Trabzon) Orman İşletmesi orman üstü serisinde orman yetişme ortamı birimlerinin ayrılması ve haritalanması üzerine araştırmalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Anonim, 1990. Köy İşleri Bakanlığı Toprak Su Genel Müdürlüğü, Artvin İli Arazi Varlığı, Tarım ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Rapor No:08, Ankara.
- Anonim, 2005. Orman Hayattır. Bilkent Üniversitesi, Çevre Düzenleme ve Koruma Müdürlüğü. http://www.bilkent.edu.tr/~cevre/mart_05.html (Ziyaret Tarihi: 18/10/2010).
- Anonim, 2005a. Artvin İl Gelişim Planı, Artvin. http://www.sp.gov.tr/upload/xSPStratejikPlan/files/p6fUO+Artvin_Il_Ozel_Idaresi_2006-2010_Stratejik_Plan.pdf.
- Anonim, 2005b. Erzurum – Erzincan – Bayburt bölgesel gelişme planı analitik rapor kitap –İstanbul.
- Anonim, 2006. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Land Use, Land-Use Change and Forestry-LULUCF) çalışma grubu raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2006a. Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık çalışma grubu raporu. İklim değişikliği koordinasyon kurulu, Çevre ve Orman Bakanlığı Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara,124s.
- Anonim, 2006b. Orman Varlığımız. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. 159s.
- Anşin, R., 1983. Türkiye'nin flora bölgeleri ve bu bölgelerde yayılan asal vejetasyon tipleri (The floristic regionsand the major vegetation types of Turkey), Karadeniz Teknik Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi*, 6, 2 (1983) 318-339.
- Antle, J. A., McCarl, B. A., 2002. The economics of carbon sequestration in agricultural soils, in Tietenberg, T. and Folmer, H. (eds.), *The International*

Yearbook of Environmental and Resource Economics 2002/2003, Edward Elgar, Cheltenham, UK. pp. 278–310.

- Atalay, İ., 2002. Ecoregions of Turkey, Orman Bakanlığı Yayınları, 163-266.
- Atmaca, S., 2008. Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü sarıçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 111 s.
- As, N., Koç, H., Doğu, D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2001. Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *Journal of the Faculty of Forestry*, Istanbul University, 51 (1): 71-88.
- Asan, Ü., 1995. Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi, İstanbul Üniversitesi *Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul, 45, 1-2, 23-37.
- Asan, Ü., 1999. Orman kaynaklarının çok amaçlı kullanımı ve planlama sistemleri, ormanların çok amaçlı olarak planlanması semineri, Bolu, *Bildiriler kitabı*, 33-40.
- Asan, Ü., 1999. Climate change, carbon sinks and the forests of Turkey. Proceedings of the International Conference on Tropical Forests and Climate Change: Status, Issues and Challenges (TFCC '98).157-170, Philippines.
- Asan, Ü., Destan, S., Özkan, Y. U., 2002. İstanbul korularının karbon depolama, oksijen üretme ve toz tutma kapasitesinin kestirilmesi, orman amenajmanında kavramsal açılımlar ve yeni dedefler sempozyumu, Nisan, İstanbul, *Bildiriler kitabı*, 194-197.
- Asan, Ü., 2006. Karbon havuzu olarak bitki ekosistemleri ve ormanlar. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, Sayı 139, 22-26 s.
- Asner, P.G., Townsend, A.R., Braswell, B.H., 2000. Satellite observation of El Niño effects on Amazon forest phenology and productivity. *Geophysical Research Letters*, Vol.27, No.7, pp.981-984.
- Aydın, A., Çağan E., Başbağ, M., 2014. Mardin İli Derik İlçesinde yer alan bir meranın ot verimi ve kalitesinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special*, Issue: 2, 2014.
- Babalık, A. A., 2008. Isparta yöresi meralarının vejetasyon yapısı ile toprak özellikleri ve topoğrafik faktörler arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 164s. Isparta.
- Babuş, D., 2005. Küresel ısınma sorununun uluslararası çevre politikası içerisinde irdelenmesi ve Türkiye’nin yeri (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Baccini, A., Laprte, N., Goetz, S. J., Sun, M., Dong, H., 2008. A first map of tropical Africa's above-ground biomass derived from satellite imagery, *Environmental*

Research Letter, 3, 045011. (Available at <http://stacks.iop.org/1748-9326/3/045011>).

- Baez-Gonzalez, A. D., Chen, P., Tiscareno-Lopez, M., Srinivasan, R., 2002. Using satellite and field data with crop growth modelling to monitor and estimate corn yield in Mexico. *Crop Science*, Vol.42, pp.1943- 1949.
- Bajracharya, R. M., Lal, R., Kimble, J.M., 1998a. Long term tillage effect on soil organic carbon distribution in aggregates and primary particle fractions of two Ohio soils. In : Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Stewart, B.A.,(eds.) Management of carbon sequestration in soil, pp 113-123.CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Bajracharya, R.M., Lal, R., Kimble, J. M., 1998b. Soil organic carbon distribution in aggregates and primary particle fractions as influenced by erosion pH and landscape position. In: Lal, R., Kimble, J. M., Follett, R.F., Stewart, B.A,(eds.) Soil processes and the carbon cycle, pp 353-367.CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Baker, T. R., Phillips, O. L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Vásquez Martínez, R., 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10: 545-562.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A.R., 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, Vol.13, pp.95-120.
- Bartholomé, E., ve Belward, A. S., GLC 2000. A new approach to global land cover mapping from Earth observation data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 1959–1977 (2005). (Available at: <http://www.un-spider.org/links-and-resources/data-sources/land-cover-map-glc2000-jrc>).
- Başaran, M. A., Başaran, S., Kaçar, S., Baş, N., Tolunay, D., Makineci, E., Kavgacı, A. T., Deniz, İ. G., 2008. Sedir araştırma ormanında aktüel durumun coğrafi bilgi sistemi tabanlı sayısal haritalarla ortaya konulması. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından desteklenen (ARA 6) 19.6302/2001–2007 no.lu proje.
- Başçetinçelik, A., Karaca, C., Öztürk, H.H., Kacira, M., Ekinci, K., 2005. Agricultural biomass potential in Turkey. Proceedings of the 9th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture and 27th International Conference of CIGR Section IV: The Efficient Use of Electricity and Renewable Energy Sources in Agriculture: 195- 199, Sep.27-29, 2005, Izmir-TURKEY.
- Başkent, E. Z., 1999. Ekosistem amenajmanı ve biyolojik çeşitlilik. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, Ek Sayı, 353-363.
- Batjes, N. H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the World. *European Journal of Soil Science*, 47, 151–163.
- Baysal, A., 2012. Farklı eğim gruplarında ve farklı bakılardaki meşe meşcerelerinde ve bitişindeki çayırılık alanlarda ince kök kütlelerinin mevsimsel olarak değişiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Artvin Çoruh Üniversitesi. Artvin.

- Belsky, A. J., Amundson, R. G., Duxbury, J. M., Riha, S. J., Ali, A. R., Mwonga, S. M., 1989. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology*, 26:1005–1024.
- Berg, B., Mcclaugherty, C., 2003. Decomposition, humus formation, carbon sequestration. Springer-Verlag Berlin Heiderberg, Germany. 3-540-44329-0.
- Bert, D., Danjon, F., 2006. Carbon concentration variations in the roots, stem and crown of mature *Pinus pinaster* (Ait.). *Forest Ecology and Management*, 222, 279-295.
- Bertiller, M.B., 1984. Specific primary productivity dynamics on arid ecosystems: A case study in Patagonia, Argentina. *Acta Oecologica: Oecologia Generalis* 5: 365-381.
- Bilgin, F., 2010. Artvin Ardanuç Aydın Köyü yaylası mera vejetasyonu ile bazı toprak özelliklerinin yükseltiye göre değişiminin irdelenmesi. Yüksek lisans tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Billings, S.A., Richter, D. D., 2006. Changes in stable isotopic signatures of soil nitrogen and carbon during forty years of forest development. *Oecologia* 148: 325–333. [DOI 10.1007/s00442-006-0366-7].
- Billings, S.A., Brewer, C.M., Foster, B., 2006. Incorporation of plant residues into soil organic matter fractions with grassland management practices in the North American Midwest. *Ecosystems* 9:805–815 DOI: 10.1007/s10021-006-0080-7.
- Birdsey R.A., 1992. Carbon storage and accumulation in United States Forest Ecosystems, USDA Forest Service, Washington Office, GTR- WO-59, Washington, D.C.
- Birdsey, R. A., Flamingo, A. J., Heath, L. S., 1993. Past and prospective carbon storage in United States forests. *Forest Ecology Management*, 58.33-40.
- Bolinder, M. A., Janzen, H. H., Gregorich, E. G., Angers, D. A., Vanden Bygaart, A. J., 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 118: 2942.
- Bolte, A., Rahmann, T., Kuhr, M., Pogoda, P., Murach, D., Gadow, K., 2004. Relationships between tree dimension and coarse root biomass in mixed stands of European beech (*Fagus sylvatica* L.) and Norway Spruce (*Picea Abies* [L.]Karst.). *Journal of Plant and Soil*, 264, 1-11.
- Brogaard, S., Runnström, M., Seaquist, J. A., 2005. Primary production of inner Mongolia, China between 1982 and 1999 estimated by a satellite-driven light use efficiency model. *Global and Planetary Change*, Vol. 45, pp.313-332.

- Bronson, K. F., Zobeck, T. M., Chua, T. T., Acosta-Martinez, V., Van Pelt, R. S., Booker, J. D., 2004. Carbon and nitrogen pools of southern high plains cropland and grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1695 – 1704.
- Brown, S., Lugo, A. E., 1990. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant and Soil*, Vol. 124, no. 1, pp. 53-64.
- Brown, S., 1993. Tropical forests and the global carbon cycle: The need for sustainable land-use patterns. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 46: 31-44.
- Brown, S., 1997. Estimating biomass and biomass change in tropical forests: A primer. FAO Forestry Paper 134. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Brown, S., Schroeder, P., Kern, J., 1999. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA. *Forest Ecology and Management*, 123, 81–90.
- Brown, S., 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environmental Pollution*, 116, 363-372.
- Buyanovsky, G.A., Wagner, G. H., 1983. Annual cycles of carbon dioxide level in soil air. *Soil Science Society of America Journal*, 47:1139-1145.
- Cairns, M. A., Kolchuniga, T. P., Turner, D. P., Winjum, J. K., 1995. The contribution of forest land use to total national carbon flux: case studies in the former Soviet Union, United States, Mexico and Brazil. EPA/600/R-95/044. U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, OR. 212 pp.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., Baumgardner, G. A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111(1): 1-11.
- Casper, B. B., Jackson, R. B., 1997. Plant competition underground. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28: 545-570.
- Cassman, K. G., Dobermann, A. D., Walters, D. T., Yang, H., 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environment and Resources*, 28:315–358.
- Cheng, P., Chaapel, C., 2008. Using World View-1 stereo data with or without ground control automatic DEM Generation, GEO Informatic October/November 2008. 34-39. (Access Nisan 2010).
- Christie, E. K., 1978. Ecosystem processes in semi-arid grasslands. I. Primary production and water use of two communities possessing different photosynthetic pathways. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29: 773-787.
- Christie, E. K., 1979. Ecosystem processes in semi-arid grasslands. II. Litter production, decomposition and nutrient dynamics. *Australian Journal of Agricultural Research*, 30: 29-42.

- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D. W., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R., Ni, J., Holland, E. A., 2001. Net primary production in tropical forests: An evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Application*, 11 (2), 371–384.
- Clenton, E., Owensby, J. M., Ham, A., Knapp, K., Lisa, M. A., 1999. Biomass production and species composition change in a tallgrass prairie ecosystem after long-term exposure to elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, 5, pp.497-506.
- Comeau, P. G., Kimmins, J. P., 1989. Above ground and below ground biomass and production of lodgepole pine on sites with differing soil-moisture regimes. *Canadian Journal of Forest Research*, 19: 447-454.
- Condit, R., 1995. Research in large, long term tropical forest plots. *Trends in Ecology and Evolution*, 10: 18-22.
- Condit, R., 1998. Tropical forest census plots: Methods and results from Barro Colorado Island, Panama and a comparison with other plots. *Springer-Verlag*, Berlin. 211 pp.
- Condit, R., Watts, K., Bohlman, S. A., Perez, R., Foster, R. B., Hubbell, S. P., 2001. Quantifying the deciduousness of tropical forest canopies under varying climates. *Journal of Vegetation Science*, 11: 649-658.
- Condrón, L. M., Di, H. J., 2002. Capacity of soils to sustain or extend current crop and animal production: New Zealand and South Pacific Islands Perspective. In Lal, R., ed. *Agricultural Sciences*. Encyclopaedia of Life Support Systems, UNESCO. UK, Oxford, EOLSS Publishers.
- Condrón, L. M., Hopkins, D. W., Gregorich, E. G., Black, A., and Wakelin, S. A., 2014. Long term irrigation effects on soil organic matter under temperate grazed pasture. *European Journal of Soil Science*, 65: 741-750.
- Coupland, R. T., 1973a. Producers: I. Dynamics of above ground standing crop. Canadian Committee for IBP, *Matador Technical Report* No. 27, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 159 p.
- Coupland, R. T., 1973b. Producers: III. Rates of dry matter production and of nutrient and energy flow through shoots, Canadian Committee for IBP, *Matador Technical Report*, 33. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 85 p.
- Coupland R. T., Abougendia, Z. M., 1974. Producers: V. Dynamics of shoot development in grasses and sedges, Canadian Committee for IBP, *Matador Technical Report*, 51. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 110 p.
- Coupland R. T., 1974a. Producers: IV. Under-ground plant parts, Canadian Committee for IBP, *Matador Technical Report*, 41. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 73 p.

- Coupland R. T., 1974b. Producers: VI. Summary of studies of primary production by biomass and shoot observation methods, Canadian Committee for IBP, *Matador Technical Report*, 62. University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. 84 p.
- Curtis, P. S., Hanson, P. J., Bolstad, P., 2002. Biometric and eddy-covariance based estimates of annual carbon storage in five North American deciduous forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113: 3–19.
- Çakıl, E., 2008. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü karaçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 167 s.
- Çelik, N., 2006. Sündiken dağları kütesinin yetiştirme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Programı.
- Çepel, N., Dündar, M., Günel, A., 1977. Türkiye'nin önemli yetiştirme bölgelerinde saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etmenler arasındaki ilişkiler. TÜBİTAK, Tarım ve Ormanlık Araştırma Gubu, Proje No: TOAG 154, Tübitak Yayınları No: 354, TOAG Seri No: 65, Ankara.
- Çepel, N., 1988. Orman Ekolojisi Kitabı, İstanbul.
- Çepel, N., Özdemir, T., Dündar, M., Neyişçi, T., 1988. Kızılçam ekosistemlerinde iğne yaprak dökümü ve bu yolla toprağa geri verilen besin maddeleri miktarı. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, No: 194, Ankara.
- Çetin, Ü., Gür, K., 2011. Çeşitli organik atıkların toprağın bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisi. Selçuk Üniversitesi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (3): (2011) 9-16 ISSN:1309-0550.
- Çimen, A., 2009. Uzundere ve çevresinin tıbbi aromatik bitkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Çömez, A., 2010. Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Borçka Orman İşletme Müdürlüğü sarıçam biyokütle tabloları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. IX+55 s.
- Çömez, A., 2011. Sündiken dağlarında sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) meşcerelerinde karbon birikiminin belirlenmesi. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 233 s.
- Dahlman, R. C., Kucera, C. L., 1965. Root productivity and turnover in native prairie. *Ecology*, 46:84-89.
- Daubenmire, R., 1972b. Standing crops and primary production in savanna derived from semi-deciduous forest in Costa Rica. *Botanical Gazette*, 133: 395-401.
- Daubenmire, R., 1972c. Some ecological consequences of converting forest to savanna in north-western Costa Rica. *Tropical Ecology*, 13: 31-51.

- Davidson, E. A., Trumbore, S. E., Amundson, R., 2000. Soil warming and organic carbon content. *Nature*, 408:789–790.
- Defosse, G. E., Bertiller, M. B., Ares, J. O., 1990. Above ground phytomass dynamics in a grassland steppe of Patagonia, Argentina. *Journal of Range Management*, 43, 157-160.
- De Jong, B. H. J., Cairns, M. A., Haggerty, P. K., Ramirez Marcial, N., Ochoa Gaona, S., Mendoza Vega, J., Gonzalez Espinosa, M., March Mifsut, I., 1999. Land use change and carbon flux between 1970s and 1990s in the central highlands of Chiapas, Mexico. *Environmental Management*, 23 (3), 373–1285.
- Delaney, M., 1999. Field test of carbon monitoring methods for agroforestry in the Philippines. In: Field tests of carbon monitoring methods in forestry projects. Forest Carbon Monitoring Program, Winrock International, Arlington, VA, USA: pp.28 - 32.
- Dewar, R. C., 1991. An analytical model of carbon storage in the trees. *Tree Physiol*, 8, 239– 258.
- Di, H. J., Cameron, K. C., McLaren, R. G., 2000. Isotopic dilution methods to determine the gross transformation rates of nitrogen, phosphorus, and sulfur in soil: A review of the theory, methodologies, and limitations. *Australian Journal of Soil Research*, 38, 213–230.
- DigitalGlobe.com_Core_Imagery_Product_Guide (Acces Nisan 2010).
- Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A., Solomon, A. M., Trexler, M. C., Wisniewski, J., 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263, 185–189.
- Dumanski, J., Lal, R., 2004. Theme Paper: Soil conservation and the Kyoto Protocol facts and figures. Agriculture and the environment, Environment Bureau, Agriculture and Agri-Food, Canada, Ottawa, Ontario http://www.agr.gc.ca/policy/ environment/soil_cons_e.phtml.
- DuPlessis, W. P., 1999. Linear regression relationships between NDVI, vegetation and rainfall in Etosha National Park, Namibia. *Journal of Arid Environments*, 42,pp.235–260.
- Duran, A., 1991. Reşadiye (Datça) Yarımadası'nda ofiolit anakayasından oluşmuş toprakların özelliklerinin yeryüzü şekli ve bitki örtüsüne göre değişimi üzerine incelemeler İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Durkaya, B., 1998. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü meşe meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. XVII+110 s.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2008. Türkiye toprak üstü tek ağaç ve meşcere biyokütle tabloları, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt 10, Sayı 14.

- Durkaya, B., Durkaya A., Macaroğlu, K., 2012. Bartın yöresi karışık meşcerelerinin biyokütle stok değişiminin irdelenmesi. Bartın Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt:14, Sayı:21, s.28-36.
- Eisa, A., Gerd, S., Franz, L., Niels, S., Jens, G., and Sebastian, K., 2013. Evaluation of field and greenhouse experiments with tomatoes using the aquacrop model as a basis for improving water productivity. *ISWRER 2013 Proceedings Book*. DOI: 10.5675/ICWRER_2013.
- Eissenstat, D. M., Yanai, R. D., 1997. The ecology of root life span. P. 1-60, in *Advances in Ecological Research*, M Begon and AH Fitter (Eds.). *Academic Press*, San Diego, California, USA.
- Erten, P., Sözen, R., 1997a. Halep çamı (*Pinus halepensis Mill.*) odununun fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi. İç Anadolu Ormançılık Araştırma Enstitüsü, *Teknik Bülteni*, 268, 40.
- Eruz, E., 1984. Balıkesir Orman Baş Müdürlüğü bölgesindeki saf karaçam meşcerelerinin boy gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik özellikler arasındaki ilişkiler, İstanbul Üniversitesi. Yayın No:3244, Ofis Yayın No:368 Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Eswaran, H., Van Den Berg, E., Reich, P., 1993. Organic carbon in soils of the world. *Soil Science Society of America*, J. 57, 192–194.
- Evrendilek, F., 2004. An inventory based carbon budget for forest and woodland ecosystems of Turkey. *Journal of Environmental Monitoring*, 6: 26-30.
- Fakıoğlu, S. Kağnıcıoğlu, N., 2009. Doğu Karadeniz Bölgesi hidroelektrik enerji potansiyeli ve bunun ülke enerji politikalarındaki yeri.
- Fang, H., Wu, B., Liu, H., Huang, X., 1998. Using NOAA AVHRR and LANDSAT TM to estimate rice area year by year. *International Journal of Remote Sensing*, Vol.19, pp.521-525.
- Fang, J., Brown, S., Tang, Y., Nabuurs, G. J., Wang, X., Shen, H., 2006. Over estimated biomass carbon pools of the northern mid and high latitude forests. *Climatic Change*, 74: 355-368.
- FAO., 2000. Carbon sequestration options under the clean development mechanism to address land degradation. *World Soil Resources Reports*, 92. FAO and IFAD, Rome.
- FAO., 2004. A review of carbon sequestration projects, FAO, Rome.
- FAO., 2006. Global forest resource assessment 2005: Progress towards Sustainable forest management. *FAO forestry paper*, 147. Rome: FAO.
- FAO., 2010a. Global Forest Resources Assessment, 2010: Country Report, Turkey. FAO, Rome, Italy. (<http://www.fao.org/docrep/013/al649E/al649e.pdf>).

- FAO., 2011. World Census of Agriculture: analysis and international comparison of the results (1996-2005). FAO statistical development series no. 13. (Columns 3 and 4) Rome.
- Fay P. A., Carlisle J. D., Knapp A. K., Blair J. M., Collins, S. L., 2003. Productivity responses to altered rainfall patterns in a C4-dominated grassland. *Oecologia*, 137, 245-251.
- Fisher, M. J., Rao, M. I., Ayarra, M. A., Lascano, C. E., Sanz, J. I., Thomas, R. I., Vera, R. R., 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Apartado Aereo 6713. Cali, Colombia [<http://www.nature.com/nature/journal/v371/n6494/abs/371236a0.htm>] site visited on 18/12/2010.
- Fornara, D. A., Tilman, D., 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. *Journal of Ecology*, 96:314–322.
- FRA., 2010. Global Forest Resource Assessment Country Report. Forest Department Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Frank, A. B., Berdahl, J. D., Hanson, J. D., 2004. Biomass and carbon partitioning in switchgrass. *Crop Science*, 44: 1391–6.
- Garcia-Moya, E., Montanez Castro, P., 1992. Saline grassland near Mexico City, pp. 70-99. IN: Long, S. P., Jones, M. B., Roberts, M. J., (eds.). Primary Productivity of Grass Ecosystems of the Tropics and Sub-tropics. Chapman and Hall, London. 267 pp.
- Genard, M., Dauzat, J., Franck, N., Lescourret, F., Moitrier, N., Vaast, P., Vercambre, G., 2008. Carbon allocation in fruit trees: from theory to modeling, *Trees*, 22, 269-282.
- Geudens, G., Staelens, J., Kint, V., Goris, R., Lust N., 2004. Allometric biomass equations for Scots pine (*Pinus Sylvestris L.*) seedlings during the first years of establishment in dense natural regenerations. *Journal of Annals of Forest Science*, 61, 653-659.
- Gifford, R. M., Cheney, N. P., Noble, J., Russell, J. S., Wellington, B., Zammit, C., 1992. Australian land use, primary production of vegetation and carbon pools in relation to atmospheric CO₂ concentration. In Gifford, R. M., Barson, M., eds. Australia's renewable resources: sustainability and global change, pp. 151–187. Bureau of Rural Resources Proceedings No. 14. Canberra, AGPS.
- Gill, R. A., Jackson, R. B., 2000. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. *New Phytologist*, 147, 13-31.
- Gilmanov, T. G., Bazilevich, N. I., 1983. Conceptual balance model of the organic matter cycling in an ecosystem as the theoretical basis for monitoring, p. 7-57. IN: V.E. Sokolov and N.I. Bazilevich (eds.). The Theoretical Foundations and Experience of Ecological Monitoring. Nauka, Moscow. (in Russian).

- Gilmanov, T. G., Ivaschenko, A. I., 1990. Primary biological productivity of ecosystems of the alkali complex of the clay semidesert of the North Transkaspian area. *Izvestia Akademii Nauk SSSR. Ser. Biol.* 4: 600-611. (in Russian).
- Gilmanov, T. G., Parton, W. J., Ojima, D. S., 1997. Testing the century ecosystem level model on data sets from eight grassland sites in the former USSR representing a wide climatic/soil gradient. *Ecological Modelling*, 96: 191-210. doi: 10.1016/S0304-3800 (96) 00067-1.
- Gilmour, D. A., Nurse, M. C., 1991. Farmer initiatives in increasing tree cover in central Nepal. *Mountain Research and Development*, 11, 329-337.
- Glatzle, A., 2012. La ganadería chaqueña su impacto al medio ambiente. Proceedings of the II Congreso Nacional de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay, 21–23 March 2012. p. 30–32.
- Goodale, C. L., Aps, M., Birdsey, R. A., Field, C. B., Heath, L. S., Houghton, R. A., Jenkins, J., Kohlmaier, G. H., Kurz, W., Liu, S., Nabuurs, G. J., Nilsson, S., Shvidenko, A. Z., 2002. Forest carbon sinks in the Northern Hemisphere. *Ecological Application*, 12: 891-899.
- Gower, S. T., Vogt, K. A., Grier, C. C., 1992. Carbon dynamics of Rocky Mountain Douglas fir: influence of water and nutrient availability. *Ecology Monograph*, 62: 43-65.
- Guggenberger, G., Zech, W., 1994. Dissolved organic carbon in forest floor leachates: simple degradation products or humic substances? *Science of the Total Environment*, 152, 37–47.
- Guo, L. B., Gifford, R. M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: A meta analysis. *Global Change Biology*, 8(4):345-360.
- Gülçür, F., 1974. Toprağın fiziksel ve kimyasal analiz metodları, Kutulmuş Matbaası, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No. 201, İstanbul, 225 s.
- Gülenay, S., 2009. Artvin Murgul Yalancı Akasya (*Robinia Pseudoacacia*) ağaçlandırma sahasında ve bitişiğindeki çayırılık alanda toprak solunumunun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Güner, S., Tüfekçioğlu, A., Duman, A., Küçük, M., 2010. Murgul yalancı akasya ağaçlandırmalarının ve bitişiğindeki otlak alanların toprak üstü biyokütle, kök kütlesi, kök üretimi ve karbon depolama yönlerinden karşılaştırılması, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, 3, 1045-1055.
- Güner, Ş. T., 2006. Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (*Pinus sylvestris ssp. hamata*) ormanlarının yükseltiye bağlı büyüme beslenme ilişkilerinin belirlenmesi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı. Doktora Tezi (XXV+298 Sayfa).

- Hairiah, K., Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S., van Noordwijk, M., 2010. Measuring carbon stocks across land use systems: A Manual. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office, 155 pages.
- Hajabbasi, M. A., Lalalian, A., Karimzadeh, R., 1997. Deforestation Effects on Soil Physical and Chemical Properties, Lordegan, Iran. *Plant and Soil*, 190, 301–308.
- Harris, W. F., Goldstein, R. A., Henderson, G. S., 1973. Analysis of forest biomass pools, annual primary production and turnover of biomass for a mixed deciduous forest watershed. International Union Forest Research Organization. Biomass Studies. pp. 41-64. University of Maine, Orono.
- Havas, P., Kubin, E., 1983. Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in northern Finland. *Annales Botanici Fennici*, 20, 115-149.
- Havas, P., 1999. NPP Boreal Forest: Kuusamo, Finland, 1967-1971. Data set available on-line [<http://daac.ornl.gov>] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Helmisaari, H. S., Derome, J., Nöjd, P., Kukkola, M., 2007. Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway Spruce and Scots Pine stands. *Journal of Tree Physiology*, 27, 1493-1504.
- Hendrick, R. L., Pregitzer, K. S., 1992. The demography of fine roots in a northern hardwood forest. *Ecology*, 73, 1094 -1104.
- Hendrick, R. L., Pregitzer, K. S., 1993. The dynamics of fine root length, biomass, and nitrogen content in two northern hardwood ecosystems. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 2507–2520.
- Hendrick, R. L., Nadhelhoffer, K. J., Aber, J. D., 1993. Assessing the role of fine roots in carbon and nutrient cycling. *Trends in Ecological Evolution*, 8: 174 178.
- Hendricks, J. J., Hendrick, R. L., Wilson, C. A., Mitchell, R. J., Pecot, S. D., Guo, D., 2006. Assessing the patterns and controls of fine root dynamics: An empirical test and methodological review. *Journal of Ecology*, 94, 40–57.
- Hiederer, R., 2009. Distribution of organic carbon in soil profile data. EUR 23980 EN. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 126pp.
- Hielkema, J. U., Prince, S. D., Astle, W. L., 1986. Rainfall and vegetation monitoring in the savanna zone of the democratic-republic of Sudan using the NOAA advanced very high-resolution radiometer. *International Journal of Remote Sensing*, 7(11), pp.1499– 1513.
- Hopkins, B., 1965b. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria: II. The climate with special reference to its seasonal changes. *Journal of Ecology*, 53: 109-24.

- Hopkins, B., 1965c. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria: III. The microclimates with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology*, 53: 125-38.
- Hopkins, B., 1966. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria: IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology*, 54: 687-707.
- Hopkins, B., 1970. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria: VII. The plants on the savanna site with special reference to their seasonal growth. *Journal of Ecology*, 58(3): 795-825.
- Houghton, R. A., 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biology*, 11, 945–958, doi:10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x.
- Houghton, R. A., 2007. Balancing the global carbon budget. *Annual review of earth and planetary science*, 35:313-347.
- Hu, H., Wang, G. G., 2008. Changes in forest biomass carbon storage in the South Caroline Piedmont between 1936 and 2005. *Forest Ecology and Management*, 255, 1400-1408.
- Hui, D. F., Jackson, R. B., Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: A synthesis of field data. *New Phytologist*, 2006;169:85–93.
- Hulett, G. K., Tomanek, G. W., 1971. Herbage dynamics on a mixed prairie grassland near Hays, Kansas. *US/IBP grassland biome technical report*, No. 108. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Hutchinson, G. L., Mosier, A. R., 1981. Improved soil cover method for field measurements of nitrous oxide fluxes, *Soil Science Society of America*, 45, 311–316.
- IPCC, 1996b. Climate change 1995, impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analyses. Contribution of working group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R, T., et al., eds.
- IPCC, 2000. IPCC special report on Land Use, Land Use Change and Forestry. A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Approved at IPCC Plenary XVI (Montreal, 1-8 May, 2000). IPCC Secretariat, c/o World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. At <http://www.ipcc.ch/>.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability. IPCC third assessment report. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, c/o World Meteorological Organisation, Geneva, Switzerland. At <http://www.ipcc.ch/>.

- IPCC, 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. (Eds.: Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., Wagner, F.,). IPCC/OECD/IEA/ IGES, Hayama, Japan. Available at: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html. (Ziyaret tarihi: 10 /01/ 2012).
- IPCC, 2006. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K., 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume - IV Agriculture, Forestry and other land-use. Institute of Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- IPCC, 2007. Climate change 2007: synthesis report – Summary for policy makers. An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2014. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K., Meyer, L. A., (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Işık, M., 2013. Orman ekosistemlerinin biyokütle ve karbon depolama miktarlarının farklı yöntemlere göre belirlenmesi (Kapıkaya Planlama Birimi Örneği). Yüksek Lisans Tezi.
- İkinci, O., 2000. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü kestane meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 86 s.
- İnce, K., 2011. Uzaktan algılama yöntemiyle karbon depolama miktarlarının belirlenmesi (Artvin örneği). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Jackson, R. B., Mooney, H. A., Schulze, E.D., 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA 94: 7362–7366.
- Jacobs, F. D., Selig, M. F., Severeid, L. R., 2009. Aboveground carbon biomass of plantation grown American Chestnut (*Castanea dentata*) in absence of blight. *Forest Ecology and Management*, 258, 288-294.
- Jalkanen, A., R., Mäkipää, G., Ståhl, A., Lehtonen, H., 2005. Estimation of the biomass stock of rees in Sweden: comparison of biomass equations and age dependent biomass expansion factors. *Annals of Forest Science*, 62: 845-851.
- Jans, W. W. P., Jacobs, C. M. J., Kruijt, B., Elbers, J. A., Barendse, S., Moors, E. J., 2010. Carbon exchange of a maize (*Zea mays L.*) crop: Influence of phenology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139 (3) 316–324.
- Jaramillo, V. J., Ahedo-Herna'ndez, R., Kauffman, J. B., 2003. Root biomass and carbon in a tropical evergreen forest of Mexico: Changes with secondary succession and forest conversion to pasture. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 457-464.

- Jarecki, M. K., Lal, R., James, R., 2005. Crop management effects on soil carbon sequestration on selected farmers' fields in northeastern Ohio. *Soil and Tillage Research*, 81, 265–276.
- Jenkins, J. C., Chojnacky, D. C., Heath, L. S., Birdsey, R. A., 2004. Comprehensive data base of diameter based biomass regressions for North American tree species. United States Department of Agriculture, Forest Service. *General Technical Report*, NE-319, 45 p.
- Jia, S., Akiyama, T., 2005. A precise, unified method for estimating carbon storage in cool temperate deciduous forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 134, 70-80.
- Jiang, L., Islam, S., 1999. A methodology for estimation of surface evapotranspiration over large areas using remote sensing observations. *Geophysical Research Letters*, Vol.26, pp.2773-2776.
- Jiangwen, F., Zhong, H., Harris, W., Yu, G., Wang, S., Hu, Z., Yue, Y., 2007. Carbon storage in the grasslands of China based on field measurements of above and below ground biomass. *Climatic Change*, DOI 10.1007/s10584-007-9316-6.
- Jianlong, L., Tiangang, L., Quangong, C., 1998. Estimating grassland yields using remote sensing and GIS technologies in China. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Vol 41. pp.31-38.
- Jin, Y., Yang, X., Qiu, J., Li, J., Gao, T., Wu, Q., Zhao, F., Ma, H., Yu, H., Xu, B., 2014. Remote sensing based biomass estimation and its spatio temporal variations in temperate grassland, Northern China. *Remote Sensing*, 2014, 6, 1496-1513; doi:10.3390/rs6021496.
- Jobbágy, E. G., Jackson, R. B., 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, 10: 423-436.
- Jones, M. B., Carter, T. R., 1992. European grassland production in a changing climate. Proceedings of the 14th General meeting of the European grassland Federation, Lahti, Finland, 97 - 110.
- Joslin, J. D., Gaudinski, J. B., Torn, M. S., Riley, W. J., Hanson, P. J., 2006. Fine root turnover patterns and their relationship to root diameter and soil depth in a ¹⁴C labeled hardwood forest. *New Phytologist*, 172: 523–535.
- Kacar, B., 2009. Toprak analizleri (ikinci baskı). Nobel yayın no: 1387, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kadıoğulları, A. İ., Başkent, E. Z., Bingöl, Ö., Sayın, M. A., 2013. Orman kaynaklarının planlanmasında konumsal yapının kontrolü: Honaz planlama birimi örneği. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50.Yılı Uluslararası Sempozyumu, Kasım (26-28 Kasım 2013), 516-528, Antalya, TURKEY.

- Kahmen, A., Perner, J., Buchmann, N., 2005. Diversity dependent productivity in semi natural grasslands following climate perturbations. *Functional Ecology*, 19, 594-601.
- Kalay, Z., 1989. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü mıntkasında saf doğu ladini (dorukağaç) (*Picea orientalis (L.) Link*) büklerinin gelişimi ile bazı toprak özelliklerinin ve fizyografik etmenler arasındaki ilişkilerin denel olarak araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Doçentlik Tezi (X+151 Sayfa).
- Kantarcı, M. D., 1972-1. Belgrad ormanında toprakların oluşum ve gelişimleri üzerine etkili faktörler, genetik toprak tipleri ve bunların genetik toprak sistematiğindeki yerleri İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, seri A, cilt 22, sayı 1 (215-293), İstanbul.
- Kantarcı, M. D., 1973. Orman ağaçlarının kök profillerinin açılması. İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, 23, (2), 98-107.
- Kantarcı, M. D., 1974. Trakya’da bir orman köyü çevresinde, ormanın mera ve tarlaya dönüştürülmesi ile orman toprağının bazı özelliklerinde meydana gelen değişiklikler. İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 14, Sayı 1:191-217.
- Kantarcı, M. D., 1979. Aladağ kütlesinin (Bolu) aklanındaki Uludağ Göknarı ormanlarındaki yükselti iklim kuşaklarına göre bazı ölü örtü ve toprak özelliklerinin analitik olarak araştırılması. İstanbul Üniversitesi Yayınları, No: 2634, Orman Fakültesi Yayınları, No:274, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Kantarcı, M. D., 1979a. Ilıman iklim koşullarında silikat anataşından oluşan toprakların yıkanma ve birikme horizonlarının analitik olarak incelenmesi. İstanbul Üniversitesi. *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 29, Sayı 1:14-53.
- Kantarcı, M. D., 1983. Ağaçlandırma alanında uygulanan arazi hazırlığı ve toprak işleme yöntemlerinin toprak özellikleri ve sahil çamı fidanlarının gelişimi üzerine etkileri. İstanbul Üniversitesi. *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 33, Sayı 2:104-140.
- Kantarcı, D., 2000. Toprak ilmi ders kitabı, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları.
- Kara, Ö., 2002. Kuzey Trakya dağlık yetişme ortamı bölgesinde kayın, meşe, karaçam ormanlarındaki toprak mikrofunguslarının mevsimsel değişimi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekoloji, Doktora Tezi (XII+140 sayfa).
- Karabürk, T., 2011. Bartın ili göknar meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlemesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın,173 s.

- Karaöz, M. Ö., 1988. Belgrad Ormanı'nda bazı iğne yapraklı ve geniş yapraklı orman ekosistemlerinin önemli edafik özellikleri ile bitkisel kütle karakteristikleri bakımından karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji, Doktora Tezi (VII+203 Sayfa).
- Karatepe, Y., 2004. Gölcük (Isparta)'te karaçam (*Pinus nigra Arn. ssp. pallasiana (Lamb) Holmboe*) meşcerelerinin topraklarındaki toplam azot ve organik karbon ile ölü örtülerindeki toplam azot ve organik madde miktarlarının araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 2:1-16.
- Karjalainen, T., Pussinen, A., Liski, J., Nabuurs, G. J., Eggers, T., Lapvetelainen, T., Kaipainen, T., 2003. Scenario analysis of the impacts of forest management and climate change on the European forest sector carbon budget. *Forest Policy and Economics*, 5: 141-155.
- Katalin, J., László, T., 2012. Carbon content of the biomass of vineyards and orchards in Hungary, Corvinus University of Budapest, Faculty of Horticultural Science, Department of Soil Science and Water Management.
- Kauppi, P. E., Mielikainen, K., Kusela, K., 1992. Biomass and carbon budget of European forests, 1971 to 1990. *Science*, 256, 70-74.
- Keleş, S., Kadioğulları, A. İ., 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*, 06/2012; 7:125-133.OI:10.1080/1747423X.2010.537789.
- Keller, F., Fuhrer, J., 2004. Die Landwirtschaft und der Hitzesommer 2003. *Agrarforschung*, 11, 403- 410.
- Kendir, H., 1999. Ayaş (Ankara)'ta doğal bir meranın bitki örtüsü, yem verimi ve mera durumu. *Tarım bilimleri dergisi*, 1999, 5 (1), 104-110.
- Keyes, M. R., Grier, C. C., 1981. Above and below ground net production in 40 year old Douglas fir stands on low and high productivity sites. *Canadian Journal of Forest Research*, 11: 599-605.
- Kırış, K., 2009. Gümüşhane Torul yöresi saf sarıçam meşcerelerinde kalın kök kütlesi değişiminin ve bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı. Artvin.
- Kinyamario, J. I., Imbamba, S. K., 1992. Savanna at Nairobi National Park, Kenya, pp. 25-69. IN: Long, S.P., M.B. Jones, and M.J. Roberts (eds.). Primary productivity of grass ecosystems of the tropics and sub-tropics. Chapman and Hall, London. 267 pp.
- Kirschbaum, M. U. F., 2004. Soil respiration under prolonged soil warming: are rate reductions caused by acclimation or substrate loss. *Global Change Biology*, 10, 1870-1877.

- Kleemola, J., Teitinnen, M., Karvonen, T., 1996. Modelling crop growth and biomass partitioning to shoots and roots in relation to nitrogen and water availability, using a maximization principle. *Plant and Soil*, vol. 185, 101–111.
- Koçer, N., Ünlü, A., 2007. Doğu Anadolu Bölgesinin biyokütle potansiyeli ve enerji üretimi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
- Koçyiğit, R., 2004. Carbon dynamics in tallgrass and wheat ecosystems. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 141-153.
- Kogan, F., Stark, R., Gitelson, A., Jargalsaikhan, L., Dugrajav, C., Tsooj, S., 2004. Derivation of pasture biomass in Mongolia from AVHRR based vegetation health indices. *International Journal of Remote Sensing*, 25(14), pp.2889-2896.
- Koh, S. D., 2002. Ecological studies on the community structure and productivity of Quercus Forests of Munjangdae valley in Mt. Sokni. *Scientific and Educational Bulletin*, 18: 33-43.
- Koyuncu, H., 1994. Jeolojik Uzaktan Algılama Kursu Ders Notları, Kocaeli, 150 s.
- Körner, C., 2002. Grassland in CO₂ enriched world. *Grassland Science in Europe*, 7, 611 – 624.
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T., Potvin, C., 2003. Carbon storage of harvest age teak (*Tectonia grandis*) plantations, Panama, *Forest Ecology and Management*, 173, 213-225.
- Krankina, O. N., Harmon, M. E., Winjum, J. K., 1996. Carbon storage and sequestration in the Russian forest sector. *Ambio*, 25, 284–288.
- Kumar, R., Pandey, S., Pandey, A., 2006. Plant roots and carbon sequestration. *Current Science*, 9: 885-890.
- Kurz, W. A., Apps, M. J., 1993. Contribution of northern forests to the global carbon cycle: Canada as a case study. *Water, Air and Soil Pollution*, 70, 163–76.
- Kutsch, W. L., Aubinet, M., Buchmann, N., Smith, P., Osborne, B., Eugster, W., Wattenbach, M., Schrumpf, M., Schulze, E. D., Tomelleri, E., Ceschia, E., Bernhofer, C., Beziat, P., Carrarai, A., Di Tommasi, P., Grunwald, T., Jones, M., Magliulo, V., Marloie, O., Moureaux, C., Olioso, A., Sanz, M. J., Saunders, M., Søgaard, H., Ziegler, W., The net biome production of full crop rotations in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, 336–345, 2010.
- Küçük, M. 2006. Genç karaçam meşçerelerinde yangının toprak solunumu, kök kütlesi ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 25 s. Artvin, 2006.
- Lal, R., Kimble, J. M., 1997. Conservation tillage for carbon sequestration. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49:243-253.

- Lal, R., Kimble, J., Follent, R. F., Stewart, B. A., 1995. World soils as a source or sink for radiatively active gases. In: Lal, R., Stewart, B. A., Soil management and greenhouse effect, pp1-8 Lewis publishers, boca raton, FL, USA.
- Lal, R., Kimble, J., Stewart, B. A., 1998. Land use and C pools in terrestrial ecosystems. In: Lal, R., Stewart, B. A., Management of carbon sequestration in soil, pp1-10 CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Lal, R., 2002. The potential of soils of the tropics to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Advances in Agronomy*, 76: 1-30.
- Lal, R., Sobecki, T., Iivari, T., Kimble, J. M., 2003. Soil degradation in the U.S. CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL., 204 pp.
- Lal, R., 2005. Forests soil and carbon sequestration. 220: 242-258.
- Lales, J. S., Lasco, R. D., Geronimo, I. Q., 2001. Carbon storage capacity of agricultural and grasslands ecosystems in a geothermal block. *The Philippine Agricultural Scientist*, 84(1): 8-18.
- Lasco, R. D., Pulhin, F. B., Cruz, R. V. O., Pulhin, J. M., Roy, S. S. N., 2005. Environmental forestry programme, College of Forestry and Nature Resources University of the Philipines, College, 4031 Laguna Philippine. [www.aiaccproject. rg/workingpapers/ working%20Papers].
- Laswai, F. F., 2011. Carbon storage potential of grassland ecosystems in the eastern Arc Mountains: A case study of Udzungwa Mountains, Tanzania. A dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of master of science in forestry of the Sokoine University of Agriculture. Morogoro, Tanzania.
- Lauenroth, W. K., Dodd, J. L., 1978. The effects of water- and nitrogen induced stresses on plant community structure in a semiarid grassland. *Oecologia*, 36, 211-222.
- Lehtonen, A., Mäkipä, R., Heikkinen, J., Sievänen, R., 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.
- Lehtonen, A., 2005. Estimating foliage biomass for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) plots. *Tree Physiology*, 25: 803-811.
- Lee, S. H., Jang, R. H., Cho, K. T., You, Y. H., 2015. Budget and distribution of organic carbon in *Quercus serrata* Thunb. ex Murray forest in Mt. Worak. *Journal of Ecology Environment*, 38(4): 425-436, 2015
- Leuschner, C., Hertel, D., Schmid, I., Koch, O., Muhs, A., Hölcher, D., 2004. Stand fine root biomass and fine root morphology in old growth beech forests as a function of precipitation and soil fertility. *Journal of Plant and Soil*, 258, (1), 43-56.

- Levy, P. E., Hale, S. E., Nicoll, B. C., 2004. Biomass expansion factors and root: shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. *Forestry*, 77: 421-430.
- Lin, K. C., Duh, C. T., Huang, C. M., Wang, C. P., 2006. Estimate of coarse root biomass And nutrient contents of trees in a subtropical broadleaf forest in Taiwan. *Journal of Forest Science*, 21(2), 155-66.
- Linder, S., 1998. NPP Boreal Forest: Flakaliden, Sweden, 1986-1996. Data set. Available on-line [<http://daac.ornl.gov>] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Linder, S., Axelsson, B., 1982. Changes in carbon uptake and allocation patterns as a result of irrigation and fertilization in a young *Pinus sylvestris* stand, pp. 38-44. In: Waring, R.H. (ed.). Carbon Uptake and Allocation in Subalpine Ecosystems as a Key to Management. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.
- Liski, J., Karjalainen, T., Pussinen, A., Nabuurs, G. J., Kauppi, P., 2000. Trees as carbon sinks and sources in the European Union. *Environmental Science and Policy*, 3: 91-97.
- Liu, D., Liu, X., Liu, Y., Li, L., Pan, G., Crowley, D., Tippkötter, R., 2011. Soil organic carbon (SOC) accumulation in rice paddies under long-term agro-ecosystem experiments in southern China – VI. Changes in microbial community structure and respiratory activity, *Biogeosciences Discuss.*, 8, 1529–1554, doi:10.5194/bgd-8-1529-2011.
- Long, J. N., Turner, J., 1975. Above ground biomass of understory and overstorey in an age sequence of four Douglas fir stands. *Journal of Applied Ecology*, 12: 179–188.
- Lowe, H., Seufert, G., Raes, F., 2000. Comparison of methods used within member states for estimating CO₂ emissions and sinks according to UNFCCC and EU monitoring mechanism: forest and other wooded land. *Biotechnologie, Agronomie, Societe et Environment*, 4.
- Lu, D., 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *International Journal of Remote Sensing*, 27: 1297-1328.
- Luo, T., Brown, S., Pan, Y., Shi, P., Ouyang, H., Yu, Z., Zhu, H., 2004. Root biomass long subtropical to Alpine gradients: global implication from tibetian transect studies. *Journal of Forest Ecology and Management*, 206, 349-363.
- Lüscher A., Hendrey, G. R., Nosberger, J., 1998. Long term responsiveness to free CO₂ enrichment of functional types, species and genotypes of plants from fertile permanent grassland. *Oecologia*, 113, 37 – 45.
- Maass, J. M., Voseb, J. M., Swank, W. T., Martinez-Yrizar, A., 1995. Seasonal changes of leaf area index (LAI) in a tropical deciduous forest in west Mexico. *Forest Ecology and Management*, 74: 171-180.

- Machado, S., Rhinhart, K., Petrie, S., 2006. Long term cropping system effects on carbon sequestration in eastern Oregon. *Journal of Environmental Quality*, 35: 1548 – 1553.
- Makineci, E., 1999. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi araştırma ormanındaki baltalıkların koruya dönüştürülmesi işlemlerinin ölü örtü ve topraktaki azot değişimine etkileri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji, Doktora Tezi (XXIV+213 Sayfa).
- Makkonen, K., Helmisaari, H. S., 2003. Fine root biomass and production in Scots pine stands in relation to stand age. *Tree Physiology*, 21, 193-198.
- Malhi, S. S., Lemke, R., Wang, Z. H. Chhabra, B. S., 2006. Tillage, nitrogen and crop residue effects on crop yield, nutrient uptake, soil quality, and greenhouse gas emissions. *Soil and Tillage Research*, 90, 171-183.
- Masera, O. R., Ordonez, M. J., Dirzo, R., 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change*, 35, 265–295.
- Masera, O. R., Ceron, A. D., Ordonez, A., 2001. Forestry mitigation options for Mexico: finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns. Mitigation Adaptation Strategies. *Global Change*, 6, 291–312.
- Masera, O. R., Garza Caligaris, J. F., Kanninen, M., Karjalainen, T., Liski, J., Nabuurs, G. J., Pussinen, A., de Jong B. H. J., Mohren, G. M. J., 2003. Modeling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO₂ FIX V.2 approach. *Ecological Modeling*, 164, 177-199.
- Meersmans, J., van Wesemael, B., De Ridder, F., Fallas Dotti, M., De Baets, S., van Molle, M., 2009. Changes in organic carbon distribution with depth in agricultural soils in northern Belgium, 1960-1990. *Global Change Biology*, 15: 2739–2750.
- Mei, L., Wang, Z., Han, Y., Gu, J., Wang, X., Cheng, Y., Zhang, X. J., 2006. Distribution patterns of fraxinus mandshurica root biomass, specific root length and root length density. *Journal of Applied Ecology*, 17 (1), 1-4.
- Melillo, J. M., Kicklighter, D., McGuire, A., Peterjohn, W., Newkirk, K., 1995. Global change and its effects on soil organic carbon stocks. In: Dahlem conference proceedings, John Wiley and Sons, New York, pp 175–189.
- Menaut, J. C., Cesar, J., 1979. Structure and primary productivity of Lamto savannas, Ivory Coast. *Ecology*, 60: 1197-1210. doi:10.2307/1936967.
- Mery, G., Kanninen, M., 1999. Forest plantations and carbon sequestration in Chile. In: Palo, M., (Ed.), Forest Transitions and carbon fluxes, global scenarios and policies. World development studies 15. United Nations University, World

- Institute for Development Economy Research (UNU/WIDER), pp. 74–100, Helsinki.
- Metherell, A. K., 2003. Management effects on soil carbon storage in New Zealand pastures. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 65: 259-264.
- Mısır, M., 2001. Çok amaçlı orman amenajman planlarının coğrafi bilgi sistemlerine dayalı olarak Amaç programlama yöntemi ile düzenlenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mısır, M., Seçil, E., Sinem, Ş., 2013. Karbon depolama fonksiyonunun orman amenajman planına aktarılması. Ormanlıkta sektörel planlamanın 50. Yılı uluslararası sempozyumu bildiriler kitabı, 26-28 Kasım 2013/ANTALYA.
- Millikin, C. S., Bledsoe, C. S., Tecklin, J., 1997. Woody root biomass of 40 to 90 year old Blue Oaks (*Quercus Douglasii*) in Western Sierra Nevada Foothills. Symposium on Oak Woodlands: Ecology, management and urban interface issues.
- Mills, A. J., Cowling, R. M., 2009. Below ground carbon stocks in intact and transformed subtropical thicket landscapes in semi arid South Africa. *Journal of Arid Environments*, 74: 93 – 100.
- Ministry for the Environment., 2013. New Zealand's greenhouse gas inventory 1990-2011 (pp. 424). Wellington, New Zealand.
- Mirici, E. M., Berberoğlu, S., Çilek, A., 2015. Karasal karbon depolama kapasitesinin orman düzeyinde tahmin edilmesi amacıyla geomatik teknolojilerden yararlanılması. *Electronic Journal of Map Technologies*, Vol: 7, No: 3, 2015 (21-33).
- Mlambo, D., Mwenje, E., Nyathi, P., 2007. Effects of tree cover and season on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in an African savanna woodland dominated by *Colophospermum mopane*. *Journal of Tropical Ecology*, 23, 437–448.
- Mohren, G. M. J., 1987. Simulation of forest growth, applied to Douglas fir stands in the Netherlands. 184 pp., Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Montzka, S., 2011. Small interannual variability of global atmospheric hydroxyl. *Science*, 331, 67–69.
- Morami, F., Lugato, E., Berti, A., Giardini, L., 2006. Long term effects of recommended management practices on soil carbon changes and sequestration in north eastern Italy. *Soil Use Management*, 22, 71–81.
- Morrison, I. K., Foster, N. W., 2001. NPP Boreal Forest: Mississagi, Canada, 1970-1973. Data set. Available on-line [http://daac.ornl.gov] from Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center, Oak Ridge, Tennessee, USA.

- Munishi, P. K. T., 2001. The Eastern Arc Mountains forests of Tanzania: Their role in biodiversity and water resources conservation and net contribution to atmospheric carbon. PhD Thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC USA. p. 128.
- Nabuurs, G. J., Paivinen, R., Sikkema, R., Mohren, G. M. J., 1997. The role of European forests in the global carbon cycle a review. *Biomass Bioenerg*, 13: 345-358.
- Nakakaawa, A. C., Vedeld, O. P., Aune, J. B., 2011. Spatial and temporal land use and carbon stock changes in Uganda: implications for a future REDD strategy. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 16: 25–62.
- Nicholson, S. E., Davenport, M. L., Malo, A. R., 1990. A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and East Africa, using normalized difference vegetation index from NOAA AVHRR. *Climate Change*, 17, 209– 241.
- Nordhaus, W. D., 1991. To slow or not to slow: The economics of the greenhouse effect. *The Economics Journal*, 101: 920-937.
- Nosetto, M. D., Jobbagy, E. G., Paruelo, J. M., 2006. Carbon sequestration in semi arid rangelands: Comparison of *Pinus ponderosa* plantations and grazing exclusion in NW Patagonia, *Journal of Arid Environment*, 67, 142–156.
- O'Brien, N. D., Attiwill, P. M., Weston, C. J., 2003. Stability of soil organic matter in Eucalyptus regnans forests and *Pinus radiata* plantations in South eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 185, 249-261.
- Ochi, S., Murai, S., 1999. Analysis of relationship between NPP and population carrying capacity for major river basins in Asia. *In Proceedings of 9th SEIKEN Forum*, Global Environment Monitoring from Space.
- Oğuz, İ., Acar, M., 2011. Tokat Kazova koşullarında farklı arazi kullanım türlerinin bazı toprak özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011, 28(2), 171-178.
- Ordóñez, J. A. B., de Jong, B. H. J., García Oliva, F., Avina, F. L., Perez, J. V., Guerrero, G., Martinez, R., Masera, O., 2008. Carbon content in vegetation, litter, and soil under 10 different land use and land-cover classes in the Central Highlands of Michoacan, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 255 (2008) 2074–2084.
- Ostonen, I., Löhmus, K., Pajuste, K., 2005. Fine root biomass and its proportion of NPP in a fertile middle aged Norway spruce forest: comparison of soil core and ingrowth core methods. *Forest Ecology Management*, 212: 264-277.
- Özbayram, A., 2006. Farklı arazi kullanımlarının toprak solunumuna olası etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 29 s, Artvin.

- Özdemir, İ., Mert, A., 2007. Düzlerçamı kızılçam ormanında Quickbird uydu verileri kullanarak gövde hacminin tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2007, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 107-118.
- Özdemir, Y. S., 2011. Ardahan Yalnızçam ve merkez yöresinde saf sarıçam meşcerelerinin toprak özelliklerinin belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Özhan, S., 1977. Belgrad ormanı Ortadere yağış havzasında ölü örtünün hidrolojik bakımdan önemli özelliklerinin bazı yöresel etkenlere göre değişimi. İstanbul Üniversitesi. Yayın No. 2330 Orman Fakültesi Yayın No 235, İstanbul.
- Özkan, K., 2003. Beyşehir gölü havzasının yetişme ortamı özellikleri ve sınıflandırılması. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak İlmi ve Ekoloji, Doktora Tezi (XVI+189 sayfa).
- 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 62 s, Artvin.
- Özkaynak, İ., Mülayim, M., Tamkoç, A., Acar, R., Soylu, S., 1994. Çomaklı çiftliği merasında vejetasyon etüdü. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (7), 50-62, Konya.
- Öztürk, K., 2002. Global climatic changes and their probable effect upon Turkey. Gazi Üniversitesi, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65.
- Özüdoğru, M. Ü., 2000. Çayır ve meraların önemi. Orman Bakanlığı, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Teknik Bülteni, Sayı: 79, 6-8, Kasım-Aralık 2000, Ankara.
- Padwick, C., Deskevich, M., Pacifici, F., Smallwood S., 2010. WorldView-2 pan-sharpening, ASPRS 2010, San Diego, California.
- Page, S. E., Sieşert, F., Rieley, J. O., Boehm Hans Dieter, V., Jaya, A., 2002. The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997. *Nature*, 420: 61-65.
- Pandey, C. B., Singh, J. S., 1992. Rainfall and grazing effects on net primary production in a tropical savanna, India. *Ecology*, 73, 2007-2021.
- Park, I. H., Moon, G. S., 1994. Biomass, net production and biomass estimation equations in some natural Quercus forests. *Journal of Korean Forest Society*, 83: 246-253.
- Park, G. S., Lee, S. W., 2002. Biomass and net primary production of Quercus serrata natural stands in Kwangyang, Muju and Pohang areas. *Journal of Korean Forest Society*, 91: 714-721.

- Parlak, M., Fidan, A., Kızılcık, İ., Koparan, H., 2008. Eceabat ilçesi (Çanakkale) tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 2008, 14 (4) 394-400 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Paustian, K., Six, J., Elliot, E. T., Hunt, H. W., 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, 48, 147- 163.
- Pebler, C., 2012. Carbon storage in Orchards. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Peichl, M., Arain, M. A., 2007. Allometry and partitioning of above and below ground tree biomass in an age sequence of White Pine Forests. *Forest Ecology and Management*, 253, 68-80.
- Persson, H. A., 1983. The distribution and productivity of fine root in boreal forests. *Plant and soil*, 71: 87-101.
- Peterson, G. A., Halvorson, A. D., Havlin, J. L., 1998. Reduced tillage and increasing cropping intensity in the Great Plains conserves soil C. *Soil Till Research*, v.47, p.207-218, 1998.
- Pettersson, H., Holm, S., Ståhl, Ş., Alşer, D., Fridman, J., Lethonen, A., Lundström, A., 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.
- Petit, J., 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core in Antarctica. *Nature*, 429-436.
- Post, W. M., Peng, T. H., Emanuel, W. R., King, A. W., Dale, V. H., Angelis, D. L., 1990. The global carbon cycle. *American Science*, 78, pp 310–326.
- Post, W. H., Kwon, K. C., 2000. Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential. *Global change Biology*, 6: 327-327.
- Pregitzer, K. S., Deforest, J. L., Burton, A. J., Allen, M. F., Ruess, R. W., Hendrick, R. L., 2002. Fine root architecture of nine Northern American trees. *Ecological Monographs*, 72 : 293-309.
- Prentice, I. C., Farquhar, G. D., Fasham, M. J. R., Heimann, M. L., Jaramillo, V. J., Kheshgi, H. S., 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide, in climate change 2001: The scientific basis, edited by Houghton, J. T., pp. 183 – 237, *Cambridge University Press*, Cambridge, U. K.
- Prince, S. D., Olson, R. J., Dedieu, G., Esser, G., Cramer, W., 1995. Global primary production (land) data initiative: project description. IGBP DIS, Paris, France.
- Privette, J. L., 1995. Effects of orbital drift on advanced very high resolution radiometer products: NDVI and sea surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, Vol.53, pp.164-171.

- Quideau, S. A., Graham, R. C., Chadwick, O. A., Wood, H. B., 1998. Organic carbon sequestration under chapparal and pine after four decades of soil development, *Geoderma*, 83, 227-242.
- Rademacher, J. A., 2004. Forest structure and carbon allocation within and between two northern mixed hardwood edges, Masters Thesis, University of Toledo.
- Rahmstorf, S., Ganopolski, A., 1999. Long term global warming scenarios computed with an efficient coupled climate model. *Climatic Change*, 43, 2, 353-367.
- Raich, J. W., Nadelhoffer, K. J., 1989. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends. *Ecology*, 70: 1346-1354.
- Rasse, D. P., Dignac, M. F., Bahri, H., Rumpel, C., Mariotti, A., Chenu, C., 2006. Lignin turnover in an agricultural field: from plant residues to soil-protected fractions. *European Journal of Soil Science*, 57:530-538.
- Ravindranath, N. H., Somaskehar, B. S., Deying, X., Makundi, W., Sathaye, J. A., 1992. Carbon emissions and sequestration in forests: case studies from seven developing countries, Volume 3: India and China. - Report Number: LBL-32759.
- Ravindranath, N. H., Ostwald, M., 2008. Methods for estimating above ground biomass. In N. H. Ravindranath, and M. Ostwald, Carbon Inventory Methods: Hand book for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and round wood production projects. *Springer Science, Business Media*, B.V 113-14.
- Reeves, M. C., Winslow, J. C., Running, S. W., 2001. Mapping weekly rangeland vegetation productivity. *Journal of Range Management*, 54(suppl):A90–A105.
- Rencz, A. N., 1976. The level and distribution of biomass and nutrients in a subarctic lichen woodland. Master Thesis, Biology Department, McGill Univ., Montreal, Que. Canada.
- Richter, A., Burrows, J. P., Nüß, H., Granier, C., Niemeier, U., 2005. Increase in tropospheric nitrogen dioxide over China observed from space, *Nature Letters*, 437, 129–132, doi:10.1038/nature04092.
- Risser, P. G., Kennedy R. K., 1972. Herbage dynamics of a tallgrass prairie, Osage, 1971. US/IBP Grassland Biome Technical Report No. 173. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Risser, P. G., Birney, E. C., Blocker, H. D., May, S. W., Parton, W. J., Wiens, J. A., 1981. The true prairie ecosystem. US/IBP Synthesis 16. Hutchinson Ross, Stroudsburg. 557 pp.
- Robertson, G. P., Dale, V. H., Doering, O. C., Hamburg, S. P., Melillo, J. M., Wander, M. M., Parton, W. J., Adler, P. R., Barney, J. N., Cruse, R. M., Duke, C. S., Fearnside, P. M., Follett, R. F., Gibbs, H. K., Goldemberg, J., Mladenhoff, D. J., Ojima, D., Palmer, M. W., Sharpley, A., Wallace, L., Weathers, K. C., Wiens, J. A., Wilhelm, W. W., 2008. Sustainable biofuels redux. *Science*, 322, 49-50.

- Robertson, G. P., Hamilton, S. K., Del Grosso, S. J., Parton, W. J., 2011. The biogeochemistry of bioenergy landscapes: carbon, nitrogen, and water. *Ecological Application*, (in press).
- Rogers, H. H., Prior, S. A., Runion, G. B., Mitchell, R. J., 1996. Root to shoot ratio of crops as influenced by CO₂. *Plant and Soil*, 187, 229-248.
- Roy, P. S., Ravan, S. A., 1996. Biomass estimation using satellite remote sensing data. An investigation on possible approaches for natural forest. *Journal of Biosciences*, Vol. 21, Number 4, June 1996, pp 535-561. Printed in India.
- Ryan, L., 2014. Measuring and monitoring changes in soil organic carbon accurately. Factsheet of the Department of Agriculture and Food, Western Australia.
- Sabaté, S., Gracia, C., Vayreda, J., Ibáñez, J., 2008. Differences among species in above ground biomass expansion factors in Mediterranean forests. Working paper.
- Sala, O. E., Biondini, M. E., Lauenroth, W. K., 1988. Bias in estimates of primary production: an analytical solution. *Ecological Modelling*, 44: 43-55.
- Sala, O. E., Golluscio, R. A., Lauenroth, W. K., Soriano, A., 1989. Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe. *Oecologia*, 81: 501-505.
- Sala, O. E., 2008. Productivity of temperate grasslands. Terrestrial global productivity. Edited by Roy, J., San Diego, CA, Academic, 2008.
- Sampson, R. N., Apps, M., Brown, S., 1993. Workshop summary statement: terrestrial biospheric carbon fluxes quantification of sinks and sources of CO₂. *Water, Air, and Soil Pollution*, 70: 3 - 15.
- San Jose, J. J., Montes, R., Nikonova Crespo N., 1991. Carbon dioxide and ammonia exchange in the Trachypogon savannas of the Orinoco Llanos. *Annals of Botany*, 68, 321-328.
- Santantonio, D., Hermann, R. K., Overton, W. S., 1977. Root biomass studies in forest ecosystems. *Pedobiologia*, 17:1-31.
- Santantonio, D., 1979. Seasonal dynamics of fine roots in mature stands of Douglasfir of different water regimes a preliminary report. *In Root Physiology and Symbiosis*, Proc. of IUFRO, Sept. 11-15, 1978, Nancy, France (in press).
- Saraçoğlu, Ö., 1989. Değişik yaşlı göknar meşçerelerinde bonited ve yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 39, Sayı 2, İstanbul.
- Saraçoğlu, N., 1992. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) Biyokütle Tabloları. Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.

- 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.
- Saraçoğlu, N., 2008. Biyokütleden enerji üretiminde enerji ormancılığının önemi. VII. *Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 265-271.
- Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., 2001. Spatial distribution of regional whole tree carbon stocks and fluxes of forests in Europe. Wageningen, Alterra, Green World Research, Alterra-rapport 300, pp. 44.
- Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., KogelKnaber, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, S., Trumbore, S. E., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49-56.
- Scholefield, D., Jarvis, S. C., Brown, L., Del Prado, A., Hopkins, A., Cardenas, L., 2005. Feedback and feed forward interactions between climate change and grassland based agriculture. Institute of Grassland and Environmental Research, North Wyke, Okehampton, Devon. [<http://www.slu.se/Global/externwebben/nlfak/axtproduktionsekologi/DokPublikation/VPE%20Report/VPE%20report%20No%207.pdf>].
- Schroeder, P., Brown, S., Mo, J., Birdsey, R., Cieszewski, C., 1997. Biomass estimation for temperate broad leaf forests of the United States using inventory data. *Journal of Forest Science*, 43, 424-434.
- Schimmel, D., Enting, I. G., Heimann, M., Wigley, T. M. L., Raynaud, D., Alves, D., Siegenthaller, U., 1995. CO₂ and the carbon cycle. In: Radiative forcing of climate change. IPCC Working Group I, and Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Scurlock, J. M. O., Hall, D. O., 1998. The global carbon sink: A grassland perspective. *Global Change Biology*, 4, 229 – 233.
- Seaquist, J. W., Olsson, L., Ardö, J., 2003. A remote sensing based primary production model for grassland biomes. *Ecological Modeling*, 169, pp.131-155.
- Sevgi, O., 1993. Demirköy granit arazisinde orman altında ve ormandan açılmış alanlarda toprak özellikleri. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekoloji, Yüksek Lisans Tezi (VIII+83 sayfa).
- Sevgi, O., 2003. Bayramiç işletmesinde (Kaz Dağları) karaçam'ın (*Pinus nigra Arnold.*) yükseltiye göre beslenme büyüme ilişkileri. İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlmi ve Ekoloji, Doktora Tezi (XV+221 sayfa).

- Shah, S., Iqbal, J., Ahmad, A., Khan, A., 2015. Soil organic carbon stock estimation in range lands Kumrat Dir Kohistan KPK Pakistan. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, Vol 7 (11), pp. 277-288.
- Sims, P. L., Siqh, J. S., Lauenroth, W. K., 1978. The structure and function of ten western North American Grasslands. I. Abiotic and vegetational characteristics. *Journal of Ecology*, 66:251-285.
- Singh, J. S., Yadava, P. S., 1974. Seasonal variation in composition, plant biomass and net primary productivity of a tropical grassland at Kurukshetra, India. *Ecological Monographs*, 44: 351-376.
- Singh, B. R., Lal, R., 2006. Ecosystem carbon budgeting and soil carbon sequestration in reclaimed mine soil. *Journal of Environment International*, 32 (6):781-796.
- Sivrikaya, F., Keleş, S., Çakır, G., 2007. Spatial distribution and temporal change of carbon storage in timber biomass of two different forest management units. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132:429-438.
- Sivrikaya, F., Bozali, N., 2012. Karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi: Türkoğlu planlama birimi örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 14 Özel Sayı 69 - 76.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E., Combrink, C., 2000. Soil structure and organic matter I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Science Society of America*, 64, 681–689.
- Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., De Gryze, S., Morris, S.J., Gregorich, E. G., Paul, E. A., Paustian, K., 2002a. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society of America Journal*,. 66, 1981-1987.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H. H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, R.J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. U., 2007a. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society*,363. doi:10.1098/rstb. 2007.2184.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H. H., Kumar, P., McCarl, B. A., Ogle, S. M., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, R. J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U. A., Towprayoon, S., 2007b. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, pp. 6-28.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., Smith, J., 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences*, 363(1492), 789- 813.
- Soethe, N., Lehmann, J., Engels, C., 2004. Predicting coarse root biomass from branching patterns of native tree species in a tropical mountain forest in South

- Ecuador. 4th International workshop on functional structural plant models, short presentations session 1, 7-11, Montpellier, France Edited By Etal, C. G.
- Sombroek, W. G., Nachtergaele, F. O., Hebel, A., 1993. Amounts, dynamics and sequestrations of carbon in tropical and subtropical soils. *Ambio*, 22, 417–426.
- Soussana, J. F., Allard, V., Pilegaard, K., Ambus, P., Amman, C., Campbell, C., Ceschia, E., Clifton, B. J., Czobel, S., Domingues, R., Flechard, C., Fuhrer, J., Hensen, A., Horvath, L., Jones, M., Kasper, G., Martin, C., Nagy, Z., Neftel, A., Raschi, A., Baronti, S., Rees, R. M., Skiba, U., Stefani, P., Manca, G., Sutton, M., Tuba, Z., Valentini, R., 2007. Full accounting of the greenhouse gas (CO₂, N₂O, CH₄) budget of nine European grassland sites. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 121, 121–134, 2007.
- Sparling, G. P., Wheeler, D., Vesely, E. T., Schipper, L. A., 2006. What is soil organic matter worth. *Journal of Environmental Quality*, 35, 548–557.
- Steinaker, D. F., Wilson, S. D., 2005. Below ground litter contributions to nitrogen cycling at a northern grassland forest boundary. *Ecology*, 86:2825–2833.
- Stypiński, P., Mastalerczuk, G., 2005a. Effect of management intensity on sward productivity and root mass of a permanent meadow. *Grassland Science in Europe*, 10, 441–444.
- Stypiński, P., Mastalerczuk, G., 2005b. The carbon and nitrogen balance on grassland due to management intensity. *Agronomijas Vēstis*, 8, 290 – 294.
- Stypinski, P., Mastalerczuk, G. Sienkiewicz-Paderewska, D., 2006. Grassland production, biodiversity and stability in Grassland part of mountains agriculture and landscape. GMARI Banska Bystica, Slovakia, pp. 186–191.
- Sun, O., Uğurlu, S., Özer, E., 1980. Kızılcım (*Pinus brutia Ten.*) türüne ait biyolojik kütleinin saptanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 104. 32 s. Ankara.
- Surur, K., Alireza, K., Mehdi, N. M., Reza, K., Reza, G., 2013. Evaluation of carbon sequestration potential in corn fields with different management systems, *Soil and Tillage Research*, 133 (2013) 25–31.
- Süzer, S., 2004. Buğday hasadının önemi. *Hasad Bitkisel Üretim Dergisi*, 289: 17-25.
- Tan, C. H., Shih, S. F., 1997. Using NOAA satellite thermal infrared data for evapotranspiration estimation in South Florida. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, Vol.56.
- Tanre, D., Holben, B. N., Kaufman, Y. J., 1992. Atmospheric Correction Algorithm for NOAA AVHRR Products: Theory and Application. *IEEE Transaction Geoscience and Remote Sensing*, Vol.30, pp.231-246.
- Tateno, R., Hisni, T., Takeda, H., 2003. Above and below ground biomass and net primary production in a cool temperate deciduous forest in relation to

- topographical changes in soil nitrogen. *Journal of Forest Ecology Management*, Laboratory of forest Ecology, 193(3), 297-306.
- Taylor, A. E., 2005. Quantifying the coarseroot biomass of intensively managed loblolly pine plantations. Graduate Faculty Of North Carolina State University.
- Thevathasan, N. V., Gordon, A. M., 2004. Enhancing carbon (C) sink in agroecosystems using a silvipasture approach. Department of Environmental Biology, University of Guelph. Guelph, Ontario. N1G1W1 [http://www.cpccpp.com/industry/pdf/lei-reports/Gordon_FINAL_Report.pdf] site visited on 23/5/2009.
- Tian, Q., Li, J., Huang, F. H., Li, J., Fei, X. B., 1996. The soil map of China, scale 1:4,000,000, in the database of resources and environment in China (in Chinese), edited by Pei, X. B., Information Systems, Beijing.
- Tiessen, H., Stewart, J., 1983. Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter 2. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions. *Soil Science Society of America Journal*, 47, 509–514.
- Tilman, D., El Haddi, A., 1992. Drought and biodiversity in grasslands. *Oecologia*, 89, 257-264.
- Todd, S. W., Hoffer, R. M., Milchunas, D. G., 1998. Biomass estimation on grazed and ungrazed rangelands using spectral indices. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 19, no. 3, pp.427- 438.
- Tolunay, D., 1992. Aladağ (Bolu) Kartalkaya bölgesinde büyük saha siperinde yetiştirilmiş sarıçam meşcerelerinin toprak özellikleri üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Toprak İlimi ve Ekoloji, Yüksek Lisans Tezi (I+142 Sayfa).
- Tolunay, D., 1997. Aladağ'da (Bolu) sıklık çağındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) meşcerelerinde bakımların madde dolaşımına etkileri. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü 213 s.
- Tolunay, D., 2004. Aladağ'da (Bolu) genç sarıçam meşcerelerinde bakım kesimlerinin ölü örtü ve toprak özelliklerine etkisinin belirlenmesi üzerine araştırmalar (10. yıl sonuçları), İstanbul Üniversitesi, Araştırma Fonu Tarafından Desteklenen Proje, No. 1606/30042001.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2007. Orman topraklarında karbon depolanması ve Türkiye'deki durum. Küresel iklim değişimi ve su sorunlarının çözümünde ormanlar sempozyumu, 13- 14 Aralık 2007, İstanbul.
- Tolunay, D., Çömez, A., 2008. Türkiye ormanlarında toprak ve ölü örtüde depolanmış organik karbon miktarları. Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 2008. 22-25 Ekim 2008, Hatay. 750-765.

- Tolunay, D., 2009. Total carbon stock and carbon accumulation in living tree biomass in Forest Ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35 (2011) 265-279, doi:10.3906/tar-0909-369.
- Tolunay, D., 2010b. Biomass factors and equations for the young Scots pine trees (*Pinus sylvestris L.*) in northwestern Turkey, Unpublished manuscript.
- 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 (2011) 265-279.
- Tolunay, D., 2012. Bolu Aladağ'daki genç sarıçam meşcereleri için oluşturulan bitkisel kütle denklemleri ve katsayıları. *Journal of the Faculty of Forestry*, Istanbul University. 2012, 62(2):97-111.
- Tolunay, D., Öztürk, S., Gürlevik, N., Karakaş, A., Akkaş, M. E., Adıgüzel, U., Taşdemir, C., Aytar, F., 2013. Türkiye ormanlarının sağlık durumu, T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Trenberth, K., Miller, K., Mearns, L., Rhodes, S., 2000. Effects of changing climate on weather and human activities (The global change instruction program) Includes bibliographical references and index. ISBN 1-891389-14-9.
- Tucker, C. J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, pp.127–150.
- Tucker, C. J., Dregne, H. E., Newcomb, W. W., 1991. Expansion and contraction of the Sahara desert from 1980 to 1990. *Science*, 253, pp.299– 301.
- Tucker, F. P., Chen, C., Long, J. A., Lawrence, R. L., Sowell, B. F., 2014. Estimating biomass on CRP pastureland: A comparison of remote sensing techniques. *Biomass and bioenergy*, 66(2014) 268-274.
- Turner, N. C., 2001. Optimizing water use. In: Nosberger, H. A., Struik, P. C., (Eds.). *International Crop Science*, CAB International. Wallingford, UK, pp. 119–135.
- Tüfekçioğlu, A., Raich, J. W., Isenthart, T. M., Schultz, R. C., 1999. Fine root dynamics, coarse root biomass, root distribution, and soil respiration in a multi species riparian buffer in Central Iowa. USA. *Journal of Agroforestry Systems*, 44, 163- 174 (12).
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Altun, L., Kalay, H. Z., Yener, İ., 2002. Kayın Ve ladin meşcerelerinde ince ve kılcak kök biyokütlelerinin karşılaştırılması, II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt II, S. 746-751.
- Tüfekçioğlu, A., Yüksek, T., Kalay, H. Z., 2002. Gümüşhane ili Torul ilçesi yalancı Akasya ağaçlandırmalarının biyokütle ve bazı toprak özellikleri yönünden incelenmesi. *Gümüşhane ve Yöresinin Kalkınması Sempozyumu*, 23-25 Ekim, 2002, Gümüşhane.

- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Küçük, M., 2004. Root biomass and carbon storage in Oriental Spruce and beech stands in Artvin, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 25(1):317-320.
- Tüfekçioğlu, A., Sarıyıldız, T., Güner, S., Küçük, M., 2005a. Artvin, Genya dağı yöresi Doğu Ladini meşcerelerinde kök kütlesi, yıllık ibre dökümü ve toprak solunumu miktarının değişimleri. *Ladin Sempozyumu*, 1, 123-129, Trabzon.
- Tüfekçioğlu, A., Güner, S., Tilki, F., 2005b. Thinning effects on production, root biomass and soil properties in a young Oriental Beech stand in Artvin, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26 (1), Sayfa 1-17.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., 2010. Saf sarıçam meşcerelerinde kök kütlesi, kök üretimi ve kök karbon depolama miktarlarının yaş sınıflarına göre değişimi. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, 3, 1030-1037.
- Tüfekçioğlu, A., Küçük, M., 2010. Saf ve karışık sarıçam meşcerelerinde kalın kök kütlesi miktarı ve bunu etkileyen etmenler. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, 3, 1038-1044.
- Tüfekçioğlu, A., Tükekçioğlu, M., Hacikamiloğlu, İ., Duman, A., Dinç, M., 2015. Artvin ili Yusufeli ilçesinde meraların ve hayvancılığın mevcut durumunun değerlendirilmesi, "Yusufeli barajının ilçeye etkileri, mevcut durum, potansiyel, gelecek ", sayfa 125-152.
- Tükel, T., Hatipoğlu, R., 1987. Çukurova koşullarında farklı azot dozlarının tüylü sakalotu (*H. hirta* L. Stapf)'nun baskın olduğu doğal bir meranın verim ve botanik kompozisyonuna etkisi üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı: 1, Adana.
- Tükel, T., Hatipoğlu, R., Özbek H., Aaldos, C., L., Çeliktaş, N., Kökten, K., 2001. İçel ili Çamlıyayla ilçesinde bulunan sığır yaylasındaki tipik bir Akdeniz orman İçi mera ekosisteminin vejetasyon yapısı ve verim gücünün saptanması üzerinde bir araştırma. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül 2001, 37-42, Tekirdağ.
- Türkeş, M., 2008. Gözlenen iklim değişiklikleri ve kuraklık: nedenleri ve geleceği. *Toplum ve hekim*. Mart - Nisan 2008. Cilt 23 • Sayı 2.
- Uğurlu, S., Araslı, B., Sun, O., 1976. Stebe geçiş yörelerindeki sarıçam meşcerelerinde biyolojik kütlenin saptanması. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 80, 48 s.
- UNDP, 2009. Forest carbon accounting: Overview and principles, UNDP/UNEP CDM capacity development project for Eastern and Southern Africa, Addis Ababa, Ethiopia.
- UN-ECE/FAO, 2006. Global forest resources assessment 2005, global assessment of growing stock, biomass and carbon stock. United Nations Economic

Commission for Europe (Geneva), Food and Agriculture Organization of the United Nations, Forestry Department, Working paper 106/E, Rome, pp. 54.

URL-1. <http://www.climatecentral.org/news/carbon-dioxide-passes-400ppm-milestone-for-first-time-in-modern-human-histo>

URL-2. <https://www.co2.earth/>

URL-3. <https://www.co2.earth/2100-projections>

URL-4. https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87oruh_Nehri

URL-5. <http://www.coruhhavzasi.com/13-proje-uygulama-alanlari-genel.html>

URL-6. <http://www.ekopangea.com/en-hizli-akan-nehir-coruh-nehri/>

URL-7. <http://www.orrbodies.com/resources/item/orr118>

URL-8. <http://www.choruh.com/tr/doga/climatic-regions-and-zones> (22Şubat 2015, 8:00).

URL-9. <http://www.eziraatci.com/turkiyede-arpa-verimi-ne-kadar.html>.

URL-10. <http://www.kappadokiatohum.com/UrunlerDetay.aspx?id=87>

URL-11. <http://rapory.tuik.gov.tr/18-04-2017-15:28:58-11349546941922347181236818535.html>

URL-12. http://www.tarimkutuphanesi.com/KORUNGA_00578.html.

USLU, Ö. S., 2005. Kahramanmaraş ili Türkoğlu ilçesi Araplar Köyü yeniyapan merasında botanik kompozisyonun tespiti ve farklı gübre uygulamalarının meranın verim ve botanik kompozisyonuna etkileri üzerinde araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.

Uzunsoy, M. O., Görelioğlu, E., 1985. Havza ıslahında temel ilke ve uygulamalar. İstanbul Üniversitesi, *Orman Fakültesi Yayınları*, No:3310, O.F. Yay. No: 371, İstanbul.

Ülküdür, M., 2010. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü sedir meşcerelerinin biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. XVI+147 s.

Ünsal, A., 2007. Adana Orman Bölge Müdürlüğü Karaisalı Orman İşletme Müdürlüğü kızılçam biyokütle tablolarının düzenlenmesi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51 s.

Van Camp, N., Vande Walle, I., Mertens, J., De Neve, S., Samson, R., Lust, N., Lemeur, R., Boeckx, P., Lootens, P., Beheydt, D., Mestdagh, I., Sleutel, S.,

- Verbeeck, H., VanCleemput, O., Hofman, G., Carlier, L., 2005. Inventory based carbon stock of Flemish forests: A comparison of Europe.
- Vogt, K. A., Grier, C. C., Gower, S. T., Sprugel, D. G., Vogt, D. J., 1986. Over estimation of net root production: A real or imaginary problem. *Ecology*, 67, 577–579.
- Von Lutzow, M., Kogel Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B., Flessa, H., 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions a review. *European Journal of Soil Science*, 57, 426–445.
- Wallentinus, H. G., 1973. Above ground primary production of a *Juncetum gerardi* on a Baltic sea shore meadow. *Oikos*, 24: 200-219.
- Wang, J., Price, K. P., Rich, P. M., 2001. Spatial patterns of NDVI in response to precipitation and temperature in the central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), pp.3827– 3844.
- Wang, S., Zhou, C., Liu, J., Tian, H., Li, K., Yang, X., 2002. Carbon storage in northeast China as estimated from vegetation and soil inventories. *Environmental Pollution*, 116, 157-165.
- Warren, G. P., Meredith, J. A., 1998. Isotopic composition of organic carbon in some soils of semi arid Africa. In Bergstrom, L., Kirchmann, H., Carbon and nutrient dynamics in natural and agricultural tropical ecosystems. Wallingford, UK: CAB International.
- Wessels, K. J., Prince, S. D., Zambatis, N., MacFadyen, S., Frost, P. E., Van Zyl, D., 2006. Relationship between herbaceous biomass and 1 km² Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) NDVI in Kruger National Park, South African *International Journal of Remote Sensing*, 27 (5), pp.951-973.
- White, A., Cannell, M. G. R., Friend, A. D., 2000. The high latitude terrestrial carbon sink: A model analysis. *Global Change Biology*, 6, 227-245, doi:10.1046/j.1365-2486.2000.00302.x.
- Whitman, W. C., 1971. Primary productivity and abiotic studies at the Dickinson Site, 1970 Season. US/IBP Grassland Biome Technical Report, No. 116. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Whitman, W. C., 1972. Supplemental report on primary productivity and abiotic studies at the Dickinson Site, 1970 Season. US/IBP Grassland Biome Technical Report, No. 190. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Whittaker, R.H., Woodwell, G. M., 1968. Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. *Journal of Ecology*, 56: 1–25.
- Williamson, P., 1976. Above ground primary production of chalk grassland allowing for leaf death. *Journal of Ecology*, 64: 1059-1075.

- Wu, C., Niu, Z., Tang, Q., Huang, W., Rivard, B., Feng, J., 2009. Remote estimation of gross primary production in wheat using chlorophyll related vegetation indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, 1015–1021.
- Wu, C., Niu, Z., Gao, S., 2010. Gross primary production estimation from MODIS data with vegetation index and photosynthetically active radiation in maize. *Journal of Geophysical Research*, 115, D12127. doi:10.1029/2009JD013023.
- WWF., IUCN., 1994. Centres of plant diversity. A guide and strategy for their conservation. Vol. 1, UCN Publications Unit, Cambridge, UK. (22 Şubat 2015, 8:00).
- Xiao, X. M., Chen, D., Peng, Y. M., Cui, X. Y., Ojima, D. S., 1996. Observation and modeling of plant biomass of meadow steppe in Tumugi, Xingan League, Inner Mongolia, China. *Vegetatio*, 127(2): 191-201.
- Yavuz H., Mısır, M., Mısır, N., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U., Küçük, M., 2010. Karadeniz bölgesi saf ve karışık Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) meşcereleri için mekanistik büyüme modellerinin geliştirilmesi, biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi, TÜBİTAK Project No:106O274.
- Yavuz, R., Karagül, R., 2013. Bazı ıslah yöntemlerinin meranın verim ve kalitesine etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2013, 22 (2): 96-104.
- Yin, Z., Williams, T. H. L., 1997. Obtaining spatial and temporal vegetation data from LANDSAT MSS and NOAA/AVHRR satellite images for a hydrologic model. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.63, pp.69-77.
- Yolasiğmaz, H. A., Keleş, S., 2009. Changes in carbon storage and oxygen production in forest timber biomass of Balci Forest Management Unit in Turkey between 1984 and 2006. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 8 (19), pp. 4872-4883, 5October, 2009.
- Zahabu, E., 2006a. Case study 2. Handei Village Forest Reserve, Tanzania. In community forest management as a carbon mitigation option. Case studies (eds; Murdiyarso, D., Skutsch, M.), pp. 16–20. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Zahabu, E., 2006b. Case study 3. Kitulangalo Forest Area, Tanzania. In community forest management as a carbon mitigation option. Case studies (eds; Murdiyarso, D., Skutsch, M.), pp. 21–26. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- Zanotelli, D., Montagnani, L., Manca, G., Tagliavini, M., 2013. Net primary productivity, allocation pattern and carbon use efficiency in an apple orchard assessed by integrating eddy covariance, biometric and continuous soil chamber measurements. *Biogeosciences*, 10, 3089–3108, 2013 www.biogeosciences.net/10/3089/2013/ doi:10.5194/bg-10-3089-2013.
- Zengin, N., 2010. Giresun ili Alucra yöresi saf ve karışık sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Fakültesi, Artvin.

Zheng, D., Rademacher, J., Chen, J., Crow, T., Bresee, M., Le Moine, J., Ryu, S. R., 2004. Estimating above ground biomass using Landsat 7 ETM+ data across a managed landscape in northern Wisconsin, USA. *Remote Sensing of Environment*, 93(3), 402-411. DOI: 10.1016/j.rse.2004.08.008.

Zomer, R. J., Trabucco, A., Coe, R., Place, F., 2009. Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. ICRAF Working Paper. Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF).

Zomer, R. J., Trabucco, A., Coe, R., Place, F., van Noordwijk, M., Xu, J. C., 2014. Trees on farms: an update and reanalysis of agroforestry's global extent and socio-ecological characteristics. Working Paper 179. World Agroforestry Centre (ICRAF) SEA Regional Program, Bogor, Indonesia.



ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DİNÇ, Musa
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 24.01.1982-Çivril
Medeni hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0 544 563 89 26
Faks : 0 466 215 10 35
e-posta : dincmusa20@gmail.com

Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
Lisans	Zonguldak Karaelmas Üni. Orman Fak.	Haziran-2006
Yüksek Lisans	University of New Hampshire	Mayıs-2012

Yayınlar

- M. Tufekcioglu, M. Yavuz, G. N. Zaimes, M. Dinc, P. Koutalakis, A. Tufekcioglu., 2017. Application of Soil Water Assessment Tool (SWAT) to suppress wildfire at Bayam Forest, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 719-726.
- A. Tüfekçioğlu, M. Tükekçioğlu, İ. Hacikamiloğlu, A. Duman, M. Dinç., 2015. Artvin İli Yusufeli İlçesinde Meraların ve Hayvancılığın Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi, "Yusufeli Barajının İlçeye Etkileri, Mevcut Durum, Potansiyel, Gelecek" 125-152 (Kitap Bölümü).
- C. Kiosses, G.N. Zaimes, P. Tsioras, M. Dinc, A. Borsuk, L. Gerosyan, I. Trombitsky, R. Uratu., 2015. Perspectives on Wildfire and Protected Area Management in the Black Sea Region, "Frontiers In Environmental and Water Management. Kavala, GREECE", 20-26.

- M. Tüfekçioğlu, M. Yavuz, M. Dinc, A. Duman, C. Vatandaslar, A. Tüfekçioğlu., 2017. Estimating surface soil erosion using RUSLE methodology. *IV. International Multidisciplinary Congress of Eurasia*.
- M. Tufekcioglu, M. Yavuz, P. Koutalakis, M. Dinc, A. Tufekcioglu, G.N. Zaimes., 2015. SWAT Model Implementation for the Assessment of Water Balance, *"Frontiers In Environmental and Water Management. Kavala, GREECE"*, 42-49.
- A. Tüfekçioğlu, S. Güner, M. Küçük, M. Tüfekçioğlu, A. Duman, M. Dinç., 2015. Evaluation of Artvin- Murgul Black Locust Plantations in Terms of Biomass Production, Carbon Storage, Soil Quality Improvement and Erosion Control Compared to Adjacent Grassland Areas, *"Frontiers In Environmental and Water Management. Kavala, GREECE"*, 86-93.
- M. Tüfekçioğlu, M. Dinç, A. Duman., 2016. Stream Bank Soil Losses from Semiarid Sub-Watershed. *"1st INTERNATIONAL BLACK SEA CONGRESS ON ENVIRONMENTAL SCIENCES"*.
- C. A. Harşit, A. Tüfekçioğlu, M. Küçük, M. Dinç., 2016. Investigation of Forest Areas in Subalpine Zone towards Alpine Zone by Effect of Climate Change, *"INTERNATIONAL FORESTRY SYMPOSIUM IFS 2016"*.
- M. Akbaş, B. Sağlam, A. Tüfekçioğlu, M. Dinc., 2014. Short Term Effects of Prescribed Fire on Soil Microbial Biomass of Black Pine Forests, *"International Forest Fire Conference in Black Sea Region"* 123-128.
- M. Dinç, B. E. Kocamanoğlu, A. Duman, M. Tüfekçioğlu, C. A. Harsit, A. Tüfekçioğlu., 2017. Determination of Biodiversity Indices and Affecting Factors in Velikoy, Ispir and Taht Micro-Basin. *ECOLOGY 2017*, 11-13 Mayıs, Kayseri, TURKEY. 98, (Özet Bildiri).
- M. Küçük, A. Duman, M. Dinc., 2017. The Effects of First Thinning Activities on Some Soil Properties in the Beech Stands. *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017 Cappadocia / Turkey)*, 601, (Özet Bildiri).
- M. Küçük, B. Sağlam, M. Dinç, A. Duman., 2014. Litter Decomposition in Burned Corsican Pine Stands, *"International Forest Fire Conference in Black Sea Region. Kastamonu"*, 143. (Özet Bildiri).
- B. Sağlam, M. Küçük, M. Gözler, A. Tüfekçioğlu, M. Dinç., 2014. The Investigation of Forest Fire on Soil Respiration, *"International Forest Fire Conference in Black Sea Region. Kastamonu"*, 144. (Özet Bildiri).
- M. Akbaş, A. Tüfekçioğlu, B. Sağlam, M. Dinç., 2014. Influence of Forest Fires on Microbial Biomass in Forest Soils: A Review, *"International Forest Fire Conference in Black Sea Region. Kastamonu"*, 145. (Özet Bildiri).

- M. Kck, A. Tfekoğlu, B. Sağlam, M. Din, D. Tağdemir., 2014. Nitrogen Mineralization in Burned Corsican Pine Stands, "*International Forest Fire Conference in Black Sea Region. Kastamonu*", 146. (zet Bildiri).
- A. Duman, M. Dinc, M. Tufekcioglu, C. A. Harsit, A. Tufekcioglu., 2017. Comparison of Biodiversity Indexes and Plant Cover in Olur, Tortum and Ispir Micro Watersheds, Erzurum. *ECOLOGY 2017*, 11-13 Mayıs, Kayseri, TURKEY, 476 (Poster).
- M. Dinc, A. Duman, M. Tufekcioglu, M. Kucuk, C. A. Harsit, A. Tufekcioglu., 2017. Estimation of Above and Below Ground Biomass and Carbon Content in the Grasslands of Bicakcilar and Kilickaya province in Artvin, Turkey. ISFOR 2017. 18-20 October 2017, Isparta, Turkey.

