T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI MEŞCERELERDE TOPRAK ORGANİK KARBONU VE TOPRAK ÜSTÜ BİTKİ ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Feride SÜLÜ

DANIŞMAN
Doç. Dr. İbrahim YURTSEVEN

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu çalışma 09.01.2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. İbrahim YURTSEVEN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Yusuf SERENGİL
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Beyza ŞAT GÜNGÖR
Özyeğin Üniversitesi
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, 116O619 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Araştırmam boyunca beni her konuda destekleyen ve yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç.Dr. İbrahim YURTSEVEN'e ve yüksek lisans ders aşamam boyunca, her konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Yusuf SERENGİL'e sonsuz teşekkür ederim.
Tez çalışmalarımdaki yönlendirmeleri için Sayın Prof. Dr. Ferhat GÖKBULAK'a ,çalışmalarımda bana yardımcı olan Kimyager Ümit Kılıç'a ve Mustafa AYTEKİN'e teşekkür ederim. Tüm imkânlarını kürsülerinde bana sunan ve çalışmalarıma destek veren İ.Ü. Cerrahpaşa Orman Fakültesi Havza Yönetimi Anabilim Dalı öğretim üyelerine ayrıca teşekkürlerimi sunarım. Bugüne kadar hayatımın her aşamasında olduğu gibi araştırmam boyunca da ellerinden gelen tüm gayreti göstererek yanımda olan canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışma TÜBİTAK 116O619 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ocak 2020 Feride SÜLÜ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **vii**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **viii**
ÖZET ..... **x**
SUMMARY ..... **xii**
1.GİRİŞ **1**
1.1.ARAŞTIRMANIN AMACI 1
1.2.ARAŞTIRMANIN KAPSAMI 1
2.GENEL KISIMLAR **2**
3.MALZEME VE YÖNTEM **16**
3.1. ARAŞTIRMA ALANI 16
3.2. HAVZALARIN ARAZİ KULLANIMI 16
3.3. ARAŞTIRMA SAHASININ İKLİMİ 17
3.4. YÖNTEM 18
3.4.1. Örnekleme Deseni 18
3.4.2. Havza Özelliklerinin Belirlenmesi 19
3.4.3. Karbon Hesaplamaları 20
3.4.3.1. Kabuklu Dikili Gövde Karbon Hesaplaması *20*
3.4.3.2. Diri Örtüdeki Karbon Hesaplaması *22*
3.4.3.3. Ölü Örtüdeki Karbon Hesaplaması *23*
3.4.3.4. Toprak Organik Karbonunun Hesaplanması *23*
3.4.4.İstatistiksel Değerlendirme 24
3.4.4.1. Kümeleme Analizi *24*
3.4.4.2. Temel Bileşenler Analizi *24*
3.4.4.3. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) *25*
3.4.4.4. Korelasyon Analizi *25*

4.BULGULAR 26
4.1. HAVZA ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR 26
4.2. HAVZA MEŞCERE ÖZELLİKLERİ VE ÖRNEKLEME ALANINA AİT BULGULAR 26
4.3. DİRİ ÖRTÜ VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR 30
4.4. TOPRAK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR 31
4.5. HAVUZLARDA TUTULAN TOPLAM KARBON MİKTARLARINA AİT BULGULAR 34
4.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI 36
4.6.1. Kümeleme Analizi Sonuçları 36
4.6.2. Temel Bileşenler Analizi Sonuçları 38
4.6.3. ANOVA Analizi Sonuçları 41
4.6.4. Korelasyon Analizi Sonuçları 43
5.TARTIŞMA VE SONUÇ 45
KAYNAKLAR 49
EKLER 55
ÖZGEÇMİŞ 76

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Dünyadaki karbon döngüsü (Botkin ve Keller 1995 ve Janzen ,2004)……3

Şekil 2.2 : Bir orman ekosistemindeki karbon döngüsü (Lal 2004)……..3

Şekil 3.1: Araştırma konusu havzaların sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki görünümü…...16

Şekil 3.2: Araştırma konusu havzaların arazi kullanım haritası……..…17

Şekil 3.3: Örnekleme alanı ve örnekleme noktalarını içeren örnekleme deseni……....19

Şekil 4.1: Örnekleme alanlarındaki ağaç türlerin çap ve boyları arasındaki ilişki…….28

Şekil 4.2: Örnekleme alanlarının ortalama çap ve boy grafiği…….....29

Şekil 4.3: Ortalama göğüs yüksekliği çapı ile kabuklu dikili gövde karbon stoğu grafiği…….29

Şekil 4.4: Havzalardaki diri ve ölü örtü karbon miktarları…….31

Şekil 4.5: Ölü örtü karbon stoğu ile toprak organik karbonu arasındaki ilişki grafiği…...…….33

Şekil 4.6: Üst ve alt derinlik kademelerinde toprak organik karbon değerleri (ton C/ha)……...34

Şekil 4.7: Araştırma havzalarının tümü değerlendirildiğinde 4 adet karbon havuzunda tutulan karbonun oransal dağılımı……...…….35

Şekil 4.8: Havzalardaki 4 adet karbon havuzlarda depolanan karbon değerleri (%)……..35

Şekil 4.9: 4 adet karbon havuzunda biriken toplam karbonun havzalardaki dağılımları……36

Şekil. 4.10: Havzaların hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarını gösteren dendrogram……37

Şekil 4.11: Temel Bileşenler Analizindeki öznitelik değerleri……...…...38

Şekil 4.12: F1 ve F2 faktörlerine ait iki boyutlu faktör grafiği……...40

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : IPCC raporlarına göre geçerli sayılan ölü örtüdeki karbonun stok değeri (IPCC, 2006)……...4

Tablo 2.2: Dünyada doğal olarak bulunna ormanlardaki, bitkisel üretim, biyokütle ve ağaçta bulunan yaprak miktarı coğrafi konuma göre değişimi (Kalıpsız, 1998)……..…..11

Tablo : 2.3 Türkiye'nin orman envanteri sonuçları (OGM,2019)…….14

Tablo : 2.4: Sera gazı emisyonları 1990-2017 (NIR,2019)……...…….15

Tablo 3.1: Kırklareli Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklim parametrelerinin uzun dönemli ortalama değerleri……..17

Tablo 4.1: Havzalarına ait bazı fiziksel ve hidrolojik özellikler…….26

Tablo 4.2: Havza meşcere özellikleri ve örnekleme alanına ait değerler……27

Tablo 4. 3: Diri örtü ve ölü örtü özelliklerine ait bulgular……..30

Tablo 4.4: Toprak özelliklerine ait bulgular……...…32

Tablo 4.5: Değişkenlere göre faktör yükü (Factor loadings) değerleri……...39

Tablo. 4.6: Noktaların faktör skorları……40

Tablo 4.7: Sıfır hipotezi 1'in ANOVA test sonucu……...41

Tablo 4.8: Sıfır hipotezi 2'nin ANOVA test sonucu ……....42

Tablo 4.9: Sıfır hipotezi 3'ün ANOVA test sonucu……..42

Tablo 4.10: Sıfır hipotezi 4'ün ANOVA test sonucu…….43

Tablo 4.11 : Pearson korelasyon analizi sonuçları…….43

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
cm	**:** Santimetre
ha.	**:** Hektar
m²	**:** Metre kare
g	**:** Gram
m	**:** Metre
Kn	**:** Kayın
Çm	**:** Sahil Çamı
Çk	**:** Kara Çam
Gn	**:** Gürgen
M	**:** Meşe
a	**:** Gençlik ve sıklık çağı
b	**:** Sırıklık ve direklik çağı
c	**:** İnce ağaçlık çağı
d	**:** Orta ağaçlık
e	**:** Kalın ağaçlık
CO2	**:** Karbondioksit
CH4	**:** Metan
Mha	**:** Milyon hektar
Mt	**:** Milyon ton

Kısaltmalar	Açıklama
OM	**:** Organik Madde
TOM	**:** Toprak Organik Madde
GHG	**:** Sera Gazı Emisyonları
IPCC	**:** İklim Değişikliği Hükümetlerarası Panel
IPPU	**:** Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı
LAI	**:** Yaprak Alan İndeksi
LULUCF	**:** Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO)

ÖZET

FARKLI MEŞCERELERDE TOPRAK ORGANİK KARBONU VE TOPRAK ÜSTÜ BİTKİ ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Feride SÜLÜ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. İbrahim YURTSEVEN

Bu çalışmada, Trakya bölgesinde Karadeniz'e kıyısı olan bazı ormanlık havzalarda seçilen örnekleme noktalarında toprak organik karbonu ve toprak üstü bitki özellikleri arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla her havza içerisinde farklı özelliklerdeki meşcere özelliklerini temsilen seçilen yaklaşık 400 m² daire içerisindeki örnek alanları içerisinde yer alan ağaçların çap ve boyları ölçülmüştür. Ayrıca bu örnekleme alanı içerisindeki merkez, kuzey, güney, doğu ve batı olmak üzere 5 adet alt örnekleme noktasında kuadrat ölçümleri, diri örtü ve örneklemesi ile toprak örneklemeleri yapılmıştır. Toprak örneklemesi alt ve üst toprak olarak iki ayrı derinlik kademesinde yapılmıştır. Araştırmada toplam 11 adet farklı havzada toplam 41 adet örnekleme alanı (400 m²) ve 205 adet örnekleme noktası değerlendirilmiştir. Bazı havza özellikleri ArcHYDRO programı yardımıyla sayısal altlıklar üzerinden belirlenmiştir. Çalışma sonucunda her bir havzadaki inorganik toprak karbonu ve kökler dışında ekosistemde depolanan toplam karbon stokları (ton C/ha) ayrı havuzlarda hesaplanmıştır. Havzalarda biriken karbonun yaklaşık % 51'i dikili kabuklu gövde karbon havuzunda, yaklaşık %46'i organik karbon toprak havuzunda (0-40 cm), %2.32'si ölü örtü karbon havuzunda ve %0.63'si diri örtü karbon havuzunda depolandığı görülmüştür. Yapılan istatistik analizlerle kabuklu dikili gövde karbon stoğu (ton C/ha) ile toprak organik karbonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu ($r = - 0.693$, $p<0.05$) belirlenmiştir.

Ocak 2020, 89 sayfa.

Anahtar kelimeler: Havza, Orman ekosistemi, Karbon havuzları, Toprak organik karbonu, Dikili gövde biyokütlesi, Diri örtü karbon havuzu, Ölü örtü karbon havuzu

SUMMARY

DETERMINATION OF RELATION BETWEEN SOIL ORGANIC CARBON AND ABOVEGROUND VEGETATION PROPERTIES IN DIFFERENT FOREST STAND

M.Sc. THESIS

Feride SÜLÜ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Forest Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. İbrahim YURTSEVEN

In this study, the relationships between soil organic carbon and above-ground plant characteristics were determined at selected sampling points in some forested watersheds along the Black Sea coast in the Thrace region. For this purpose, the diameter and length of the trees in the sample areas in approximately 400 m² were selected to represent forest stand characteristics of different features in each watershed. In addition, understory, leaf litter and soil samples with quadratic measurements, were made in 5 sub-sampling points in the sampling center, center, north, south, east and west. Soil sampling was carried out in two different depth levels as top and bottom soil. A total of 41 sampling areas (400 m²) and 205 sampling points were evaluated in 11 different watershed. Some watershed characteristics were determined by ArcHYDRO software. As a result of the study, total carbon stocks (ton C / ha) stored in the ecosystem except for inorganic soil carbon and roots in each watershed were calculated in separate pools. Of the total carbon deposited in the watersheds, approximately 51% was in living tree biomass , approximately 46% was in organic carbon soil (0-40 cm), 2.32% in leaf litter and 0.63% in understory. According to the statistical analyzes, it was determined that there is a statistically strong correlation between the living tree biomass and soil organic carbon ($r = - 0.693$, $p < 0.05$).

January 2020, 89 pages.

Keywords: Watershed, Forest ecosystem, Carbon pools, Soil organic carbon (0-40 cm), Living tree biomass, Understory carbon pool, Leaf litter carbon pool

1.GİRİŞ

1.1.ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu araştırmanın ana amacı, Trakya bölgesinde Karadeniz'e kıyısı olan bazı ormanlık havzalarda seçilen örnekleme noktalarında toprak organik karbonu ile toprak üstü bitki ve ölü örtü özellikleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir. Bu amaçla orman ekosisteminde biriken toprak organik karbonu ve bu havuzla ilişkili diğer karbon havuzlarında (toprak üstü biyokütle ve ölü örtü) biriken karbon miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılmak üzere ormanlık havzalarda bazı toprak, ölü örtü, diri örtü ve meşcere özellikleri tez kapsamında belirlenmiştir.

Araştırmanın diğer amacı ise havzalara ait fiziksel özelliklerin belirlenmesi ve bunlarla ilişkili bazı haritaların elde edilmesidir.

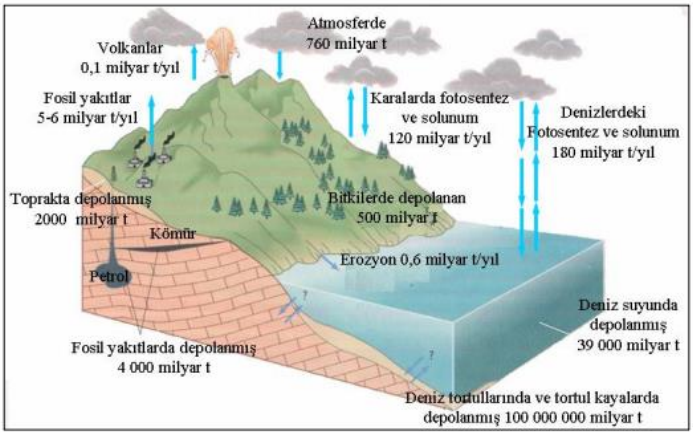
1.2.ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Araştırmada orman ekosistemindeki toprak organik karbonu birikimi ve bunla ilişkili bazı meşcere özellikleri değerlendirilmiştir. Orman ekosistemlerindeki farklı meşcere özelliklerinin farklı miktarda toprak organik karbonu birikime neden olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla farklı meşcere özelliklerinin ne şekilde toprak organik karbonu birikiminde etkili olduğu ve orman ekosistemi içerisinde yer alan karbon havuzlarında ne kadar karbon biriktiği bilimsel bir merak konusudur. Bu sebeple tez kapsamında Trakya bölgesinde Karadeniz'e kıyısı olan bazı ormanlık havzalar seçilmiştir. Bu havzalar büyük ölçüde insan etkisinden uzak olan havzalardır. Bu havzalarda görülen tek insan etkisinin ormancılık faaliyetleri olduğu tespit edilmiştir. Hemen İstanbul gibi büyük bir kente komşu bu havzalar gelecekte şehirleşme baskısı ile karşı karşıya kalacağı düşünülmektedir. Bu sebeple referans alan özelliklerinden dolayı bu çalışma ormanlık havzalardaki farklı meşcere özelliklerine sahip örnekleme alanlarında gerçekleştirilmiştir.

2.GENEL KISIMLAR

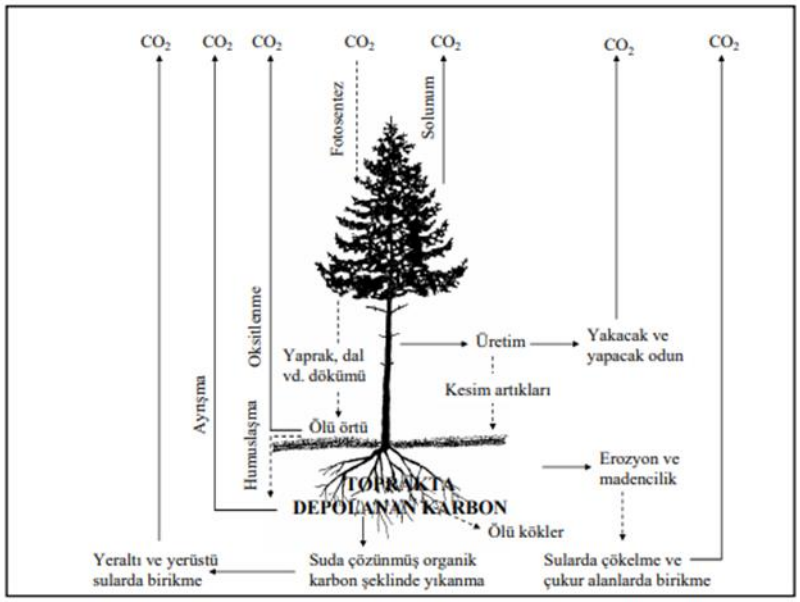
Endüstri devriminden beri atmosfere salınan karbondioksit (CO2) miktarı hızla artmaktadır. Küresel ısınma 21. yy 'da insanlık adına önemli bir tehlike ve uluslararası anlamda önemli bir mücadele teşkil etmektedir (Wang ve diğ., 2017). Araştırmalara göre geçen yüzyıldan günümüze ortalama küresel sıcaklık düzeyi 0,74 °C artış göstermiştir. Sera gazı emisyonları (GHG) ve en önemlisi olarak da CO2 emisyonu küresel ısınması destekleyen ana unsur olarak görülmektedir (Bamminger ve diğ., 2018; Cubasch ve diğ., 2013; Yu ve diğ., 2017). Atmosferedeki CO2 yoğunluğundaki artış küresel ısınmayı şiddetlendirmektedir. Arazi kullanımı ve arazinin bitki örtüsü, çok önemli bir karbon yutak ve emisyon kaynağıdır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) klavuzuna göre orman ekosistemi ve diğer arazi kullanım faaliyetlerinin karbon taşınımı ve depolaması konuları için odaklanılması gereken alanlar olduğunu ortaya koymuştur (IPCC, 2006). Dolayısıyla atmosferdeki karbon salınımının artması iklim değişikliğinde de önemli bir rol oynadığı görülebilmektedir. Canlı ve cansız çevrede meydana gelebilecek değişimleri tetiklemelerinden ötürü, fosil yakıt kullanımı ve dolayısıyla karbon salımının azaltılması ile birlikte bu süreçle ilişkili önleyici tedbirlerin alınmasını gerektirmektedir. Birleşmiş Milletler İklim değişimi çerçevesinde imzalanan Kyoto Protokolü ile birçok Avrupa ülkesinde orman ekosistemindeki karbon miktarındaki değişimler incelemeye alınmıştır. Son yıllarda ekosistemdeki C döngüsü ile atmosferdeki CO2 miktarı arasındaki bağ fark edilmiş ve 2075 yılına kadar atmosferdeki karbonun % 75'inin ormanlarda saklı bulunacağı ve bunun yarısından daha fazlasının toprakta organik madde olarak depolanacağı ve yıllara yayılan uzun zaman içerisinde C döngüsüyle atmosfere salınması tahmin edilmektedir (Raich ve Potter, 1995). Ayrıca yapılan çalışmalar göstermiştir ki atmosfere salınan CO2'nin yaklaşık % 10 toprak organik maddesinde salınmaktadır ve bu nedenle toprakların organik madde miktarının korunması ve miktarının artırılması iklim değişikliği ile ilişkili azaltım ve uyum çalışmalarında önemli anahtar unsurlar olarak değerlendirilmektedir (Raich ve Potter, 1995). Dolayısıyla topraklardaki organik karbonunun CH4 ve CO2 şeklinde atmosfere salınması, küresel ısınmanın düzeyini artırarak iklim değişikliğini etkilemesine kesin kanıt oluşturmaktadır.

Dünya genelindeki karbon döngüsüne bakıldığında (Şekil 2.1.) fosil yakıt şeklinde depolanmış karbonun 4000 milyar ton olduğu ve bunun yaklaşık 5-6 milyar tonunun atmosfere salındığı görülebilmektedir. Bitkilerde depolanan karbon ise 500 milyar ton olduğu görülebilmektedir.



Şekil 2.1 : Dünyadaki karbon döngüsü (Botkin ve Keller 1995 ve Janzen ,2004).

Bitkilerin yaprak, gövde ve kök parçalarından meydana gelen ayrışma ürünlerinin kaynağını oluşturan ölü örtü, topraktaki karbon birikiminin önemli bir kaynağı olarak görülebilmektedir (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2 : Bir orman ekosistemindeki karbon döngüsü (Lal 2004).

Ölü örtü; çürüntü, humus, yaprakların toprağın üst tabakasında birikmesiyle oluşmuştur (Kantarcı, 1987). Ölü örtü ayrışması sonucu topraklar organik maddece zenginleşerek organik

karbon stoğuna katkı yaptığı bilinmektedir. Toprakta bulunan ölü örtünün mineral toprak üzerindeki miktarı, ayrışma hızı, meşçere özellikleri, meşçere de bulunan ağaç türü, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, iklim ve mevki gibi faktörlerden etkilenmektedir. Ayrıca; meşçerenin sıklığı, kapalılığı, o seneki yaprak döküm miktarı, meşçereye yapılan teknik müdahaleler ölü örtü miktarı üzerinde etkili bir rol oynamaktadır (Kantarcı, 1987; Karaöz, 1993). Ölü örtünün bu sayılan yapısal özellikleri, ayrışma hızı ve miktarı toprak organik karbon miktarında da değişime sebep olabilmektedir. Farklı ağaç ve meşcere özellikleri farklı düzeyde ölü örtü birikimine sebep olabilmektedir. Organik maddelerin ayrışması sadece fiziksel ve kimyasal değil aynı zamanda biyolojik etkilerin sonucunda da olmaktadır. Topraktaki canlılar organik maddeleri parçalayarak besin maddesi olarak tüketmekte ve parçalama işlemi sırasında birçok kimyasal reaksiyon oluşmakta ve organik madde parçalanmaktadır (Kantarcı, 1987). Ormandaki ölü örtü içinde bulunan organik madde miktarı yüksekliğe göre de değişmektedir. Yüksekliğin arttığı yerlerde sıcaklığın düşmesi ölü örtünün ayrışma hızını yavaşlatmaktadır. Yağışın çok olduğu yerlerde ayrışma maddeleri de hızla yıkanmaktadır. Yüksekliğe bağlı olarak birde yapraklarda bulunan organik madde miktarları da değişmektedir. Denizden yüksekliğe çıkıldıkça ölü örtüdeki organik madde miktarında azalma görüldüğü tespit edilmiştir (Kantarcı, 1987). Topraktaki organik karbon miktarı ne kadar fazla ise ölü örtü ayrışması o kadar iyidir demektir (Karaöz, 1993).

Tablo 2.1 : IPCC raporlarına göre geçerli sayılan ölü örtüdeki karbonun stok değeri (IPCC, 2006).

İklim	Orman Tipi			
	Geniş yapraklı	İğne yapraklı	Geniş yapraklı	İğne yapraklı
	Yaşlı ormanlarda ölü örtü karbon stok değeri		Yaşlı ormanlarda ölü odun karbon stok değeri	
	(ton C ha^{-1})		(ton C ha^{-1})	
Soğuk - kuru	25 (0 - 58)	31 (6 - 86)	n.a[b]	n.a
Soğuk - nemli	39 (11 - 117)	55 (7 - 123)	n.a	n.a
Ilıman Serin-kuru	28 (23 - 33)[a]	27 (17 - 42)[a]	n.a	n.a
Ilaman Serin-nemli	16 (5 - 31)[a]	26 (10 - 48)[a]	n.a	n.a
Ilıman Sıcak-kuru	28.2 (23.4 - 33.0)[a]	20.3 (17.3 - 21.1)[a]	n.a	n.a
Ilıman Sıcak-nemli	13 (2 - 31)[a]	22 (6 - 42)[a]	n.a	n.a
Yarı-tropikal	2.8 (2 - 3)	4.1	n.a	n.a
Tropikal	2.1 (1 - 3)	5.2	n.a	n.a

Türkiye IPCC iklim sınıflandırılmasına göre ılıman iklim kuşağındadır. Tabloya baktığımızda ılıman iklim kuşağındaki iğne yapraklı türlerdeki ölü örtü karbon stok değeri, nemli-kuru, serin sıcak bölgelere göre değişmekte ve bu değer 20.3-27.0 ton/ha aralığında değiştiğini göstermektedir (Tolunay, 2011). Ölü örtü hesaplamalarında IPCC (2006)'ya göre meşcere gelişim çağı, iklim tipi önemli olduğu ve her ülkenin kendi katsayısına göre hesaplama yapılması gerektiği belirtilmiştir. Yapılan hesaplamalarda ekosistemdeki karbonun değeri ortaya çıkarılırken alt ve üst toprak, ölü örtü, ölü odun miktarı ve iklim, toprak tipine göre işlem yapılmakta ve standart sapma değerleri ortaya konmaktadır (Serengil, 2018).

Topraktaki organik madde de bulunan karbon, organik maddeyi etkileyen ormancılık faaliyetleriyle değişebilmektedir. Toprağa giren ve çıkan karbon miktarında farklılık varsa insan etkisi ve orman ekosisteminin yönetimin etkisi açığa çıkmaktadır. Bahsettiğimiz ormancılık uygulamaları, yaprağın alandan uzaklaştırılması, toprağın sürülmesi, kapalılığın azaltılması, bununda ayrışma ve ölü örtü birikme süreçlerini etkilemesine ve bunlarında karbon stoğunu değiştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Serengil, 2018). Diğer taraftan topraktaki organik karbon salımında topraklardaki yararlı mikorizalar ve gelişme ortamı bulabileceği ince bitki köklerinin miktarının kümülatif etkisi olduğu, fakat ilişkilerin net biçimde ortaya konulabileceği yeterli somut bilgiye ise ihtiyaç bulunduğu bilinmektedir (Giardina ve diğ., 2005). Toprak solunumu da topraklardaki karbon değişiminde önemli bir unsurdur. Araştırmalara göre her bitki türü, farklı toprak solunum miktarlarına sahip olduğunu ortaya konulmuştur. Topraktaki solunum yere düşen bitki artıklarındaki organik maddenin ayrışmasıyla daha hızlanmaktadır. Bu da toprağa dökülen ölü örtüyle topraktaki solunumun arttığını ve topraktaki organik maddenin de dolaylı olarak artmasını sağladığını göstermektedir (Raich ve Nadelhoffer, 1989). Toprağı örten bitki örtüsü ve topraktaki bitki türünün toprak solunumunu etkilediği ve dolaylı olarak bunun C dönüşümlerine ve çevre iklim etkisine yön verdiği için araştırılması önem kazanmaktadır. Bitki türleri arasındaki farklılıklar karbon dönüşümlerinin ve bunun çevre ile iklim üzerindeki etkisinin ortaya konması, küresel ısınma ve iklim değişikliği çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır (Raich ve Tufekcioglu, 2000). Unutulmamalıdır ki toprağın sıcaklığı, nemi, iklim koşulları gibi çevresel faktörler de organik madde miktarını etkilemektedir (Aşkın ve diğ., 2004). Toprak organik maddesi ise toprağın ne kadar karbon tuttuğunu belirlemeye yarayan bir ana toprak bileşenidir (Manlay ve diğ., 2007). Ayrıca toprağın kalitesi ve toprak kaynaklarının değerlendirilmesi açısından da önemli bir

faktördür. Topraktaki karbon miktarı atmosfere oranla 3 kat daha fazla miktardadır (Post ve Kwon, 2000). Topraktaki organik karbonun atmosfere taşınması sera etkisi ve sera gazı emisyonları üzerinde etkili olmaktadır (Raich ve Potter, 1995). Bu gibi çok sayıda etkileşimler ve dinamikler, toprak organik karbonunda ve ekosistemin diğer havuzlarında biriken karbon miktarını etkileyebilmektedir. Orman ekosistemlerinde toprak organik karbonu birikimine etki eden çok sayıda değişeni kapsayacak şekilde meşcere özelliklerine odaklanılması dinamiklerin daha kolay ve anlaşılır biçimde yorumlanabilmesini sağlayabilmektedir. Çünkü meşcere özellikleri alt değişkenleri de ele alacak şekilde kapsayıcı ve indikatör bir niteliktedir. Örneğin meşcere kapalılığının fazla olması ilerleyen süreçte toprak yüzeyinde daha fazla ölü örtü birikime sebep olabileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan, farklı meşcere gelişim çağlarında ağaçlar, bitki beslenmesi yönünden topraklardan farklı düzeylerde yararlanabilmektedir. Farklı meşcere gelişim çağlarında farklı düzeyde toprak üstü ve toprak altı biyokütle oluşturabilmektedir. Bu durum toprak üstü, toprakaltı, ölü örtü ve toprakta tutulan karbon miktarını etkileyebilmektedir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişimleri ve Kyoto Protokolü çerçevesinde bütün ülkelerin orman ekosistemindeki karbon varlığının ve atmosferdeki CO2 yoğunluğunun net olarak bilinmesini zorunlu hale gelmiştir ve bu sebepten dolayı bu ve benzeri konu başlıklarında yapılan ve yapılacak çalışmaların önemi daha da artmıştır. Ancak birçok gelişmiş ülkenin karbon bütçesi belirlenmiş ve modellemeler yapılarak iklim değişimleri üzerindeki etkisi araştırılmış olmasına rağmen henüz istenilen sonuçlar elde edilememiştir (Raich ve Potter 1995). Dolayısıyla ekosistmdeki etkileşimleri ortaya konulabileceği yeni araştırmalar bir takım bilimsel boşlukları da kapatabilecektir. Ülkemizdeki araştırma eksikleri ve buna bağlı etkileşimsel anlamlı somut verilerin ve denklemlerin elde edilememesinden ötürü karbon hesaplamalarında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) klavuzlarında çoğunlukla Tier 1 (Seviye 1) ve Tier 2 (Seviye 2) mertebelerinde hesaplamaların yapıldığı görülebilmektedir. Karbon konusunda yapılacak yeni araştırmalar ve elde edilebilecek yeni etkileşimsel bulgular ülke bazında Tier 3 (Seviye 3) hesaplamalarının yapılabilmesine olanak sağlayabilecektir. Dolayısıyla ülke bazında karbon ve etkilediği değişkenler ile ilgili yapılabilecek her yeni çalışma karbon hesaplamalarının daha hassas yapılabilmesine olanak sağlayabilecektir. Örneğin, Kyoto Protokolünde alınan kararlara göre, ulusal ölçekte karbon stoklarını belirlemek için yapılan çalışmalarda kullanılmak üzere ağaç kapalılık yüzdelerinin hesaplanmasının

belirlenmesinin çok önemli olduğu vurgulanmaktadır (Huang ve Homer, 2001). Ulusal ve uluslararası ölçekte karbon tutma parametreleri ve buna bağlı olarak ekosistem verimliliğin net olarak belirlenmesi için karbon modellerinde de ağaç kapalılık yüzdelerinin kullanılması, güvenilir sonuçlara ulaşmak için önemlidir. Farklı ağaç kapalılık yüzdelerinde karbon, farklı miktarda depolanır ve orman toprağı örtüsündeki değişimler, bir modelde karbonun o alandaki yıllık değişimleri için kullanılmaktadır (Rokhmatuloh, 2005a).

İklim değişikliği ile mücadelede önemli bir araç konumunda bulunan azaltım çalışmalarında önemle vurgulanan bir konu ağaçlandırmaların artmasının CO2'in depolanması artırabileceği ve bu sayede iklim değişimi değerlerinin normale ulaşmasında etkili olabileceğidir. Karbon odaklı yönetim planlamalarında ve azaltım çalışmalarında hangi bitki türlerinin daha fazla karbonhidrat ürettiğinin belirlenmesi ve ağaçlandırma yapılırken bu bitki türlerinin kullanımı üzerine odaklanılmıştır. Doğru türler ve bu türlerin ekolojik yetişme koşulları ile ilişlerinin bilinmesi ekosistemdeki karbon stoğu birikimi anlamında büyük yararlar sağlayabilecektir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Toprak, ekosistemdeki en büyük karbon yutağı olsa da topraktaki organik karbon arazi kullanımlarındaki değişiklikler ile iklimlerdeki değişimlere karşı oldukça zayıf konumdadırlar. Topraktaki karbon değişimi iklim, orman toprağı ve bitki türüne göre değişir. Arazi kullanımındaki değişiklikler fosil yakıtlarının yakılmasından sonra atmosfere verilen ikincil sera gazı emisyon kaynağıdır (IPCC, 2013). Dolayısıyla Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO) Sektörü salım ve tutumların düzeyini belirleyen önemli karasal bir ölçektir. Dolayısıyla, arazi kullanımındaki değişimler karbon depolanmasını etkilemektedir. Örneğin, orman ve meraların tarım alanına dönüştürülmesi toprak organik karbonunun azalmasına neden olmaktadır (Don ve diğ., 2011). Fakat tarım arazilerindeki alanların toprağa dönüştürülmesi, ağaçlandırılmış ve daha uzun süre nadasa bırakılarak iyileştirilen toprak yönetimi toprak organik karbonu emisyonunu azaltabilmektedir (Guo ve Gifford, 2002). Tarım toprağında daha az karbon stok halinde bulunmaktadır. Buna sebep olan etken ise bitkisel kütlelerin hasatla topraktan ayrılması ve sürekli toprak işlemesi ile toprağın havalanması ve tutulan organik maddenin ayrışarak açığa çıkan karbonun atmosfere verilmesidir (Tolunay ve Çömez, 2008). Fakat orman alanları toprağında daha fazla karbonu bünyesinde depolayabilmektedir. Üzerinde bitki bulunmayan bir alanda ağaçlandırma

yapılmasıyla toprak organik maddesi artar. Fakat bir ormanlık alanda yapılan tıraşlama ile yeniden ağaçlandırılması toprak organik maddesinin azalmasına sebep olur.

Arazi kullanımı olarak dikkate alındığında orman alanları önemli karbon yutak alanlarıdır (Asan ve diğ.,2005). Dünyadaki orman varlığı yeryüzünün %30'unu oluşturmakta ve karbonun küresel ölçekte % 75-90'ını depolamaktadır. Karsal alanlarda tutulan karbonun ana kaynağı atmosferde bulunan CO2'nin bitkiler tarafından fotosentez yapılarak bağlanmasıyla oluşmaktadır (Güler ve Çobanoğlu,1997). Bitki fotosentezle havadaki karbondioksiti organik maddeye dönüştürmekte, daha sonra bitkinin bünyesinde oluşan kimyasal reaksiyonlarla meydana gelmiş organik karbon, bitkinin odunsu yapılarında, çiçeğinde meyve ve tohumunda biriktirebilmektedir (Kalıpsız,1998). Organik karbon çok uzun süre toprakta muhafaza edilebilse de, toprak işlenmesi, erozyon, farklı silvikültürel işlemler, arazi kullanım değişiklikleri ile stok değişimleri zamansal ölçekte büyük değişiklikler gösterebilmektedir (Başaran, 2004).

Bitkilerin farklı kısımlarında farklı miktarda karbon depolanabilir. Örnek olarak bitkilerin gövde, sapı ve meyveleri, yapraklardan daha fazla karbon tutar. Uzun ömürlü ve sık kapalılığa sahip bitkiler, kısa ömürlü ve gevşek kapalılığa sahip bitkilere göre daha fazla karbon depolamaktadır (Namayanga, 2002). Dolayısıyla meşçere kapalılığı sık olan ve çok yıllık yaşayan ağaçların bulunduğu ormanlarda kapalılığı daha az olanlara göre karbon stoklama daha fazladır. Ormanlar en fazla yaprak miktarına sahip ekosistemlerdir (Zengin ve diğ., 2007). Ormanların bu özelliğine göre tarım ve mera alanlarına göre karbondioksit tüketim oranı daha fazladır (Kalıpsız, 1998). Araştırma sonuçlarına göre ormanlar karbon stoğunda çok önemli alanlar olduğu olduğunu belirtmiştir. Ormanların iklim değişimlerinin etkilerini geciktirmesinde katkısı çok büyüktür. Bu amaçla orman alanlarında sürdürebilir ormancılık ilkesiyle, uygun silvikültürel teknikler uygulanmalı, ağaçlandırmalar yapılmalı ve yangın, usulsüz kesim gibi zararlılara karşı ormanlar korunmalıdır (Zengin ve diğ., 2007). Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan araştırmaya göre bir orman meşçeresinde bulunan topraktaki karbonun %74'ü toprak üstünde %26'sı ise toprak altında bulunmaktadır. %35 oranında toprak üstündeki karbon miktarı sürekli olarak orman ekosisteminde bulunurken %32,5 ayrışma ve çürümeyle atmosfere gönderilmektedir. Kalan diğer %32,5'luk kısım ise odundan üretilen orman ürünleri içerisinde yer almaktadır. Orman ekosisteminde stoklanan karbonun her yıl

%2'si kadarı azalmaktadır (Wayburn ve diğ.,2000). Fotosentez ile birlikte bünyelerinde karbonu depolayan ağaçlar, toprağa dökülen yapraklar, kuruyan dallar ve ağacın ölen kökleri bünyelerindeki karbonu toprağa verirler (Cost, 1996). Ormanların karbondioksit tüketimi ormanın bonitetine, ağaçların yaşına, bulunduğu coğrafi konuma göre değişmektedir (Kalıpsız, 1998). Maktalı ve aynı yaşlı koru ormanlarında meşcere tipleri, ağaç türü, meşcere gelişim çağı, tabakalaşma ve kapalılık kriterlerine göre belirlenir. Meşcere tipi ayrımı yapılırken bonitet sınıfına da yer verilir. Meşcereler %90 aynı türlerden oluşuyorsa saf, %10 dan daha fazla farklı türlerden oluşuyorsa karışık olarak kabul edilir. Arazide yapılan ölçümlerde saf meşcerelerde hacimsel, karışık meşcerelerde baskın ağaç türü esas alınarak, adet ve hacim özellikle kullanılarak tespit edilir. Meşcerelerde tepe kapalılığı %10 dan daha azsa boşluklu kapalı yani 0, %11-40 arası gevşek kapalı ve 1 kabul edilir, %41-70 arası orta kapalı 2 alınır, %71-100 arası tam kapalı ve 3 olarak sembolleştirilir (OGM, 2007). Karbon miktarını etkileyen parametrelerin anlaşılmasını destekleyen karbon modellerinde bu değişkenler sıklıkla kullanılabilir. Örneğin, ağaç kapalılık ya da meşcere kapalılığı, bitki yapraklarının alan yüzeyinde yatay izdüşüm deki yayılışı ile yeryüzü alanı örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarıdır (Rokhmatuloh, 2005b). Dolayısıyla, orman alanlarındaki ağaçlar farklı kapalılık yüzdelerinde farklı miktarlarda karbon depolayabilmekte ve bu durum karbon miktarının hesaplanmasında önemli bir veri olarak kullanılabilmektedir (Houghton ve Hackler, 2000; Myneni ve diğ. 2001). Yaprak alan indeksi (LAI) ise toprağın birim alanındaki yani $1m^2$ deki toplam yaprak yüzü alanını ifade etmektedir. Yaprak alan indeksi, meşcere kapalılık durumunu gösteren önemli bir parametredir (Bonan 1993; Jose ve Gillespie 1997; Waring 1983). Yaprak alan indeksi, güneş ışınlarını bitkisel biyokütleye çeviren yüzey alanının bir ölçüsüdür. Yaprak alan indeksi ve bitkinin büyümesi arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Çünkü yapraklar fotosentezin meydana geldiği yerdir. Bitkilerin yaprak alanları büyüme için gerekli olan enerji ve nem değişimlerinin olduğu yüzeylerdir (Atwell ve diğ., 1999; Tuzet ve diğ., 2003). Ekosistemin verimliliğinin ölçülmesinde LAI değerleri önemli bir parametredir. Meşcerenin tepe yapısı ve bitkilerin gölgeye dayanıklılığı, yaprak yüzeyinin dikey dağılımını kontrol bakımından önemlidir (Barnes ve diğ., 1998).

Orman ekosisteminde karbonun tutulduğu alanlar, toprak altı ve üstü canlı biyokütle, ölü örtü ve topraktır. Toprak üstü ve toprak altı biyokütle miktarı, göğüs çapı ve ağaç boyu gibi daha kolay ve hassas ölçülebilen değişkenler kullanılarak modellenebilmektedir (Jenkins ve diğ., 2003).

Orman ekosisteminde ölü örtü ve organik madde miktarlarının doğru bir şekilde belirlenmesi, orman toprağında ve orman ağaçlarının bünyesinde biriken karbon miktarının hesaplanmasını ve yıllık takibinin yapılmasını kolaylaştırır. Meşcere özellikleri ve organik madde miktarı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve daha hızlı değerlendirilebilmesi için farklı yöntemler kullanılabilmektedir. Bunlardan bir tanesi meşcere çatısı ve meşcere tabanında biriken organik madde arasında bir ilişki olduğu belirlenmektedir (Kara ve diğ., 2008). Meşcere çatısının kapalılık oranına göre topraktaki ölü örtünün ayrışması farklı olmaktadır. Eğer meşcere çok kapalıysa ışığın orman meşceresine sızmasının miktarını etkiler ve ölü örtü materyalinin ayrışmasında önemli rol oynar. Diğer bir parametre ise yaprak yüzey indeksi ne kadar fazlaysa dökülen ölü örtü miktarı o kadar fazla olmaktadır (Pekin ve Macfarlane, 2009). Bazı türler için, meşcere kapalılığının belirli bir yaşa kadar arttığı ve bu yaştan sonra ayrılan ağaçların etkisiyle tepe çatısının açılmaya başladığı bilinmektedir. Dolayısıyla, ölü örtü kütlesi ile meşcere boşluk oranı arasında bir ilişkinin varlığı kabul edilebilmektedir. Sukardjo (1996) tarafından gerçekleştirilen benzer bir araştırmada ise, düşen yaprak ve döküntü miktarı ile göğüs yüzeyi arasında kuvvetli ilişki olduğu tespit edilmiştir (r2 =0.87). Macaristan'da karaçam meşcerelerin de yapılan bir çalışmada, döküntü kütlesinin 21-40, 41-60, 61-80 yaş sınıflarına bağlı olarak arttığı ve 80 yaşından sonra bir düşüş gösterdiği bulunmuştur (Cseresnyes ve diğ., 2006). Dolayısıyla meşcere yaşı ya da göğüs yüzeyi gibi meşcere tepe çatısının boşluk oranıyla bağlantılı kabul edilebilen değişkenlerle düşen yaprak miktarı ve döküntü kütlesi arasında bir ilişki olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ayrıca orman meşceresinin yaşıyla orantılı olarak toprakta depolanan karbon miktarı artmaktadır (Kantarcı 2000). Genel olarak değerlendirildiğinde orman meşceresinde yaş, kapalılık, sıklık, karışım oranı gibi özellikler toprak organik maddesini etkileyerek ekosistem havuzlarında tutulan karbon miktarını etkilemektedir.

İklimsel özellikler bitkisel üretim koşullarını etkileyerek vejetasyonun yaprak ve biyokütle miktarı üzerinde de önemli etkilere sahip olduğu görülmektedir. Tablo 2.2' de karbon miktarını etkileyen biyokütle miktarının farklı iklim zonlarında bulunan orman alanlarındaki değişimlerini göstermektedir.

Tablo 2.2: Dünyada doğal olarak bulunna ormanlardaki, bitkisel üretim, biyokütle ve ağaçta bulunan yaprak miktarı coğrafi konuma göre değişimi (Kalıpsız, 1998).

Doğal Orman Kuşağı	Mevcut Biyokütle (Ton/ha)	Yaprak Miktarı (Ton/ha)	Yıllık Net Üretim (Ton/ha)
Tayga İbreli Ormanı (Boreal)	260	16,0	7,0
Ilıman Bölge Kayın	370	5,0	13,0
Ilıman Bölge Meşe	400	4,0	9,0
Yarı Tropik Orman	410	12,0	24,5
Tropik Yağmur Ormanı	500	40,0	32,5

Tablo 2.2'den orman kuşağındaki kayın ve meşe ormanlarının biyokütle üretimleri arasında (13-9 ton) tonluk farklar olduğu görülebilmektedir. Araştırmalara göre ise de tropik ormanların en büyük karbon depoları olduğu ve dünyanın %80'ini oluşturduğu göstermektedir. Araştırmalar gösteriyor ki tropik ormanlar dünyadaki en büyük karbon depolarıdır. Tropik ormanlardan sonra ılıman zon daha sonrada onu boreal ormanlar izlemektedir (Brown, 1997). Tropik bölgelerdeki ormanların arttırılması ve hızlı büyüyen ağaç türleriyle çoğaltılması büyük önem taşımaktadır.

Arazi ve havza fiziksel özellikleri de topraklarda depolanan karbon miktarında etkili olabilmektedir. Eğimi fazla olan alanlarda da ölü örtü ve üst toprak taşınması olmaktadır. Bu da toprakta depolanan karbon miktarının daha az olduğunu gösterir. Arazinin bakısı da önemli bir faktördür. Güney ve kuzey bakıda iklim koşulları farklılık gösterdiği için ölü örtüdeki karbon miktarı farklı olmaktadır. Erozyon toprak organik karbon miktarını olumsuz yönde etkilemektedir. Ölü örtü ve toprağın taşınmasına sebep olduğu için organik karbon içeriği azalır. Organik karbon miktarı fazla olan üst toprağın taşınması ile karbon depolaması azalmaktadır. Yılda 0,6 milyar ton karbon denizlere taşındığı tahmini olarak açıklanmaktadır (Botkin ve Keller, 1995).

Orman ağaçlarında bazı türlerin yaprakları ve odunları daha yavaş ayrıştıkları için organik madde miktarını ve karbon miktarını etkilemektedir. Örnek vermek gerekirse kayın ormanlarındaki yaprak özellikleri sebebiyle ölü örtü ayrışması çok yavaş olmaktadır (Kantarcı

2000). Özellikle de kayın ormanları altında olan orman güllerinin varlığı ham humus oluşturmakta bu da organik madde ölü örtüde birikme yapmakta ve topraktaki organik karbon miktarıda ölü örtünün çok ayrışmamasından dolayı daha az olmaktadır (Kantarcı, 2000). Ormandaki bitki türlerinde diğer önemli faktör ise sığ kök sistemine sahip ağaçlar da daha az karbon biriktirebilmektedir. Orman meşçere kuruluş özelliklerinden, meşçerenin yaşı, sıklığı, kapalılığı, türler arasındaki karışım oranı toprak organik maddesini etkilemektedir (Tolunay ve Çömez, 2008).

Kapalı ormanlarda meşçere içine ulaşan ışık az olduğu için sıcaklıkta çok düşük olur ve ağaçlardan düşen yaprak miktarı da daha fazla olacağı için karbon miktarı da fazla olacağı tahmin edilir. Orman meşçerenin yaşı da arttıkça toprakta depolanan karbon miktarı da artar. Karışık orman meşçerelerin de mikrobiyolojik faaliyetler fazladır ve uygun ekolojik koşullarda ölü örtü ayrışması daha hızlı gerçekleşir (Kantarcı, 2000). Ölü örtüde bulunan ve organik maddeler olan, selüloz, hemiselüloz, lignin, protein, tanen, kütin, reçine gibi bileşenlerin miktarı ölü örtü ayrışmasını etkilemektedir. Lignin maddesi fazla olan organik maddelerin ayrışması daha uzun zaman alır. Ölü örtü ayrışması, nem, ph, sıcaklık , hava koşulları ve besin maddelerine bağlı olarak etkilenmektedir. C/N oranı da ölü örtünün ayrışma hızını etkilemektedir. Oran çok düşükse ölü örtü yavaş ayrışmaktadır. Buda sonuç olarak toprağa ulaşan karbon miktarının az olduğunu göstermektedir (Kantarcı, 2000). Ana kayanın ve toprağın özellikleri de ölü örtü ve toprakta stoklanan karbon miktarını etkilemektedir. Örneğin çatlaklı yapıda bulunan ana kaya da kökler daha iyi gelişeceği için topraktaki organik madde miktarı daha fazla olabilir (Tolunay ve Çömez, 2008). Topraktaki stok halinde bulunan karbon miktarını etkileyen diğer önemli özelliklerden, toprak türü, derinlik, taşlılık, toprak nemi, ph, baz doygunluğu, geçirgenlik ve hava alma oranını sayabiliriz. Toprak türünde özelliklede karbon moleküllerinin kararlı bir şekilde bağlanması toprakta karbonu daha fazla depolayabilmektedir. Bu nedenle toprak killi ise daha kararlı organik karbon depolaya bilmektedir. Taşlılık oranı yüksek olan topraklarda organik karbon miktarı daha az bağlana bildiği için karbon depolama oranı daha düşüktür. Toprak özelliklerinden diğer bir madde olan asitli olması durumunda ise mikrobiyolojik faaliyetler azaldığından dolayı organik madde ayrışamamaktadır ve karbon birikimi de daha az olmaktadır. Topraklar besin maddesince zengin olması durumunda ise ağaçlar daha fazla bitkisel kütle üretimi yapar ve dökülen yaprak miktarı da daha fazla olur. Böylece daha fazla karbon birikmiş olur (Tolunay ve Çömez , 2008).

Yapılan amenajman planları da toprağın organik karbon miktarını arttırır. Seçme ormanlarında, aynı yaşlı bulunan ormanlara göre toprak organik madde miktarı daha fazladır. İdare süresinin uzatılması toprak organik karbon miktarını arttırmaktadır (Schulze ve diğ., 1999). Ormanlık alanlarda yapılan silvikültürel işlemler mikro iklim koşullarını değiştirerek yaprak dökülmesinin azalmasına sebep olabilmektedir. Buda topraktaki organik karbon miktarını azaltır. Orman yangınları bitki kütlesinin ve ölü örtünün yanmasına sebep olduğu için topraktaki organik karbon miktarını azaltır. Arazi toprağının sürülmesi dikilen fidanların daha hızlı büyümesine etki yapar ve buda toprak altı ve toprak üstü bitki kütlesini arttırarak karbon depolanmasını arttırabilir (Jandl ve diğ., 2007). Organik maddece zengin topraklar işlenirse hava alma kapasitesi artar ve çoğalan sızıntı suyu ile organik madde daha fazla ayrışır ve karbon taşınabilir. Toprağı gübrelemek ve kireçlemek toprağın organik karbon miktarı üzerinde önemli bir faktördür. Hem bitkinin daha fazla besin maddesi alarak kütle üretimini arttırmasını sağlar hem de topraktaki organik karbon miktarını arttırır. Kireçleme toprağın Ph derecesini yükselterek ölü örtü ayrışmasını sağlar (Jandl ve diğ., 2007).

İklim değişikliğinin toprak organik karbonu üzerindeki etkileri yapılan araştırmalarla çok karmaşık olduğu belirtilmektedir (Lal, 2005). İklim değişikliği orman ekosisteminin verimliliğini, toprak altı, toprak üstü bitki kütlesi miktarını ve mikroorganizmaları etkileyebilmektedir (Joyce ve Birdsey, 2000). Morgan ve diğ. (2001)'e göre iklim değişikliğinin etkileriyle kuzeydeki en az bozulma görülen ormanlarda toprak üstündeki karbon depolanmasının artacağı, toprak organik karbon miktarının azalacağı tahmin edilmektedir.

2016 yılının ulusal envanter sonuçları incelendiğinde Türkiye'nin 1973 yılında sahip olduğu orman alanı 20.2 Mha iken 2016 yılında 22.57 Mha olarak açıklanmıştır (Tablo 2.3). Bu sonuçlar değerlendirildiğinde Türkiye'nin sahip olduğu ormanlık alan 42 yıl içerisinde 2,3 Mha kadar artışa sahip olduğu belirlenmiştir. Ulusal envanter raporuna göre yaklaşık olarak 1973-2016 yılları arasındaki servet artışı 1.1 milyar m^3'ten 1.6 milyar m^3'e yükseldiği tahmin edilmektedir (UNDP, 2018).

Tablo : 2.3 Türkiye'nin orman envanteri sonuçları (OGM,2019).

Alan					
	Koru Ormanları(ha)		**Toplam Koru Ormanları(ha)**	**Baltalık (ha)**	**Toplam Orman Alanı(ha)**
	İğne Yapraklı	**Geniş yapraklı**			
Normal	6 340 328	6 102 780	12 443 108	633 111	13 076 219
Boşluklu Kapalı	3 565 661	4 331 552	7 897 213	1 596 736	9 493 949
Toplam	9 905 989	10 434 332	20 340 321	2 229 847	22 570 168
ToplamYetişen Orman					
	Koru Ormanları(m^3)		**Toplam Koru Ormanları(m^3)**	**Baltalık (m^3)**	**Toplam Yetişen Orman (m^3)**
	İğne Yapraklı	**Geniş yapraklı**			
Normal	849 918 006	690 805 569	1 540 723 575	29 215 427	1 569 939 002
Boşluklu Kapalı	30 056 551	30 838 234	60 894 785	10 376 601	71 271 386
Toplam	879 974 557	721 643 803	1 601 618 360	39 592 028	1 641 210 388
Yıllık Hacim Artışı					
	Koru Ormanları(m^3)		**Toplam Koru Ormanları(m^3)**	**Baltalık (m^3)**	**Toplam Yıllık Orman Artışı (m^3)**
	İğne Yapraklı	**Geniş yapraklı**			
Normal	23 885 600	19 783 910	43 669 510	1 277 030	44 946 540
Boşluklu Kapalı	746 726	792 962	1 539 688	487 331	2 027 019
Toplam	24 632 326	20 576 872	44 946 540	1 764 361	46 973 559

Türkiye, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözlemesi'nde (BMİDÇS) EK-1 taraf ülkesi olarak yer almaktadır. Her sene taraf ülke olarak Türkiye sera gazı ulusal envanter raporunu yıllık olarak sunmaktadır. 1990-2017 yılları arasındaki ulusal sera gazı envanter raporu 2018 yılında BMİDÇS sekreteryasına sunulmuştur (UNDP, 2018). Tablo 2.4'ten 1990-2017 yıllarını arasında belirlenen ulusal sera gazı envanter raporlarının sektörlere göre tutum ve salım sonuçları oluşturulmuştur.

Tablo : 2.4: Sera gazı emisyonları 1990-2017 (NIR,2019).

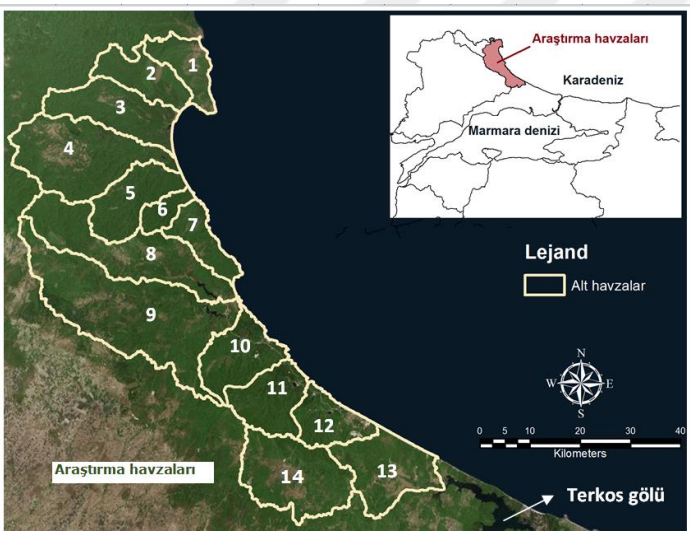
	Enerji	Endüstriyel İşlemler ve Ürün Kullanımı	Tarım	AKAKDO	Atık	AKAKDO Hariç Toplam CO2 Eşdeğeri Emisyonları	AKAKDO Dahil Toplam CO2 Eşdeğeri Emisyonları
1990	139.6	22.8	45.7	-55.8	1.1	219.2	163.4
1991	144	24.7	46.5	-56.7	11.3	226.6	169.9
1992	150.3	24.3	46.6	-56.9	11.5	232.8	175.9
1993	156.8	24.5	47	-56.1	11.8	240.1	184.1
1994	153.3	24.2	44.6	-57.5	12	234.1	176.7
1995	166.3	25.2	43.7	-57.4	12.4	247.6	190.2
1996	184	26.2	44.4	-57.7	12.7	267.2	209.5
1997	196.2	27	42.2	-61.7	13.2	278.6	216.9
1998	195.9	27.4	43.6	-62.6	13.5	280.3	217.7
1999	193.8	25.8	44.2	-64	13.9	277.8	213.7
2000	216.1	26.2	42.3	-61.6	14.3	298.9	237.3
2001	199.2	25.9	39.8	-64.7	15.5	280.4	215.7
2002	205.8	26.9	37.4	-72.5	15.9	286.1	213.6
2003	220.3	28.2	40.9	-74.5	16.2	305.6	231
2004	226.1	30.8	41.4	-73.7	16.6	315	241.3
2005	244	33.6	42.3	-74.7	17.3	337.2	262.5
2006	260	36.7	43.5	-74.7	18	358.2	283.4
2007	290.8	39.2	43.2	-74.4	18.3	391.4	317
2008	287.3	40.9	41	-69.2	18.3	387.6	318.4
2009	292.5	42.5	41.7	-72.8	18.8	395.5	322.7
2010	287	48.1	44	-73.5	19.5	398.7	325.2
2011	308.7	52.7	46.4	-77.1	19.8	427.6	350.5
2012	320.5	55	52.1	-74.4	19.4	446.9	372.5
2013	307.5	58.1	55.2	-76.5	18.2	439	362.5
2014	325.8	58.5	55.5	-77.5	18.2	458	380.5
2015	340.9	57	55.4	-97.2	18.8	472.2	375
2016	359.7	62.2	58.2	-95.9	18.4	498.5	402.5
2017	379.9	66.5	62.5	-99.9	17.4	526.3	426.3

Tablo 2.4 'te belirtilen enerji kaynaklı emisyon değerleri % 5,6 oranında artarak 379,9 Mt CO2 eşd., 2017 ve 1990 yıllarını kıyasladığımızda %172 lik bir artış olduğu görülmüştür. Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı (IPPU) sektöründe CO2 eşdeğerlerinin 66.5 Mt yükselmiştir. 2017 yılı emisyon değeri 2016 'ya göre %6,9 daha yüksek bir orana sahiptir. Tarım ve atık sektörleri 62.5 ve 17.4 Mt CO2 eşd. ile 2017 yılında daha fazla artış göstermiştir (NIR,2019).

3.MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA ALANI

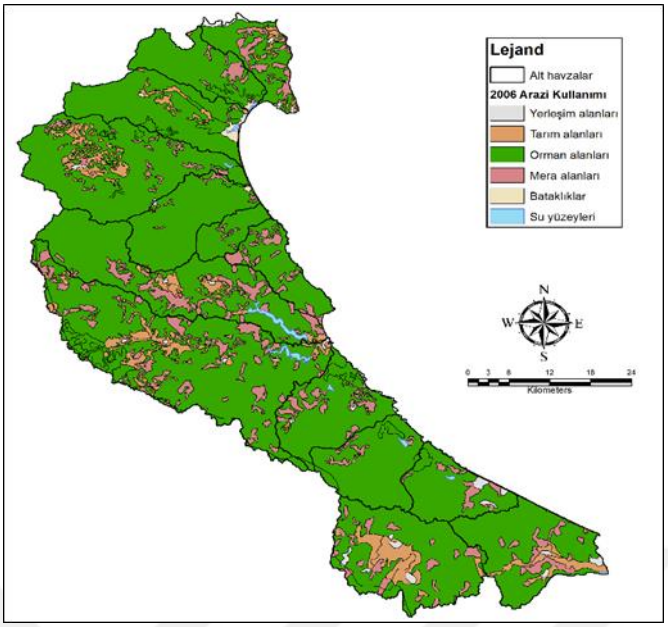
Araştırma sahası olarak Trakya bölgesinde Terkos gölünün kuzeybatısında yer alan ve Karadeniz'e sularını boşaltan akarsularının bulunduğu havzalar seçilmiştir. Bunun yanı sıra Şekil 3.1'de görülen ve sularını Karadeniz'e boşaltmayan 14 nolu havza da ilave olarak değerlendirme kapsamına alınmıştır. Bu sebeple farklı büyüklük ve şekillerdeki 11 adet havza önerilen bu tez kapsamında araştırılmıştır. 10, 11 ve 12 nolu havzalarda veri yetersizliği nedeniyle değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 3.1: Araştırma konusu havzaların sınırlarının uydu görüntüsü üzerindeki görünümü.

3.2. HAVZALARIN ARAZİ KULLANIMI

Araştırma havzalarının büyük ölçüde orman alanları olmak üzere kaplı olduğu görülebilmektedir. Araştırmaya konu olan havzalara ait Landsat uydu görüntüsü tabanında (2006 yılı) CORINE arazi kullanım sınıflamasına göre oluşturulan arazi kullanım sınıflaması haritası aşağıda gösterilmektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Araştırma konusu havzaların arazi kullanım haritası.

3.3. ARAŞTIRMA SAHASININ İKLİMİ

Havzalarda genel olarak Karadeniz ikliminin hüküm sürdüğü görülebilmektedir. Havzaları temsilen Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan Kırklareli Meteoroloji İstasyonuna (yükseklik: 232 m.) ait 1970-2011 yıllarını arasındaki ortalama değerlerin bulunduğu verilere bakıldığında toplam yağış ortalamasının en düşük olduğu ay Ağustos ayı (22 mm.) olduğu, en yüksek olduğu ay ise Kasım ayı (69 mm.) olduğu görülebilmektedir. En yüksek sıcaklık ortalamasına sahip ay ise Temmuz ayı (23.9°C) ve en düşük sıcaklık ortalamasına sahip ay ise Ocak ayı (3°C) olduğu görülebilmektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Kırklareli Meteoroloji İstasyonuna ait bazı iklim parametrelerinin uzun dönemli ortalama değerleri.

Parametre	YIL	O	Şt	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Ortalama Basınç (hPa)	42	991.5	989.7	988.8	986.3	987.0	986.5	986.0	986.9	989.3	991.5	991.3	991.3
Ortalama Sıcaklık (°C)	42	3.1	4.0	6.9	12.0	17.2	21.6	23.9	23.2	19.1	13.8	8.7	4.9
Maksimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	42	6.7	8.2	11.8	17.5	23.1	27.8	30.5	30.2	25.9	19.4	13.0	8.3
Minimum Sıcaklıkların Ortalaması (°C)	42	0.2	0.6	2.9	7.1	11.5	15.4	17.7	17.4	13.8	9.7	5.3	2.1
Ortalama Nem (%)	42	78.2	75.2	72.2	67.1	64.4	61.0	58.4	60.3	64.2	72.2	76.9	79.1
Toplam Yağış Ortalaması (mm)	42	51.6	45.1	46.3	42.9	48.7	48.3	28.9	22.0	33.1	53.5	69.0	62.8
Maksimum Yağış (mm)	42	52.0	48.2	36.8	30.6	57.4	55.2	74.9	50.2	71.4	84.8	57.1	75.2
Kar Yağışlı Günler Sayısı	42	4.7	4.1	2.7	0.4						0.1	0.8	2.9
Kar Örtülü Günler Sayısı	42	2.6	1.4	0.9	0.0							0.2	1.5
Maksimum Kar Kalınlığı (cm)	42	27	28	24	1							30	17
Ortalama Rüzgar Hızı (m_sec)	42	1.9	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7	1.6	1.8
Maksimum Rüzgar Hızı (m_sec) ve Yönü	42	31.3 NNE	27.4 NNE	26.9 S	26.9 WNW	23.4 W	24.0 WNW	25.0 WNW	33.0 WNW	24.8 NNW	26.0 NNE	25.0 SSW	25.9 NNE
Ortalama 20 cm. Toprak Sıcaklığı (°C)	40	4.2	4.9	7.7	13.2	18.9	23.2	26.0	25.8	21.6	15.3	9.7	5.8

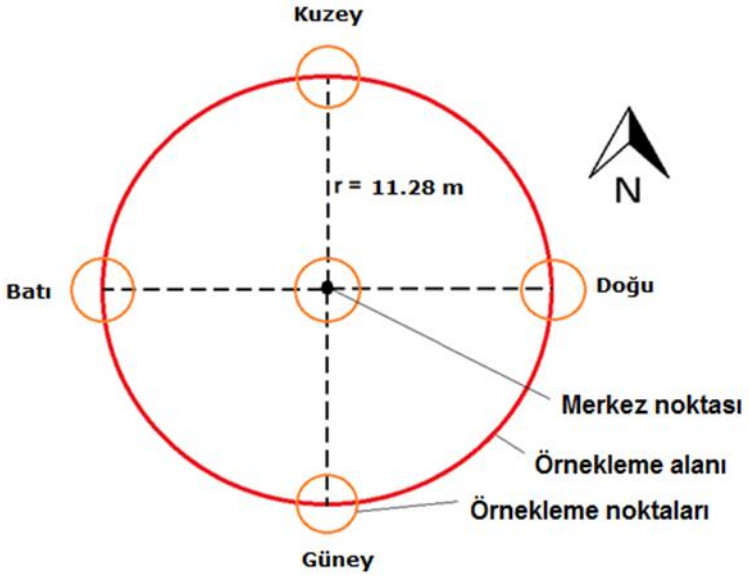
Ortalama Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	42			7.5	91.1	137.5	176.0	209.1	197.0	130.6	72.2	21.5	2.6
Maksimum Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	42			6.8	8.0	10.9	15.0	14.0	13.7	11.0	6.7	5.0	2.4
Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi (sa-da)	12	2.48	3.52	5.18	6.25	9.57	9.13	10.12	10.12	8.57	5.01	3.46	2.11

Proje kapsamında yapılan Thortwaite iklim tipi belirleme analizine göre bölgenin iklimi “B1B'1 s b'4” ile sembolize edilmekte ve bu sembol “yazın deniz iklimine yakın nemli, mezotermal, orta düzeyde toprak suyu açığı” olarak tanımlanmaktadır.

3.4. YÖNTEM

3.4.1. Örnekleme Deseni

Örnekleme büyükten küçüğe doğru mekânsal ölçekleme hiyerarşisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla örnekleme, büyükten küçüğe doğru azalan ölçekte havza, örnekleme alanı ve örnekleme noktası olmak üzere üç farklı ölçekte gerçekleştirilmiştir. Her bir havzada havzanın genel karakteristiklerini yansıtacak şekilde belirli sayıda örnekleme alanı dikkate alınmıştır. Örnekleme alanı yaklaşık 400 m² büyüklüğünde dairesel alanlardır. Örnekleme alanı içerisinde merkez, kuzey, güney, doğu ve batı olmak üzere 5 adet örnekleme noktası alınmıştır. Seçilen örnek noktalarından dört ana yönde ana merkeze 11.28 m. uzaklıktaki 5 noktadan (küçük örnekleme noktası) toprak, kuadrat ve yaprak yüzey alan indeksi (LAI) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3). Kuadrat örneklemesi içerisinde LAI, diri örtü miktarı, ölü örtü kalınlığı ve miktarı ile üst (0-20 cm) ve alt (20-40 cm) noktalarda yapılan toprak örneklemeleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3: Örnekleme alanı ve örnekleme noktalarını içeren örnekleme deseni.

Örnekleme alanının sınırlarını seçilen merkez noktasından 11.28 m yarıçaplı bir dairesel alanın sınırları olarak dikkate alınmıştır. Bu alan içerisinde 8 cm'den büyük çaplı ağaç ve ağaççıkların çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca örnekleme alanı içerisinde giren ağaç ve ağaççıkların sayısı da belirlenmiştir. Örnekleme alanı içerisinde değerlendiren ağaç topluluklarının bazı meşcere özellikleri (Hakim ağaç ve diğer ağaç türleri, kapalılık, tabakalılık, gelişme çağı belirlenmiştir. Belirlenen meşcere özellikleri örnekleme alanının merkez noktalarında GPS ile alınan koordinatlar vasıtasıyla yöreye özgü sayısal meşcere haritalarında kontrolleri yapılmıştır.

3.4.2. Havza Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu araştırmadaki alt amaçlardan birisi de söz konusu havzaların bazı fiziksel ve hidrolojik özelliklerinin belirlenmesidir. Tez bünyesinde değerlendirilen havza hidrolojik özellikleri, strahler dere sınıflaması, dere sayısı, dere uzunluğu (km), drenaj yoğunluğu (km/km^2), dere sıklığı, çatallanma oranları ve ana dere uzunluğu (km)'dur. Belirlenen havza fiziksel özellikleri ise havza alanı (km^2), havza çevre uzunluğu (km), havza maksimum yüksekliği (m), havza ortalama yüksekliği (m), havza minimum yüksekliği (m) ve havza ortalama eğimi (%)'dir. Bu amaçla tüm havzaların sayısal yükseklik modeli haritaları (DEM haritaları) çıkarılmış ve bu haritalar havza özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ArcGIS bilgisayar programı ile entegre çalışan ArcHYDRO modülü kullanılmıştır.

3.4.3. Karbon Hesaplamaları

Araştırma bünyesinde üst (0-20 cm) ve alt (20-40 cm) toprağın organik karbonu, ölü örtüdeki karbon stoğu ile toprak üstü biyokütledeki karbon stoğu (tüm odunsu gövdeler, dallar, yapraklar, sarmaşık tarzı sarılıcılar, toprak üstü çalı ve otsu vejetasyon) hesaplanması amaçlanmıştır. Örnekleme noktalarından ve örnekleme alanından elde edilen veriler hektara dönüştürülerek havuzlardaki karbon depolanmasını ton C/ha birimine dönüştürülmüştür. Bu amaçla elde edilen hesaplamalarda dikkate alınan eşitlikler ya da denklemler IPCC (2006) kılavuzundan elde edilmiştir. Karbon hesaplamalarında mümkün mertebe ülkeye özgü katsayıların ve değerlerin kullanılacağı Tier-2 (Seviye 2) yaklaşımı ile hesaplama yapılmasına gayret edilmiştir. Hesaplamalarda ülkeye özgü katsayı ve değer bulunamamışsa IPCC kılavuzundaki tablolardaki değerlerden yararlanılarak Tier-3 (Seviye 3) yaklaşımı benimsenmiştir.

3.4.3.1. Kabuklu Dikili Gövde Karbon Hesaplaması

Bu hesaplama toprak üstü biyokütlenin hesaplanması için çok önemli bir hesaplama aşamasıdır. Bu hesaplamadan elde edilen değerler ile diri örtü karbon havuzundan elde edilen değerler birlikte toprak üstü biyokütlenin karbon değeri bulunmaktadır. Toprak üstü biyokütlenin hesaplanması oldukça emek-yoğun bir iş gücünü gerektirmektedir. Çünkü yaprak, dal ve odunsu kütlenin yoğunlukları ve karbon depolama kapasiteleri farklıdır ve bunlar hesaplamaya dahil edilmesi gereken unsurlardır. Bu zor yaklaşımın dışında IPCC (2006) klavuzunda belirlenen kazanç-kayıp metoduna göre toprak üstü biyokütledeki net karbon birikimi hesaplanabilmektedir. Bu tez kapsamında karbon kayıpları ya da salımın hesaplanması amaç dâhilinde olmadığı için hesaplamada dikkate alınmayacaktır. Net karbon birikimi aşağıdaki ana eşitlik dikkate alınmaktadır.

$$\Delta C = \Delta C_G - \Delta C_L \quad (1.1)$$

Burada

ΔC = Karbon havuzundaki yıllık CSC, ton C yıl-1

ΔC_G = karbon kazancı, ton C yıl-1

ΔC_L = karbon kaybı, ton C yıl-1

Bu eşitlikte karbon kazancının (ΔC_G) hesaplanması aynı zamanda karbon tutumunun hesaplanmasıdır. ΔC_G aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta C_G = \Sigma i,j(Ai,j \text{ x } Gtoplami,j \text{ x } CFi,j) \quad (1.2)$$

Burada,

ΔC_G : İklim ve bitki örtüsü tipine göre aynı arazi kullanma kategorisinde (FL-FL, CL-CL, GL-GL vb.) kalan alanlarda biyokütle artımına bağlı olarak karbon stoğundaki artış (ton C / yıl)

A : Alan (ha)

Gtoplam : Yıllık ortalama hacim artımı (ton kuru madde/ha yıl)

i : Ekolojik zon (1 den n'e kadar)

j : İklim sınıfı (1'den m'e kadar)

CF : Kuru maddenin karbon fraksiyonu (ton C /ton kuru madde)dur.

Bu tez kapsamında toprak üstü ve toprak altı biyokütledeki karbonun hesaplanması ön plana çıktığı için Gtoplamın hesaplanması önemli olmaktadır. Gtoplam ağacın toprak üstü organları ile köklerini kapsamaktadır. Köklerden oluşan toprak altı biyokütle hesaplaması için kök-gövde oranı (R) kullanılmaktadır. Yapraklı ağaç türleri için R değeri 0.46, iğne yapraklı ağaç türlerinde ise 0.29 değeri kullanılmıştır. Hesaplamada Seviye 2 yaklaşımı dikkate alındığı için Gtoplam aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$Gtoplam = \Sigma\{I_v \text{ x } BCEF_I \text{ x } (1+R)\} \quad (1.3)$$

Burada,

Gtoplam: Yıllık ortalama toprak üstü ve toprak altı biyokütle artımı (ton kuru madde/ha yıl)

R: Belli bitki örtüsü için kök-gövde oranı (ton toprakaltı kuru madde/ton topraküstü kuru madde. (Seviye-1 düzeyi hesaplamalarda toprakaltı biyokütlenin değişmediği varsayıldığında R değeri sıfır kabul edilir.)

Iv: Belli bitki örtüsü tipi için yıllık ortalama net artım (m^3/ha yıl)

$BCEF_I$: Belli bitki örtüsü için yıllık hacim artımını (kabuklu) toprak üstü biyokütle artımına dönüştürmek için biyokütle dönüşüm ve genişleme faktörü (ton toprak üstü biyokütle artımı/m3 net yıllık artım).

$BCEF_I$ değerinin hesaplamasında aşağıdaki eşitlikten faydalanılmaktadır.

$$BCEF_I = BEF_I \times D \quad (1.4)$$

Burada,

BEF: Kesilip kullanılabilecek odun hacmini toprak üstü biyokütleyi genişleten katsayıdır (boyutsuz).

D: Odun yoğunluğudur.

BEF_I ve D değerleri Tolunay (2011)'in çalışmasında Türkiye'de bazı ağaç türlerine ait önceki yapılan çalışmalardan derlediği tablodaki değerler kullanılarak hesaplamaya dahil edilmiştir. Tez kapsamında örneklenen Meşe ağaçları için D: 0.57 Mg m^{-3}, Kayın ağaçları için D: 0.530 Mg m^{-3} ve Karaçam ağaçları için ise D: 0.470 Mg m^{-3} olarak alınmıştır. BEF_I değeri meşe ağaçları için 1.324, kayın türleri için 1.228 ve Karaçam türleri için 1.071 olarak alınmıştır. Burada, örnekleme yapılan alandaki ağaç türüne bağlı olarak değişen BEF_I ve D değerleri $BCEF_I$ değerlerinin farklılaşmasına, dolayısıyla farklı Gtoplam değerlerinin elde edilmesine sebep olmaktadır.

3.4.3.2. Diri Örtüdeki Karbon Hesaplaması

Toprak üstü biyokütlenin tamamlanabilmesi için diri örtüde tutulan karbonun da hesaplanması gerekmiştir. Bu amaçla öncelikle 50x50 cm boyutlarında kuadrat içerisinde toplanan diri örtünün yaş ağırlığı ile örneklerin fırında 105^0C de bir gün süreyle bekletilmesiyle fırın kurusu ağırlığı elde edilmiştir. Daha sonra fırın kurusu ağırlık hektara dönüştürmüş ve 0.50 karbon

fraksiyonu (CF) değeri ile çarpılarak hektardaki diri örtüde biriken karbon değeri (ton C/ha) elde edilmiştir.

3.4.3.3. Ölü Örtüdeki Karbon Hesaplaması

Ölü örtüdeki karbon hesaplaması için 50x50 cm boyutlarında kuadrat içerisinde toplanan ölü örtünün yaş ağırlığı ile örneklerin fırında 75^0C de bir gün süreyle bekletilmesiyle fırın kurusu ağırlığı elde edilmiştir. Daha sonra fırın kurusu ağırlık hektara dönüştürmüş ve 0.37 CF değeri ile çarpılarak hektardaki diri örtüde biriken karbon değeri (ton C/ha) elde edilmiştir.

3.4.3.4. Toprak Organik Karbonunun Hesaplanması

Bu tez kapsamında inorganik topraklardan gerçekleşen karbon tutumları hesaplanmamıştır. Topraklarda sadece organik topraklardan kaynaklanan karbon tutumları hesaplanmıştır. Bu amaçla üst (0-20 cm)ve alt (20-40 cm) olmak üzere toplam 40 cm lik toprak derinliğinde örnekleme yapılmıştır. Hesaplamada toprak derinliğinden (40 cm) hektardaki toprak hacmi hesaplanmaktadır. Bu hacim değeri toprağın hacim ağırlığı değeri ile çarpılarak hektardaki toprağın ağırlığı elde edilmektedir. Toprak ağırlığı, Walkley-Black yöntemine göre hesaplanan organik madde yüzdesi değeri ve 0-2 mm boyutundaki toprak taneciklerinin % fraksiyon değeri ile çarpılarak toprağın organik madde değeri hesaplanmaktadır. Organik madde değeri 0.5 CF değeri ile çarpılarak toprağın tuttuğu karbon değeri hesaplanmıştır. Toprak organik karbonu genel olarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$Toprak\ Organik\ Karbonu\ (ton\ C/ha) = A_S x\ TM(\%)_S\ x\ OM(\%)_s\ x\ CF \qquad (1.5)$$

Burada,

A_S = S yüksekliğindeki toprağın Ağırlığı (ton)

TM_S = S yüksekliğindeki toprağın 0-2 mm taneciklerinin yüzdesi

OM_S = S yüksekliğindeki toprağın organik madde yüzdesi

CF = Karbon fraksiyonudur (0.50 olarak alınabilmektedir).

3.4.4.İstatistiksel Değerlendirme

3.4.4.1. Kümeleme Analizi

Kümeleme (cluster) analizi, oluşturulan veri setlerinin farklı gruplardan oluşup oluşmadığını ve farklı gruplar varsa bu grupları tespit etmek için kullanılan çok değişkenli istatistiksel yöntemdir (Everitt, 1994; Wu ve diğ.1999). Kümeleme analizi yapılan gözlemler arasında kümelendirme, değişkenler arası sınıflandırma ya da gözlemlerin ve değişkenlerin bir arada sınıflandırabilmeyi hedeflemektedir (Çelik ve diğ., 2000; Özdamar,2002). Başka bir tanıma göre de kümeleme analizi, birimler arasındaki gözlemlenen ortak özellikler ve farklı yönlerin hesaplanan ve oluşturulan ölçüm sonuçlarına göre homojen grup ayrımı yapmak ve belirli ayırıcı özellikler tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır (Atik ve Özbek, 2013). Kümeleme analizi, elde edilen ölçümlerdeki değişenlere göre benzerliklerin tespit edilerek bunları hesaplamalarda kullanmak için uygulanmaktadır. Kümeleme analizinde iki yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşımda, bütün birimler bir küme olarak varsayılır ve her birim bir küme oluşturana kadar bütün birimlerin benzer olan özellikleri bulunmuş olur. İkinci yaklaşımda da birimlerin her birinin bir küme olduğu varsayılır ve birbirine benzeyen birimler bir araya getirilerek tek bir küme oluşturulur (Mardia ve diğ., 1979; Johnson ve diğ., 2002; Jain ve diğ., 1988, Hartigan ve diğ.,1975). Bu tez kapsamında örnekleme alanları ve havzalar arasındaki benzerliklerin tespiti için hiyerarşik kümeleme analizi kullanılmaktadır. Gruplar arasındaki benzerlik "Öklid mesafesi" yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Sonuçlar bağlantı mesafesi yöntemi (Dlink/Dmax) ile bir dendrogram üzerinde gösterilmiştir. Böylece benzer özelliklerdeki havzalar kümeleme analizi ile ortaya çıkarılmaktadır.

3.4.4.2. Temel Bileşenler Analizi

Temel bileşen analizi (TBA) olarak adlandırdığımız TBA analizi, tanımlamak, sınıf ayrımı yapmak görüntü sıkıştırmak gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde mevcut olan değişkenlere ait veri setinin varyans kovaryans yapısını ortaya koyarak hesaplamalarda sonuç üretmek için kullanılan bu değişkenlerin doğrusal olarak oluşturulmuş doğrusal birleşimler sayesinde ifade edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda bu yöntem, mevcut boyutların indirgenmesi ve anlamlandırılmasını sağlayan, çok değişkenlere sahip olan istatistiksel olarak kullanılan yöntemdir. TBA, analiz edilen verilerdeki bileşenleri ortaya çıkarmak için kullanılan etkili bir istatistiksel bir yöntemdir. TBA yönteminin amacı, verilerin çeşitliliğini daha iyi bir şekilde açığa çıkarmak için yeni bir yöntem takımı oluşturmaktır (Berkhin,2002).

3.4.4.3. Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

Araştırmanın ana amaçlarından birisi toprak organik karbonunun toprak üstü vejetasyon özellikleri ile istatistiksel anlamda ilişkilerinin bulunup bulunmadığının araştırılmasıdır. Bu amaçla araştırma kapsamında aşağıdaki sıfır hipotezleri elde edilmiştir.

Sıfır Hipotezi 1: Farklı havzalarda meşcere gelişme çağlarının toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Sıfır Hipotezi 2: Farklı havzalarda ölü örtü kalınlığının toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Sıfır Hipotezi 3: Farklı havzalarda kabuklu dikili gövde karbon stoğunun toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Sıfır Hipotezi 4: Farklı havzalarda yaprak yüzey alan indeksinin (LAI) toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Tüm bu hipotezler tek yönlü varyans analizi ile (ANOVA) istatistiksel anlamda değerlendirilmiştir. ANOVA, ortalamalar arasında fark olup olmadığına tespit için kullanılmakta olup bu analiz sayesinde grupların birbirinden farklı olup olmadığı bilgisi elde edilmektedir.

3.4.4.4. Korelasyon Analizi

Araştırma kapsamında örneklemesi ve ölçümü yapılan parametre değerlerinin birbirleriyle olan ilişkileri Pearson Korelasyon Analizi kullanılarak saptanmaya çalışılmıştır.

4.BULGULAR

Araştırmada havza özelliklerine ait bulgular, meşcere, diri ve ölü örtü özelliklerine ait bulgular, toprak özelliklerine ait bulgular ve istatistik değerlendirmelere ait bulgular olmak üzere 4 ana kategoriye ayrılmıştır.

4.1. HAVZA ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

ArcHYDRO programı kullanılarak sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilen 11 adet araştırma havzalarına ait bazı fiziksel ve hidrolojik özellikler aşağıdaki tabloda görülebilmektedir (Tablo 4.1). Ayrıca ek tablolarda ArcHYDRO ile elde edilen havzalara ait haritalar bulunmaktadır.

Tablo 4.1: Havzalarına ait bazı fiziksel ve hidrolojik özellikler.

	Dere uzunluğu (km)	Drenaj yoğunluğu (km/km²)	Dere sıklığı	Çatallanma oranları	Ana dere uzunluğu (km)	Havza Çevre (km)	Havza Maksimum yükseklik (m)	Havza Ortalama yükseklik (m)	Havza Minimum yükseklik (m)	Havza Ortalama eğim (%)
W1	68589.19	5.59	9968.28	3.61	21269.03	71.06	377.00	188.00	0.00	9.48
W2	28548.61	4.06	10025.15	12.32	10895.44	47.17	406.00	202.00	0.00	12.78
W3	57206.11	6.40	9955.61	3.09	15556.71	51.48	476.00	234.50	0.00	13.82
W4	70972.42	7.38	10052.38	9.61	20742.30	61.87	492.00	239.00	0.00	12.39
W5	80453.16	4.28	4381.77	4.48	52031.35	125.97	825.00	411.00	0.00	11.87
W6	17967.31	3.25	100.40	4.01	6056.26	48.72	306.00	147.00	0.00	10.23
W7	12117.18	4.23	10018.72	5.42	12013.87	28.49	385.00	192.50	0.00	13.97
W8	36691.20	3.97	10968.63	5.50	20854.10	58.61	512.00	256.00	0.00	14.37
W9	82381.42	4.38	4374.88	5.03	35237.53	92.93	741.00	370.50	0.00	12.20
W13	142357.50	4.39	4478.88	3.38	46493.61	169.47	836.00	414.00	0.00	9.42
W14	63692.77	4.02	10113.69	6.94	31000.07	85.77	392.00	215.00	38.00	8.57

4.2. HAVZA MEŞCERE ÖZELLİKLERİ VE ÖRNEKLEME ALANINA AİT BULGULAR

Farklı havzalarda havzaları temsilen seçilen örnekleme alanlarında meşcere özellikleri de alanda tespit edilmiş ve bu özellikler meşcere haritaları ile kontrol edilmiştir. Örnekleme alanlarının hangi meşcereye girdiği, gelişme çağı durumu, kapalılık, örnekleme alanında (400

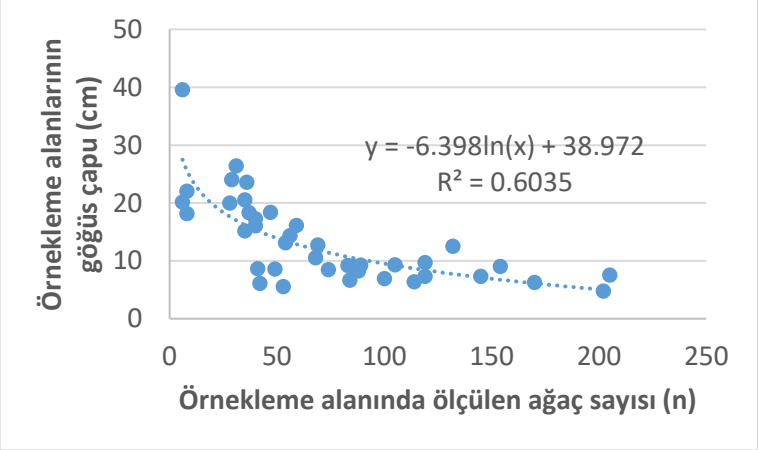
m^2) ölçülen ağaç sayısı, girdiği meşcerenin toplan alanı (ha), meşcere ortalama göğüs çapı (d 1.30) ve 1 hektar alandaki hacim (m^3) değerleri Tablo 4.2'de görülebilmektedir. Tabloya göre özellikle a çağından d çağına doğru meşcere ortalama göğüs yüzeyinde atış olduğu görülebilmektedir. Tablo 4.2'de meşcere ortalama göğüs çapı sütununda yer alan standart sapma değerlerinin düşük olması farklı çap kademelerinde ya da daha geniş çap kademesi aralığında örnekleme yapıldığını, düşük olması daha az çap kademesinde ya da daha düşük çap kademesi aralığında örnekleme yapıldığını göstermektedir.

Tablo 4.2: Havza meşcere özellikleri ve örnekleme alanına ait değerler.

Noktalar	Meşcere tipi	Gelişme çağı	Ortalama boy (m)	Kapalılık	Örnek alanda (400m2) ölçülen ağaç sayısı	Meşcere alanı (ha)	Örnekleme alanı ortalama gögüs çapı (cm)	1 ha daki hacim (m3)	Kabuklu dikili gövde biyokütle (ton/ha)	Kabuklu dikili gövde karbon stoğu (ton C/ha)
W1-1	Ma3	a	7.8	3	41	42.0	8.7 ± 3.61	8.2	9.04	4.61
W1-5	Mab3	a ve b	8.5	3	68	52.8	10.55 ± 4.03	30.6	33.72	17.2
W1-10	Ma	a	6.5	Gençlik	205	50.6	7.56 ± 3.16	20.5	22.59	11.52
W1-4	MGnab3	a ve b	11.8	3	83	17.2	9.21 ± 5.56	41.5	45.73	23.22
W2-2	Kncd3	c ve d	40	3	6	50.8	39.62 ± 7.32	325.95	309.73	157.96
W2-7	Mb3	b	35	3	6	4.0	20.16 ± 7.04	70.5	66.99	34.17
W2-12	ÇmÇkbc3	b ve c	20.3	3	8	7.1	18.17 ± 5.63	40.2	26.1	13.31
W2-10	Knbc3	b ve c	31.5	3	8	29.6	22.08 ± 2.83	92.2	101.59	51.81
W3-1	Ma3	a	12.1	3	100	44.7	6.94 ± 3.47	407.5	449	228.99
W3-2	Mb3	b	30.25	3	54	10.3	13.18 ± 6.17	41.5	45.73	23.32
W3-6	Ma	a / C	32.6	Gençlik	29	43.4	24.07 ± 8.26	466.18	513.65	261.96
W3-11	Mb3	b	21.4	3	105	9.1	9.36 ± 5.37	55.13	60.74	30.98
W3-4	Mb3	b	23.7	3	56	31.6	14.4 ± 4.87	190.4	209.79	106.99
W4-6	Ma	a	6.4	Gençlik	202	48.4	4.82 ± 1.09	0.51	0.56	0.28
W4-A	Mb3		14.8		119	7.5	9.72 ± 3.46	80.33	88.5	45.14
W5-14	Ma3	a	10.8	3	119	25.9	7.35 ± 3.03	23.8	26.22	13.37
W5-5	Mbc3	b ve c	24.3	3	40	34.5	17.28 ± 7.16	215	236.89	120.82
W5-4	Ma3	a	9.8	3	74	29.0	8.51 ± 5.06	20.35	22.42	11.44
W5-A	Ma	a	7.5	Gençlik	170	49.7	6.31 ± 2.71	8.5	9.37	4.78
W5-B	Mc3	c	34.2	3	31	33.9	26.43 ± 3.60	498.325	549.07	280.03
W5-C	Mb3	b	27.8	3	47	38.4	18.42 ± 2.63	320.775	353.44	180.25
W5-11	Ma3	a	8.2	3	145	68.1	7.37 ± 2.71	18.125	19.97	10.19
W6-2	Ma	a	8.8	Gençlik	88	34.3	8.27 ± 3.27	19.8	21.82	11.13
W6-3	Ma	a	9.2	Gençlik	86	38.9	9.05 ± 3.27	30.1	33.17	16.91
W7-X	Mb3	b	28.5	3	36	41.4	23.61 ± 7.5	418.5	461.12	235.17
W8-1	Ma3	a/B	23	3	40	37.5	16.11 ± 6.23	179	197.23	100.59
W8-3	Ma3	a	11	3	89	42.5	9.28 ± 3.82	40.05	44.13	22.51
W9-6	KnMc3	c	37	3	35	4.9	20.59 ± 8.70	392.7	412.58	210.42
W9-3	BM	baltalık	35.7		37	10.0	18.38 ± 15.68	356.125	338.4	172.58
W9-13	ÇkMGnb3	b çağı	17.9	3	69	19.5	12.77 ± 7.88		138.18	70.47
W13-8	Mab3	aveb / gençlik	5.4	3	53	15.7	5.59 ± 2.02	0.13	0.15	0.07
W13-13	Çkb3	b	33.3	3	28	43.4	20.04 ± 12.75		395.65	201.78
W13-12	Mab3	aveb	12	3	42	35.3	6.15 ± 2.5	1.05	1.16	0.59
W13-X	MKnb3	b	24.8	3	59	13.4	16.17 ± 7.73		275.97	140.74
W13-Y	KnMDyab3	aveb	16	3	49	40.3	8.62 ± 4.98		7.06	3.6
W13-A	Mab2	aveb	23.2	2	35	19.3	15.19 ± 6.12	137.375	151.3643	77.2
W14-1	Ma3	a	17.2	3	132	42.4	12.55 ± 3.95	227.7	250.89	127.95
W14-2	Ma3	a	14.6	Gençlik	154	57.3	9.08 ± 2.83	103.95	114.54	58.41
W14-3	Ma3	a	11.2	3	84	21.3	6.69 ± 2.92	4.2	4.63	2.36
W14-19	Ma3	a	10.9	3	114	29.7	6.42 ± 2.66	5.7	6.28	3.2

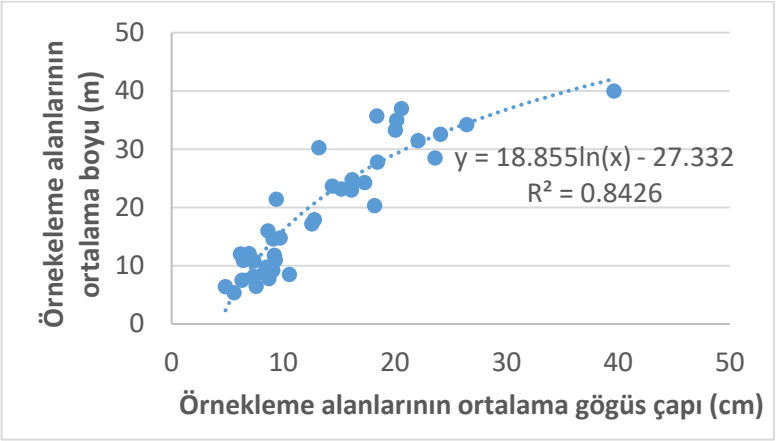
Tablo 4.2'de hektardaki hacim değerlerini özellikle ağaçların çap, boy ve örnekleme alanı (400 m^2) içerisine giren ağaç sayısının etkilendiği görülebilmektedir. Hacim değerleri ile Metot kısmında 1.3 ve 1.4 eşitlikleri kullanılarak hektardaki biyokütle ve karbon stok değerleri elde edilmiştir. Buna göre en yüksek kabuklu dikili gövde karbonunun tutulduğu örnekleme alanı 280.03 ton C/ha ile W5-B olduğu görülebilmektedir (Tablo 4.2). En az tutulduğu örnekleme alanı ise 0.07 ton C/ha ile W13-8 olduğu görülebilmektedir.

Yaklaşık 400 m^2 büyüklüğe sahip örnekleme alanlarında ortalama olarak hesaplanan çap ve ağaç sayıları değerleri arasında logaritmik bir ilişki olduğu görülebilmektedir. Bu ilişki Şekil 4.1'de görülebilmektedir. Bu durum özellikle odun üretimi amacıyla işletilen bölmelerdeki üretim ormanlarının karakteristik özelliğidir. Meşcerelerin gelişim çağları meşcere ortalama göğüs yüzeyi çapları ile karakterize edilmektedir. Dolayısıyla kaliteli odun üretimi amacıyla yaşlı ve boylu ağaç türlerinin bir özelliği olarak çap kademeleri artmakta ve fakat hektardaki ağaç sayısı azalmakta, göğüs çapı düştüğünde gençlik bireylerinde olduğu gibi ağaç türleri sık biçimde hektara dağılmaktadır. Tez konusu araştırma sahasında da üretim ormanlarının karakteristik özelliği olan bu durum ile karşılaşılmıştır.



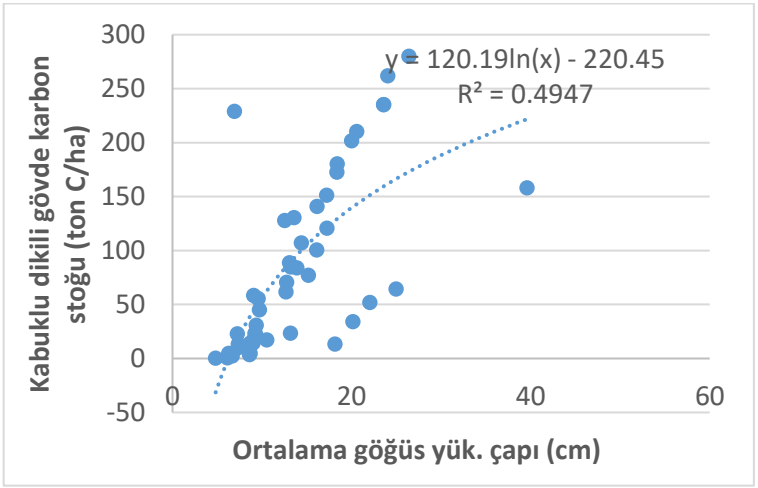
Şekil 4.1: Örnekleme alanlarındaki ağaç türlerin çap ve boyları arasındaki ilişki.

Örnekleme alanlarındaki ağaç türlerine ait ortalama çap ve boylar arasında da logaritmik bir ilişki olduğu görülebilmektedir. Bu logaritmik ilişkinin R^2 değerinin yüksek olduğu (0.84) görülebilmektedir. Şekil 4.1'den hektardaki en yüksek ortalama göğüs yükseklikleri değerlerine 0-50 adet örneğin bulunduğu örnekleme alanlarında elde edilmiştir.



Şekil 4.2: Örnekleme alanlarının ortalama çap ve boy grafiği.

Örnekleme alanlarındaki ortalama göğüs yüksekliği çapı ile kabuklu dikili gövde karbon stoğu değerleri arasında istatistiksel anlamda logaritmik bir ilişki olduğu Şekil 4.2'ten görülebilmektedir. Örnekleme alanlarındaki ortalama göğüs çapı azaldıkça örnekleme alanlarındaki ortalama boyun (m) da azaldığı görülmektedir. Örnekleme havzalarının genelinde Tablo 4.2'te görülebildiği üzere meşe meşcereleri hakim olmaktadır. Dolayısıyla Şekil 4.1, Meşe meşcerelerini temsil eden örnekleme noktaları için ortalama çap ve boy grafiği olarak kabul edilebilmektedir.



Şekil 4.3: Ortalama göğüs yüksekliği çapı ile kabuklu dikili gövde karbon stoğu grafiği.

Şekil 4.3 incelendiğinde örnekleme alanlarına ait ortalama göğüs çapı değerleri arttıkça dikili hacim artacağı için karbon değerlerinin artabileceği görülebilmektedir.

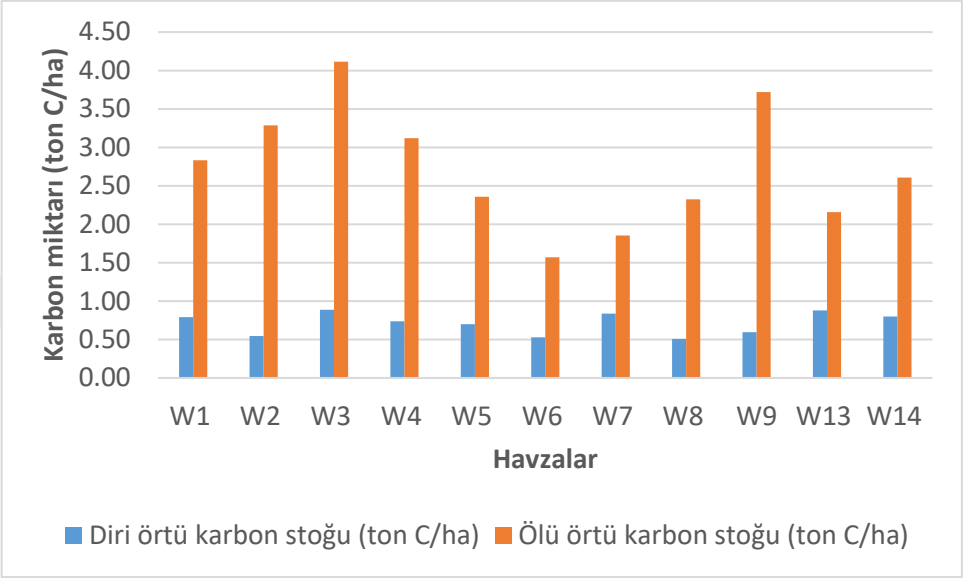
4.3. DİRİ ÖRTÜ VE ÖLÜ ÖRTÜ ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

Havzalarda örnekleme alanı içerisinde merkez, kuzey, güney, doğu ve batı olmak üzere 5 adet kuadrat örneklemesi yapılmıştır. 50x50 cm boyutlarındaki kuadrat içerisine giren yer örtücü türler ile kısa boylu odunsu vejetasyon toplanıp yaş ve kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Ölü örtü örneklemesinde de diri örtü örneklemesinde olduğu gibi kuadrat içerisinde toplanan örtünün yaş ve kuru ağırlığı ölçülmüştür. Standart sapma değerleri örnekleme alanı içerisindeki örnekleme noktalarındaki kuadrat ölçümleri arasında diri örtü ve ölü örtü dağılımları bakımından fikir verebilmektedir. Standart sapmanın yüksek olduğu havzalarda kuadrat içerisinde toplanan diri ve ölü örtü yoğunluklarında kuadratlar arasında yüksek oranda fark bulunduğunu göstermektedir. Düşük standart sapma ise kuadratlar arasında diri ve ölü örtü yoğunlukları bakımından benzer olduğunu gösterebilmektedir.

Tablo 4. 3: Diri örtü ve ölü örtü özelliklerine ait bulgular.

Noktalar	Diri örtü kuru ağırlığı (g/0.25 m2)	Diri örtü hektara çevirme	Diri örtü karbon stoğu (ton C/ha)	Ölü örtü kuru ağırlığı (g/0.25 m2)	Ölü örtü hektara çevirme	Ölü örtü karbon stoğu (ton C/ha)
W1 genel ort.	39.62	1.58	0.79	191.45	7.66	2.83
W1 std. sap.	20.53	0.82	0.41	45.41	1.82	0.67
W2 genel ort.	27.32	1.09	0.55	222.13	8.89	3.29
W2 std. sap.	20.25	0.81	0.41	85.42	3.42	1.26
W3 genel ort.	44.43	1.78	0.89	278.05	11.12	4.12
W3 std. sap.	29.18	1.17	0.58	127.90	5.12	1.89
W4 genel ort.	36.91	1.48	0.74	210.84	8.43	3.12
W4 std. sap.	8.38	0.34	0.17	73.04	2.92	1.08
W5 genel ort.	35.05	1.40	0.70	159.24	6.37	2.36
W5 std. sap.	5.59	0.22	0.17	79.54	3.18	1.18
W6 genel ort.	26.44	1.06	0.53	106.05	4.24	1.57
W6 std. sap.	4.65	0.19	0.09	60.84	2.43	0.90
W7 genel ort.	41.93	1.68	0.84	125.13	5.01	1.85
W7 std. sap.	4.22	0.17	0.08	35.01	1.40	0.52
W8 genel ort.	25.36	1.01	0.51	157.03	6.28	2.32
W8 std. sap.	9.10	0.36	0.18	75.97	3.04	1.12
W9 genel ort.	29.82	1.19	0.60	251.33	10.05	3.72
W9 std. sap.	3.53	0.14	0.07	114.09	4.56	1.69
W13 genel ort.	43.94	1.76	0.88	145.83	5.83	2.16
W13 std. sap.	12.47	0.50	0.25	101.78	4.07	1.51
W14 genel ort.	40.01	1.60	0.80	176.04	7.04	2.61
W14 std. sap.	8.46	0.34	0.17	43.16	1.73	0.64

En yüksek ölü örtü karbonunun tutulduğu havza 4.12 ton C/ha ile havza 3 (W3) olduğu görülebilmektedir (Tablo 4.3). En düşük ölü örtü karbonunun tutulduğu havza ise 0.52 ton C/ha ile havza 7 (W7) olduğu görülebilmektedir. En yüksek diri örtü karbonu 0.89 ton C/ha ile yine havza 3 (W3) olduğu, en düşük diri örtü karbonu ise 0.07 ton C/ha ile havza 9 (W9) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.4: Havzalardaki diri ve ölü örtü karbon miktarları.

Havzalardaki diri ve ölü örtü karbon miktarlarını gösteren Şekil 4.4'te diri örtü karbon değerlerine bakıldığında havzaların birbirleri arasında büyük bir farklılık olmadığı görülmektedir. Ölü örtü karbon değerlerinde ise havzaların birbirleri arasında önemli farklılıklar olduğu görülebilmektedir.

4.4. TOPRAK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR

Havzalardaki örnekleme alanları içerisindeki 5 adet örnekleme noktasında kuadrat örneklemesi içerisinde aynı zamanda toprak örneklemesi de yapılmıştır. 11 adet havzada yaklaşık 40 adet örnekleme alanındaki 5 farklı örnekleme noktasında üst (0-20 cm) ve alt (20-40 cm) derinlik kademelerinden olacak şekilde toprak örneklemeleri alınmıştır. Poliüretan torba ve silindir örnekleri şeklinde laboratuvara getirilen örneklerin analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular Tablo 4.4'te özetlenmiştir. Tablo 4.4 'te organik madde değerlerine bakıldığında genellikle üst derinlik kademesinde (0-20 cm) alt derinlik kademesine göre (20-40 cm) daha yüksek değerler elde edilmiştir. Yine hektardaki organik toprak karbon stok değerlerine bakıldığında üst

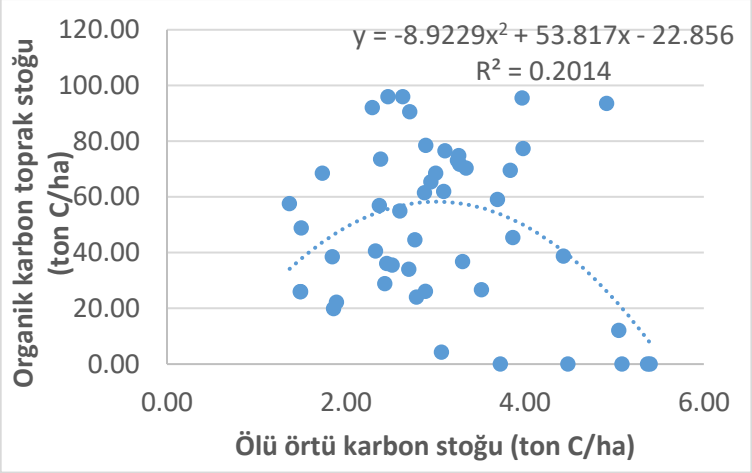
derinlik kademesinde (0-20 cm), alt derinlik kademesine göre daha yüksek olduğu görülebilmektedir.

Tablo 4.4: Toprak özelliklerine ait bulgular.

Noktalar	Toprak numune derinliği	Kök	0-2 mm	2-5 mm	>5 mm	Kök %	0-2 mm %	2-5 mm %	>5 mm %	Toprak (% orgmad WALKLEY BLACK)	Hacim ağırlığı gr/cm3 = ton/m3	Hektardaki toprak organik karbonu stoğu (ton/ha C)
W1	Genel üst ortalama (0-20)	0.09	101.32	42.92	9.13	0.07	68.99	25.33	5.61	3.86	1.29	31.55
	Std sapma üst	0.25	12.38	37.16	6.18	0.18	16.45	14.43	3.21	1.12	0.07	12.42
	Genel alt ortalama (20-40)	0.12	90.76	35.19	30.54	0.09	60.21	22.66	17.04	3.30	1.33	26.03
	Std sapma alt	0.32	27.15	10.27	38.45	0.24	18.63	5.14	16.89	0.94	0.17	10.69
	Genel W1 (0-40 cm)	0.21	192.08	78.10	39.67	0.08	60.29	22.41	10.97	7.16	2.62	57.58
W2	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	127.64	100.66	78.92	0.00	44.68	30.57	24.75	5.20	1.17	26.52
	Std sapma üst	0.00	46.47	55.82	40.30	0.00	10.18	5.48	5.84	1.50	0.16	10.58
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	135.23	109.03	86.01	0.00	44.21	30.66	25.13	3.34	1.34	19.70
	Std sapma alt	0.00	42.23	55.16	38.68	0.00	8.83	5.96	4.54	0.42	0.48	7.80
	Genel W2 (0-40 cm)	0.00	262.87	209.69	164.93	0.00	42.61	31.32	26.07	8.54	2.51	46.22
W3	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	79.07	28.14	14.54	0.00	62.09	26.61	11.30	3.19	1.00	34.45
	Std sapma üst	0.00	28.83	13.29	10.64	0.00	16.53	16.51	7.81	2.11	0.18	19.30
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	102.35	32.18	10.53	0.00	70.99	21.81	7.19	3.85	1.04	39.55
	Std sapma alt	0.00	9.09	12.75	5.61	0.00	8.50	7.28	3.87	1.22	0.07	10.76
	Genel W3 (0-40 cm)	0.00	181.43	60.32	25.07	0.00	66.54	24.21	9.25	7.04	2.04	73.99
W4	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	107.56	35.37	7.88	0.00	71.87	23.22	4.91	4.89	0.87	45.43
	Std sapma üst	0.00	39.98	15.38	7.03	0.00	25.38	9.96	3.96	1.73	0.51	17.74
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	102.10	16.25	3.03	0.00	83.82	13.57	2.62	3.98	0.84	41.22
	Std sapma alt	0.00	16.83	7.50	2.80	0.00	8.92	6.45	2.52	0.62	0.14	4.71
	Genel W4 (0-40 cm)	0.00	209.65	51.62	10.91	0.00	77.84	18.39	3.76	8.87	1.70	86.65
W5	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	80.93	30.46	18.25	0.00	63.33	23.51	13.16	4.62	1.15	32.39
	Std sapma üst	0.00	23.88	9.24	18.74	0.00	12.54	3.64	10.16	2.11	0.25	13.33
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	75.77	39.96	21.20	0.00	55.94	29.35	14.71	3.13	1.24	21.64
	Std sapma alt	0.00	14.12	9.28	14.48	0.00	9.55	5.50	8.28	0.98	0.23	8.52
	Genel W5 (0-40 cm)	0.00	156.70	70.43	39.45	0.00	59.63	26.43	13.94	7.74	2.39	54.02
W6	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	37.44	30.77	30.89	0.00	36.71	30.89	32.40	8.96	0.92	31.08
	Std sapma üst	0.00	16.89	4.84	11.92	0.00	13.69	2.22	14.37	4.57	0.06	19.27
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	36.47	46.80	45.26	0.00	27.83	36.15	36.02	3.82	1.13	11.13
	Std sapma alt	0.00	13.12	10.08	14.64	0.00	8.00	6.05	13.48	1.10	0.11	2.11
	Genel W6 (0-40 cm)	0.00	73.91	77.57	76.14	0.00	32.27	33.52	34.21	12.78	2.04	42.21
W7	Ortalama üst(0-20 cm)	0.00	101.21	20.68	1.65	0.00	82.47	16.18	1.35	5.39	1.11	49.10
	Std sapma üst	0.00	4.91	8.56	0.05	0.00	4.98	5.17	0.19	0.35	0.12	5.57
	Ortalama alt(20-40 cm)	0.00	117.66	27.54	1.76	0.00	80.12	18.70	1.18	3.26	1.33	34.28
	Std sapma alt	0.00	3.96	2.61	0.64	0.00	1.24	0.86	0.38	1.04	0.07	9.69
	Genel W7 (0-40 cm)	0.00	218.87	48.22	3.41	0.00	81.30	17.44	1.27	8.65	2.44	83.38
W8	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	102.33	28.20	6.09	0.00	74.69	20.74	4.57	5.65	1.22	50.54
	Std sapma üst	0.00	13.12	5.43	4.58	0.00	7.53	4.49	3.49	0.97	0.03	2.49
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	113.09	36.15	6.18	0.00	72.64	23.31	4.05	3.46	1.41	34.68
	Std sapma alt	0.00	11.90	3.46	3.45	0.00	4.39	2.21	2.31	1.72	0.09	15.30
	Genel W8 (0-40 cm)	0.00	215.42	64.35	12.27	0.00	73.67	22.02	4.31	9.11	2.63	85.22
W13	Genel üst ortalama (0-20)	0.00	92.16	60.47	15.89	0.00	55.69	33.08	11.23	4.30	1.15	29.87
	Std sapma üst	0.00	7.86	14.29	2.69	0.00	9.85	0.54	2.74	0.07	0.02	2.90
	Genel alt ortalama (20-40)	0.00	77.38	35.24	23.83	0.00	57.62	26.96	15.42	3.55	1.07	19.89
	Std sapma alt	0.00	14.15	7.66	8.15	0.00	7.79	7.18	2.35	0.01	0.01	2.74
	Genel W13 ortalama	0.00	169.54	95.71	39.72	0.00	56.65	30.02	13.32	7.85	2.21	49.76
W14	Genel üst ortalama (0-20)	0.04	146.31	73.91	56.67	0.03	61.34	24.39	14.24	5.59	1.10	40.92
	Std sapma üst	0.10	51.88	49.86	53.15	0.09	16.91	6.83	11.48	1.85	0.14	25.92

	Genel alt ortalama (20-40)	1.05	134.39	77.68	51.07	0.71	53.67	29.69	15.93	3.81	1.42	30.89
	Std sapma alt	2.51	64.24	43.97	46.76	1.70	14.21	8.16	11.78	1.60	0.33	20.51
	Genel W14 (0-40 cm)	1.08	280.70	151.59	107.74	0.37	57.50	27.04	15.09	9.40	2.52	71.80

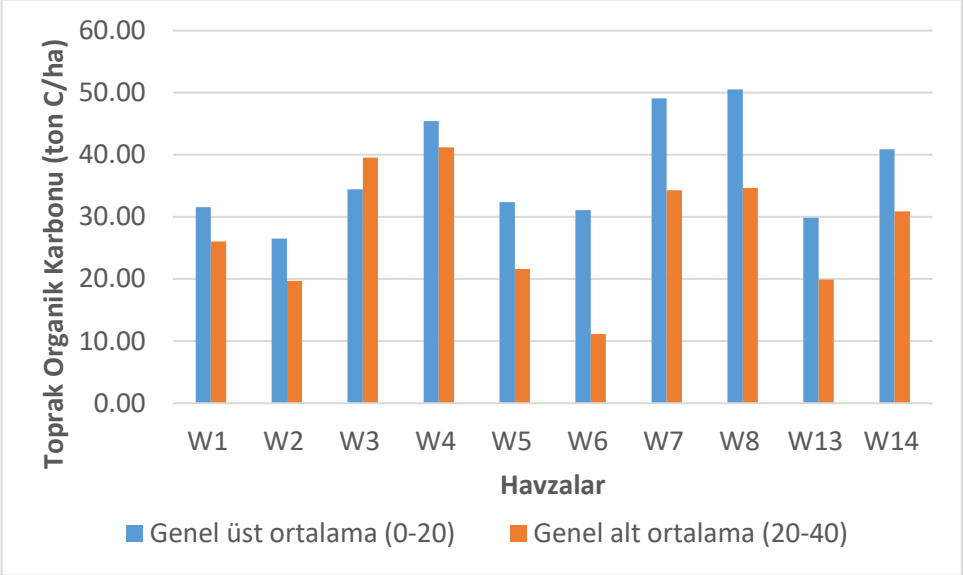
Metot kısmındaki eşitlik 1.5 ile hesaplanan toprak organik karbonu hesaplamalarında toprağın iskelet içeriği hesaplamada dikkate alınmamasına rağmen bu araştırmada iskelet içerikleri de 2-5 mm ve >5mm olacak şekilde gruplara ayrılarak analizleri yapılmıştır. Ölü örtüde hesaplanan karbon değeri ile toprak organik karbonu arasındaki ilişki Şekil 4.5'de görülebilmektedir.



Şekil 4.5: Ölü örtü karbon stoğu ile toprak organik karbonu arasındaki ilişki grafiği.

Ölü örtüde hesaplanan karbonun ile toprak organik karbonu arasında kuvvetli olmayan bir logaritmik ilişki bulunmaktadır. Normalde toprak organik karbonu ölü örtüde hesaplanan karbon değerlerinden yüksek düzeyde etkilenmesi beklenmektedir. Fakat topraklarda karbon içeriğini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bunlardan birisi toprakların hacim ağırlıkları diğeri ise toprağın iskelet kısmı dışında kalan 0-2 mm arasında kalan kısmıdır. Bu iki parametre büyük ölçüde toprağın organik karbon değişiminde etkili olarak ölü örtüde hesaplana karbon değerleriyle olan istatistiksel bir ilişkiyi değiştirebilmektedir.

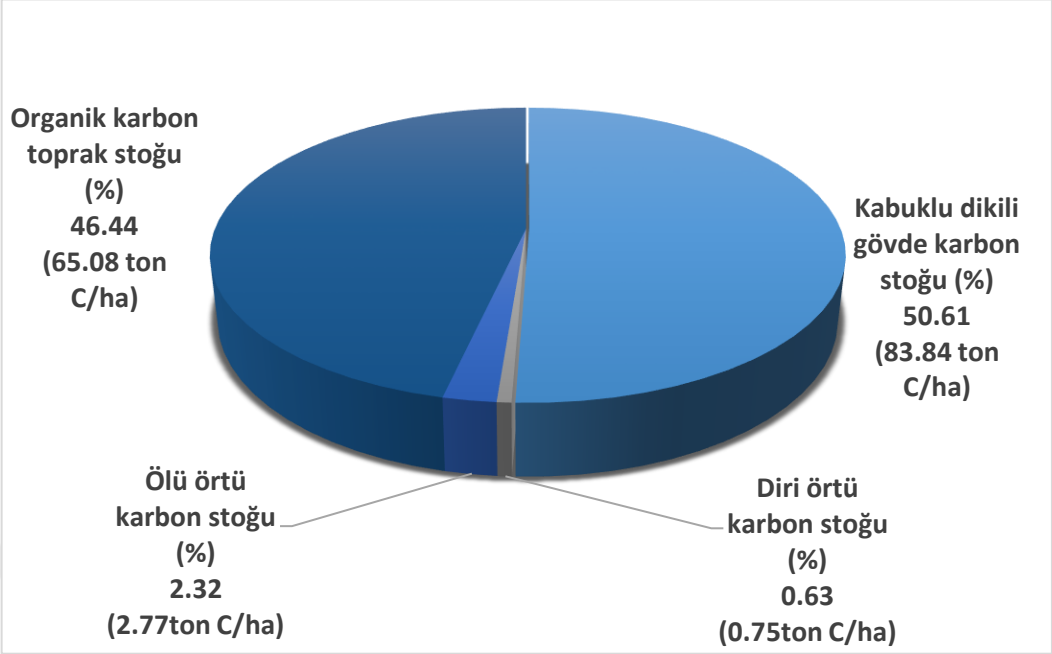
11 adet havzaya ait toprakların üst (0-20 cm) ve alt (20-40 cm) derinlik kademeleri için hesaplanan karbon miktarları Şekil 4.6'da görülebilmektedir. Üst ve alt toprak karbonu değerleri arasındaki en büyük farklılığın havza 6 (W6)'da olduğu görülebilmektedir. Üst toprak karbon değerinin en yüksek olduğu havza, havza 8 (w8) olduğu görülebilmektedir. Alt toprağın en yüksek olduğu havza ise havza 4 (w4) olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.6: Üst ve alt derinlik kademelerinde toprak organik karbon değerleri (ton C/ha).

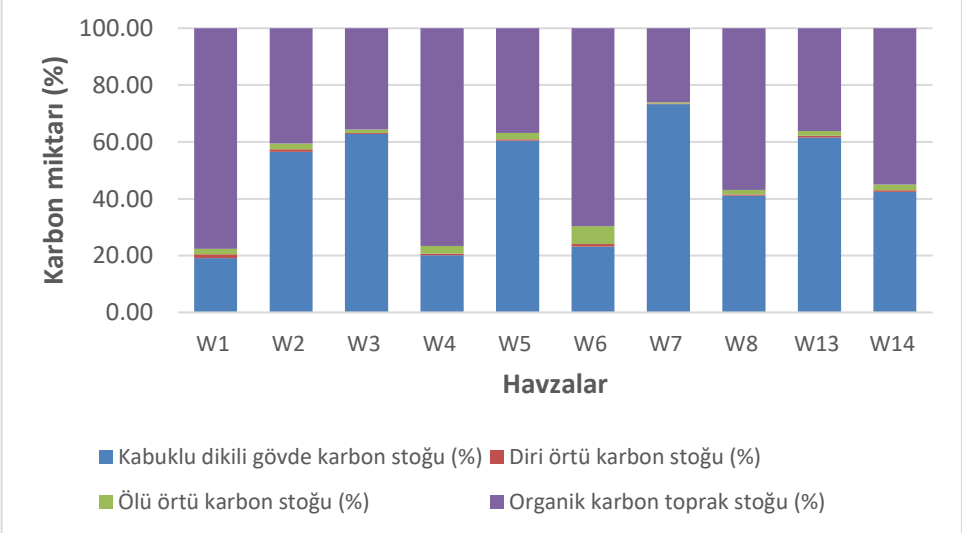
4.5. HAVUZLARDA TUTULAN TOPLAM KARBON MİKTARLARINA AİT BULGULAR

11 adet araştırma havzasının karbon depolaması yönünden değerlendirildiğinde orman ekosistemlerindeki 4 adet karbon havuzunda tutulan karbonun oransal dağılımı Şekil 4. 7'deki gibi görülmektedir. Ekosistemde en fazla karbon depolamasının dikili gövde karbon stoğunda gerçekleştiği görülebilmektedir (83.84 ton C/ha). Bu değeri 65.08 ton C/ha ile toprak organik karbon stoğu izlemektedir. En düşük karbon depolamasının %0.63 ile diri örtü orman stoğunda olduğu görülebilmektedir. Ölü örtü karbon depolamasının ise %2.32 olduğu hesaplanmıştır.



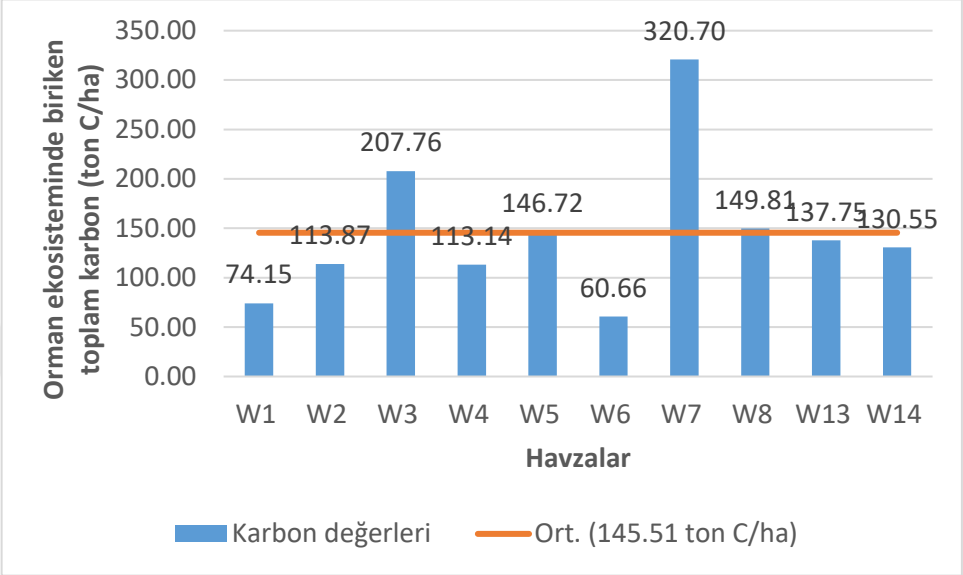
Şekil 4.7: Araştırma havzalarının tümü değerlendirildiğinde 4 adet karbon havuzunda tutulan karbonun oransal dağılımı.

Havzalar arasında karbon havuzlarındaki karbon miktarına (%) bakıldığında her bir havuzda depolanan karbon değerleri arasında farklılıklar olduğu görülebilmektedir. W2, W3, W5, W7 ve W13 nolu havzalardaki kabuklu dikili gövde karbon stoğunun baskın olduğu, W1, W4, W6, W8 ve W14 nolu havzada toprak organik karbon değerlerinin baskın olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4.8: Havzalardaki 4 adet karbon havuzlarda depolanan karbon değerleri (%).

Havzalarda orman ekosisteminde biriken toplam karbon miktarları köklerin oluşturduğu orman altı biyokütle karbonu haricinde dikili kabuklu gövde karbonu, toprak organik karbonu, ölü ve diri örtüdeki karbon miktarlarının toplanması ile elde edilmiştir.



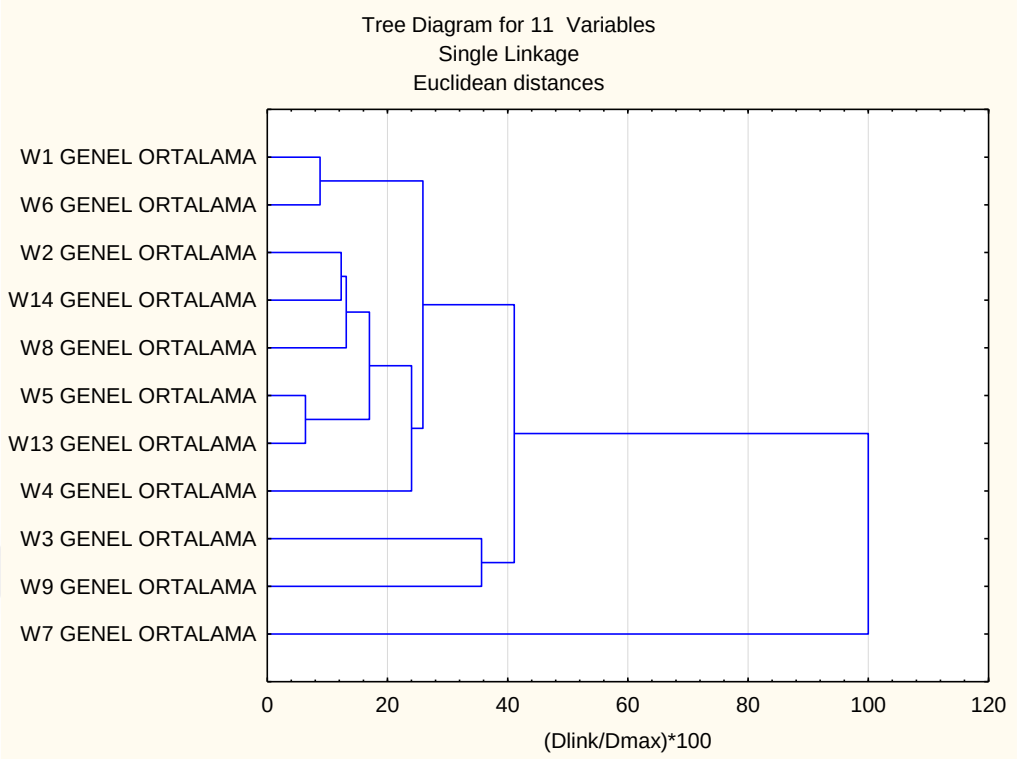
Şekil 4.9: 4 adet karbon havuzunda biriken toplam karbonun havzalardaki dağılımları.

Şekil 4.9'a göre en yüksek karbon değerine 320 ton C/ha ile havza 7'de elde edilmiştir. Havza 6 ise havzalar arasında en düşük karbon değeri elde edilmiştir. Havzaların tüm karbon depolama değerleri dikkate alındığında ortalama 145.51 ton C/ha ortalama değeri elde edilmiştir. Bu değerin üzerinde karbon birikimi gerçekleşen havzalar W3, W5,W7 ve W8 nolu havzalardır. W5 ve W8 nolu havzalar ortalama karbon değerine en yakın havzalar olarak bulunmuştur.

4.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI

4.6.1. Kümeleme Analizi Sonuçları

Kümeleme analizi sonuçlarına bakıldığında Dlink/Dmax=60 olarak değerlendirildiğinde havzaların 2 adet gruba ayrıldıkları görülebilmektedir. Bu gruplardan 1. Grup (G1) 7 nolu havzayı (W7), 2. Grup ise W1, W2, W3, W4, W5, W6, W8, W9, W11 ve W14 nolu havzaları temsil etmektedir. Dlink/Dmax=40 olarak alındığında ise havzaların 3 grupta kümelendikleri belirlenmiştir. Buna göre 1. Grup W7, 2.Grup W3 ve W9, 3. Grup ise W1, W2, W4, W5, W6, W7, W8, W11 ve W14 nolu havzaları temsil ettiği görülebilmektedir (Şekil 4.10).

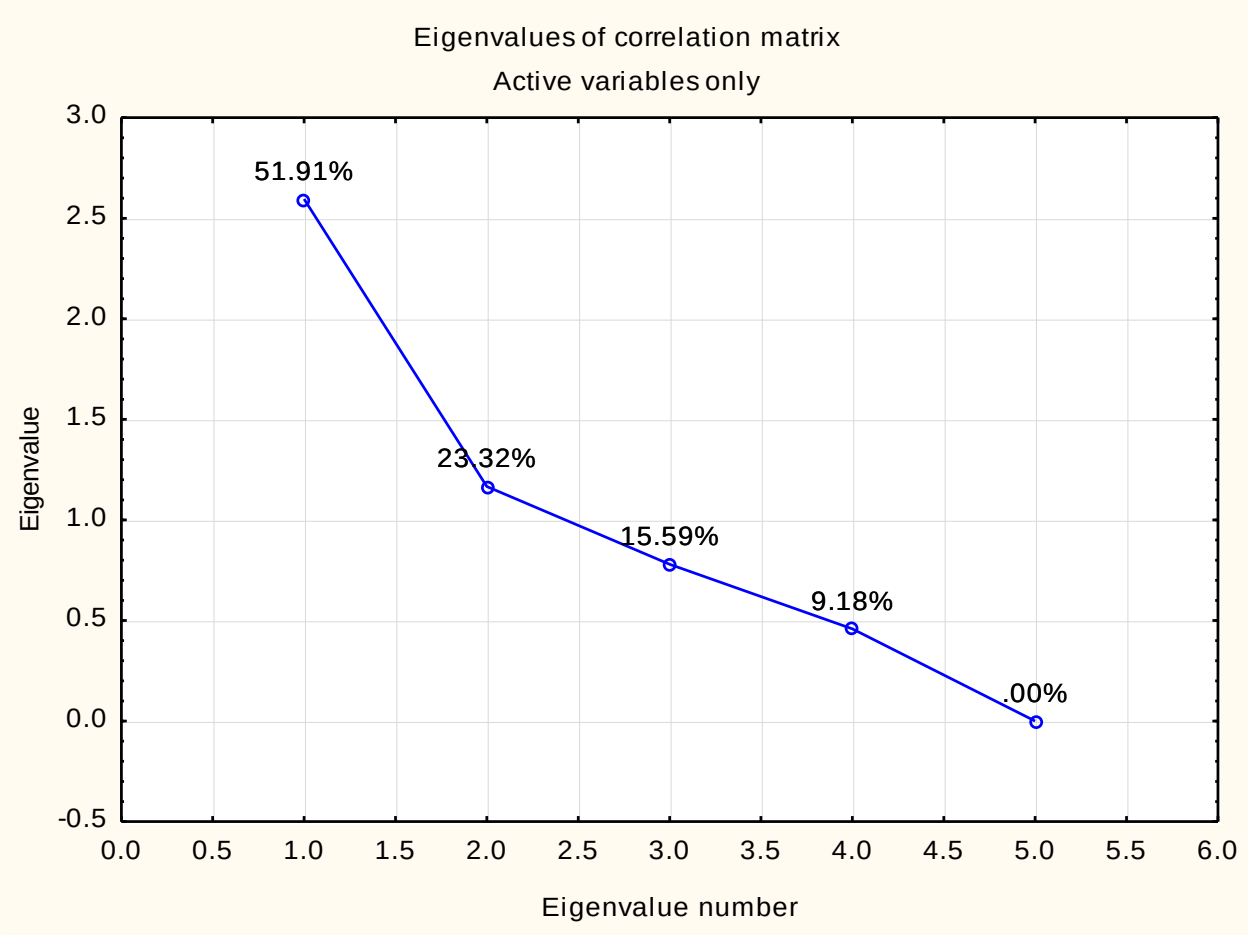


Şekil. 4.10: Havzaların hiyerarşik kümeleme analizi sonuçlarını gösteren dendrogram.

Analizdeki değişkenler olarak sadece ekosistemdeki ayrı biçimde değerlendirilen havuzlardaki karbon miktarları dikkate alınmıştır. Diğer bir deyişle analize girdi oluşturan değişkenler, diri örtü karbon stoğu, ölü örtü karbon stoğu, dikili kabuklu gövde karbon stoğu, organik toprak karbon stoğu ve toplam karbon stoğudur. Dolayısıyla 7 numaralı havzanın (W7) diğer havzalardan bu değişkenler dikkate alındığında ayrı biçimde kümelendiği görülebilmektedir. Bu havzanın dikili kabuklu gövde karbon birikimi, toplam karbon birikiminin ve bu iki değişkene göre düşük de olsa diri örtü karbon stoğu değerlerinin diğer havzalara göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu 1. Grubu oluşturan bu kümeyi en fazla toprak üstü biyokütle barındıran havza olarak kabul edilebilmektedir. 3 gruplu kümeleme analizinde de 1. Grubu yine W7 temsil etmektedir. Fakat 2. Grupta W3 ve W9 havzalarının birlikte kümelendikleri görülebilmektedir. Bu havzaların özellikleri ise diğer havzalara göre en fazla ölü örtü karbon stoğunun bulunduğu havzalardır. Dolayısıyla 3 gruplu kümeleme analizinde 2. Grubu ise organik madde birikiminin en yüksek olduğu grup olarak nitelendirilebilmektedir.

4.6.2. Temel Bileşenler Analizi Sonuçları

Temel bileşenler Analizinde de aynı kümeleme analizinde olduğu gibi havzalardaki karbon havuzları ayrı biçimde değerlendirilerek buralarda biriken karbon miktarları değişken olarak dikkate alınmıştır. Dolayısıyla 5 adet değişken 5 adet faktörü temsil etmektedir. Fakat bu faktör sayısı Temel Bileşenler Analizinde elimine edilerek daha az sayıda boyutta ya da uzaysal düzlemde değerlendirilme işlemi yapılacaktır. Şekil 4.11., Öznitelik değerinin 1'den büyük olduğu 2 adet faktörün varlığından söz edilebilmektedir. Bunlardan 1.si varyansı %51.91 düzeyinde açıklayabilmektedir. 2. Faktör ise varyansı %23.32 düzeyinde açıkladığı görülebilmektedir. Dolayısıyla bu iki faktörle birlikte toplam varyansın %75.23'ü açıklanabilmektedir.



Şekil 4.11: Temel Bileşenler Analizindeki Öznitelik değerleri.

Şekil 4.11'e göre 5 faktörün 3'ü elimine edilerek sadece 2 faktörle tüm varyansın %75.23'ünün açıklanabildiği görülebilmektedir. Bu iki faktörle varyansı açıklama yüzdesinin istatistiksel anlamda oldukça yüksek olduğu kabul edilebilmektedir.

Faktörlerin faktör yükü (FY) değerleri Tablo 4.5'te görülebilmektedir. Buna göre 1. Faktörün Kabuklu dikili gövde karbon stoğu (FY: -0.906), Toplam karbon stoğu (FY:-0.958) ve bu iki değişkene göre daha düşük de olsa diri örtü karbon stoğu (FY: -0.645) değişkenleri ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

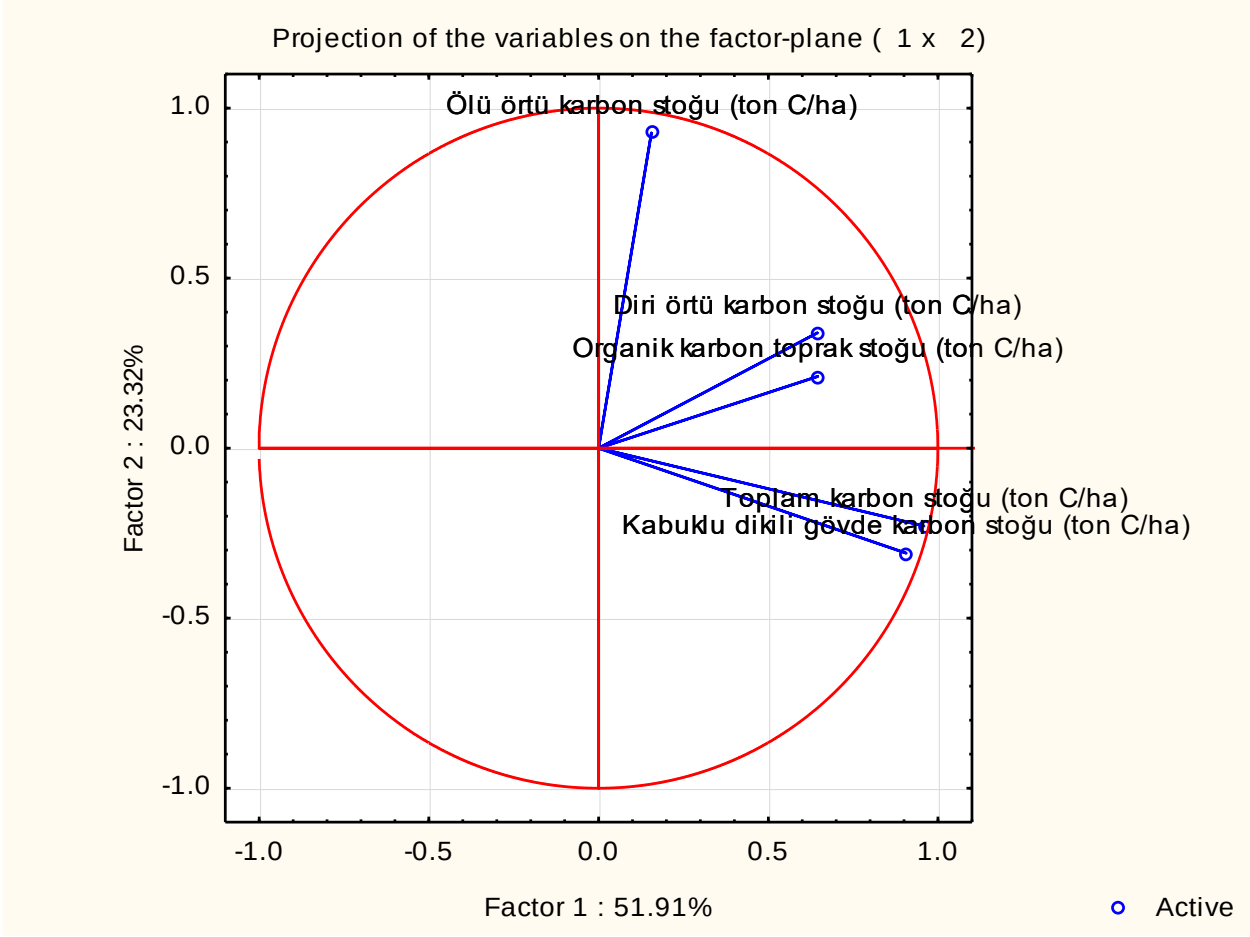
Tablo 4.5: Değişkenlere göre faktör yükü (Factor loadings) değerleri

	Factor 1	**Factor 2**	**Factor 3**	**Factor 4**	**Factor 5**
Diri örtü karbon stoğu (ton C/ha)	-0.645	0.339	0.561	0.394	0.000
Ölü örtü karbon stoğu (ton C/ha)	-0.156	0.927	-0.022	-0.341	0.000
Kabuklu dikili gövde karbon stoğu (ton C/ha)	-0.906	-0.309	0.125	-0.262	0.004
Organik karbon toprak stoğu (ton C/ha)	-0.646	0.211	-0.669	0.303	0.001
Toplam karbon stoğu (ton C/ha)	-0.958	-0.229	-0.042	-0.166	-0.004

Tablodan 2. faktörün ise sadece ölü örtü karbon stoğu ile ilişkili olduğu görülebilmektedir. Bu değişkenin faktör yükü ise 0.927 gibi istatistiksel anlamda oldukça yüksek bir değer ile temsil edilebildiği görülebilmektedir.

Bu iki adet faktörün uzaysal iki boyutlu düzlem üzerindeki görünümü Şekil 4.12.'de görülebilmektedir. Bu iki boyutta X ekseni F1 faktörü ile, Y ekseni ise F2 faktörü ile temsil edildiği görülebilmektedir. Bu faktörleri temsil eden değişken ya da değişkenler ne kadar koordinat eksenlerine yakın ve çemberin sınırlarına yakın bir biçimde konumlanırsa o kadar yüksek bir istatistiksel ilişkiye sahip olduğu görülebilmektedir.

F1 faktörünü temsil eden toplam karbon stoğu ve Kabuklu dikili gövde karbon stoğu değerlerinin oldukça yüksek faktör yükü değerlerine sahip olduğu F1 uzaysal düzleminden de görülebilmektedir. Y eksenine yakın bir şekilde konumlanan ve F2 faktörünü temsil eden ölü örtü karbon stoğunun da aynı şekilde yüksek bir faktör yükü değerine sahip olduğu grafikten anlaşılabilmektedir.



Şekil 4.12: F1 ve F2 faktörlerine ait iki boyutlu faktör grafiği.

Noktaların hangi faktörler ile temsil edildikleri Tablo 4.6'dan görülebilmektedir. Faktör 1 ile etkileşimli havzaların havza 7 ve havza 3 olduğu görülebilmektedir. Faktör 2 ile etkileşimli havzaların ise havza 3, havza 4 ve havza 9 olduğu belirlenmiştir.

Tablo. 4.6: Noktaların faktör skorları.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Noktalar
1	0.77447	-0.26924	110.192	-0.5336	-0.40417	W1
2	0.77059	-0.4459	-0.26332	191.574	118.172	W2
3	-112.604	-108.619	123.745	0.71926	106.209	W3
4	0.10612	-110.439	0.06811	-163.975	0.42683	W4
5	0.23597	0.66541	0.10353	0.55039	0.12322	W5
6	163.372	107.522	-0.65465	0.21451	-0.29983	W6
7	-207.662	166.134	-0.57559	-0.07854	0.26157	W7
8	0.16201	-0.24075	-183.751	-0.92306	0.96462	W8
9	-0.66523	-131.077	-101.771	0.78913	-229.520	W9
10	0.13855	109.217	131.197	-0.00954	-0.85464	W13
11	0.04646	-0.03689	0.5258	-100.456	-0.16621	W14

Temel Bileşenler Analizi sonuçlarına göre F1 ile temsil edilen 1 nolu faktörün "toprak üstü biyokütle" ile karakterize edildiği, F2 ile temsil edilen 2 nolu faktörün ise "zengin organik madde kaynağı" ile karakterize edilebildiği görülebilmektedir. Dolayısıyla havzalar, temel bileşenler analizine göre yukarıda isimlendirilen iki farklı faktör grubu ile bileşenlerine ayrıldığı tespit edilmiştir. Toprak organik karbonu bakımından havzalar arasında farklılıklar bulunmadığı için Temel Bileşenler Analizinde ayrı bir bileşen (komponent) olarak dikkate alınmadığı görülebilmektedir.

4.6.3. ANOVA Analizi Sonuçları

Toprak organik karbonunun toprak üstü vejetasyon özellikleri ile istatistiksel anlamda ilişkiler ANOVA analizi ile uygulanan testlerle test edilmiştir. ANOVA ile grupların birbirinden farklı olup olmadığı bilgisi elde edilmektedir. Bu amaçla araştırma kapsamında aşağıdaki sıfır hipotezleri elde edilmiş ve ANOVA analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Sıfır Hipotezi 1: Farklı havzalarda meşcere gelişme çağlarının toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Tablo 4.7: Sıfır hipotezi 1'in ANOVA test sonucu.

Source	DF	Sum of squares	Mean square	Fisher's F	Pr > F
Model	5	17910.101	3582.020	5.157	0.001
Residuals	35	24312.297	694.637		
Total	40	42222.398			

Yapılan ANOVA testi sonuç tablosunda en sağda yer alan sig. değeri 0,05'ten küçük olduğu için hipotez reddedilmiştir (Tablo 4.7). Dolayısıyla meşcere gelişme çağlarının toprak organik karbon miktarına etkisi bulunmaktadır.

Sıfır Hipotezi 2: Farklı havzalarda ölü örtü kalınlığının toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Tablo 4.8: Sıfır hipotezi 2'nin ANOVA test sonucu .

Source	DF	Sum of squares	Mean square	Fisher's F	Pr > F
Model	1	5620.961	5620.961	5.989	0.019
Residuals	39	36601.437	938.498		
Total	40	42222.398			

Yapılan ANOVA testi sonuç tablosunda en sağda yer alan sig. değeri 0,05'ten küçük olduğu için hipotez reddedilmiştir (Tablo 4.8). Dolayısıyla ölü örtü kalınlığının toprak organik karbon miktarına etkisi bulunmaktadır.

Sıfır Hipotezi 3: Farklı havzalarda kabuklu dikili gövde karbon stoğunun toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Tablo 4.9: Sıfır hipotezi 3'ün ANOVA test sonucu.

Source	DF	Sum of squares	Mean square	Fisher's F	Pr > F
Model	1	20267.917	20267.917	36.004	< 0.0001
Residuals	39	21954.481	562.935		
Total	40	42222.398			

Yapılan ANOVA testi sonuç tablosunda en sağda yer alan sig. değeri 0,0001'ten küçük olduğu için hipotez reddedilmiştir (Tablo 4.9). Dolayısıyla kabuklu dikili gövde karbon stoğunun toprak organik karbon miktarına kuvvetli etkisi bulunmaktadır.

Sıfır Hipotezi 4: Farklı havzalarda yaprak yüzey alan indeksinin (LAI) toprak organik karbon miktarına etkisi yoktur.

Tablo 4.10: Sıfır hipotezi 4'ün ANOVA test sonucu.

Source	DF	Sum of squares	Mean square	Fisher's F	Pr > F
Model	1	819.658	819.658	0.772	0.385
Residuals	39	41402.740	1061.609		
Total	40	42222.398			

Yapılan ANOVA testi sonuç tablosunda en sağda yer alan sig. değeri 0,05'ten büyük olduğu için hipotez kabul edilmiştir (Tablo 4.10). Dolayısıyla yaprak yüzey alan indeksinin (LAI) toprak organik karbon miktarına etkisi bulunmamaktadır.

4.6.4. Korelasyon Analizi Sonuçları

Araştırma kapsamında arazide ölçümü yapılan ve hesaplanan bazı değerlerin birbirleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi amacıyla Pearson Korelasyon Analizi yapılmıştır. Pearson Korelasyon Analizine konu olabilecek parametre seçiminde her bir karbon havuzunda karbon değerleri ve bunu karbon değerini etkileyebilecek potansiyel parametreler değerlendirilmiştir. Bu parametreler Ortalama göğüs çapı (d.130-cm), örnek alan içerisindeki ağaç sayısı, Yaprak Yüzey Alan İndeksi (LAI), kabuklu dikili gövde karbon stoğu (ton C/ha), kuadrat içi toplam birey sayısı (n), diri örtü karbon stoğu (ton C/ha), ölü örtü kalınlığı (cm), ölü örtü karbon stoğu (ton C /ha), 0-2 mm fraksiyon oranı(%) ve toprak organik karbon stoğu (ton C/ha)'dur (Tablo 4.11).

Tablo 4.11 : Pearson korelasyon analizi sonuçları.

	Ortalama göğüs yük. çapı (cm)	Örnek alan (400m2) içerisindeki ağaç sayısı	LAI	Kabuklu dikili gövde karbon stoğu (ton C/ha)	Kuadrat içi toplam birey sayısı	Kuadrat içi vejetasyon çeşitliliği (Shannon-H)	Diri örtü karbon stoğu (ton C/ha)	Ölü örtü kalınlığı (cm)	Ölü örtü karbon stoğu (ton C/ha)	0-2 mm fraksiyon oranı (%)	Organik karbon toprak stoğu (ton C/ha)
Ortalama göğüs yük. çapı (cm)	1	**-0.692**	0.030	**0.685**	0.016	**-0.313**	0.082	0.168	-0.031	-0.058	**-0.599**
Örnek alan (400m2)	**-0.692**	1	0.077	**-0.413**	-0.044	0.208	-0.221	-0.211	-0.041	-0.021	**0.455**

içerisindeki ağaç sayısı											
LAI	0.030	0.077	1	0.024	-0.033	0.157	0.000	0.081	0.134	**-0.314**	-0.139
Kabuklu dikili gövde karbon stoğu (ton C/ha)	**0.685**	**-0.413**	0.024	1	0.041	-0.122	-0.167	0.180	0.033	0.205	**-0.693**
Kuadrat içi toplam birey sayısı	0.016	-0.044	-0.033	0.041	1	**0.437**	0.188	**-0.397**	-0.274	0.220	0.091
Kuadrat içi vejetasyon çeşitliliği (Shannon-H)	**-0.313**	0.208	0.157	-0.122	**0.437**	1	0.035	-0.301	-0.182	**0.359**	0.281
Diri örtü karbon stoğu (ton C/ha)	0.082	-0.221	0.000	-0.167	0.188	0.035	1	-0.291	**-0.379**	0.026	0.054
Ölü örtü kalınlığı (cm)	0.168	-0.211	0.081	0.180	**-0.397**	-0.301	-0.291	1	**0.879**	-0.061	**-0.365**
Ölü örtü karbon stoğu (ton C/ha)	-0.031	-0.041	0.134	0.033	-0.274	-0.182	**-0.379**	**0.879**	1	-0.124	-0.224
0-2 mm fraksiyon oranı (%)	-0.058	-0.021	**-0.314**	0.205	0.220	**0.359**	0.026	-0.061	-0.124	1	0.078
Organik karbon toprak stoğu (ton C/ha)	**-0.599**	**0.455**	-0.139	**-0.693**	0.091	0.281	0.054	**-0.365**	-0.224	0.078	1

In bold, significant values (except diagonal) at the level of significance alpha=0.050 (two-tailed test)

Tablo 4.11'de koyu biçimde yazılan değerler istatistiksel olarak önemli olan ilişkileri göstermektedir. Pearson Korelasyon Analizi sonucunda toprak organik karbon değerleri ile kabuklu dikili gövde karbon stoğu arasında istatistiksel olarak negatif bir korelasyon (R^2=-0,693, $p<0.05$) olduğu görülebilmektedir. Aynı zamanda yine toprak organik karbonu ile ortalama göğüs çapı (d1.30) arasında da istatistiksel olarak negatif bir ilişki (R^2=-0,599, $p<0.05$) olduğu görülebilmektedir. Bunun dışında kabuklu dikili gövde karbon stoğu ile ortalama göğüs yüksekliği arasında pozitif bir korelasyonun (R2=0,685, $p<0.05$) varlığı tespit edilmiştir. Bunlar dışında parametrelerin bazılarında da istatistiksel olarak korelasyonların varlığı tespit edilmiş fakat bunların belirtme katsayısı (R^2) değerlerinin düşük olduğu bulunmuştur.

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, farklı havzalar içerisinde farklı özelliklerdeki orman kuruluşlarının ve bunlara ait bazı bitkisel özelliklerin toprak organik madde miktarı ile toprak organik karbonu miktarını nasıl etkilediğini ve karbon stoğunun havzalar arasında ne şekilde dağılabildiğinin belirlenmesini ortaya koymaktır. Bu amaçla 11 havzada yaklaşık 40 örnekleme alanı alınmıştır. Örnekleme alanları yaklaşık 400 m² büyüklüğündedir ve içerisinde ağaç türlerinin çap ve boy ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örnekleme alanı içerisinde 5 farklı (merkez, kuzey, güney, doğu ve batı) noktada ise kuadrat örneklemesi (diri ve ölü örtü) ile toprak örneklemesi gerçekleştirilmiştir. Bu 5 farklı örnekleme noktasında elde edilen değerler 3 farklı karbon havuzunda (kabuklu dikili gövde karbonu, ölü örtü ve diri örtü karbonu) biriken karbon değerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Bunlar dışında kuadrat içerisindeki bitki varlığı, bunların yaş ve fırın kurusu ağırlıkları, ölü örtü kalınlığı, ölü örtünün yaş ve fırın kurusu ağırlıkları tespit edilmiştir. Ayrıca bu örneklemeler tamamlandıktan sonra çıplak toprak yüzeyinden toprak silindir ve poliüretan torba örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarda fraksiyon analizi, hacim ağırlığı, Walkley-Black organik madde miktarı bulunmuş ve bu ölçümler sonucu elde edilen değerlerden toprak organik karbon değeri hesaplanmıştır. Dolayısıyla topraktaki inorganik karbon ve bitkilerin kök ağırlıkları tespiti yapılarak elde edilen toprak altı biyokütle değeri haricinde her bir havzadaki 4 farklı havuz için karbon birikimi hesaplanmıştır. Aslında AKAKDO (Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık) bünyesinde diri örtü karbon miktarı kabuklu dikili gövde karbon miktarı ile birlikte değerlendirilerek toprak üstü biyokütle olarak tek bir havuz biçiminde değerlendirildiği görülebilmektedir. Fakat bu çalışma kapsamında toprak üstü biyokütle karbon havuzu kabuklu dikili gövde karbonu ve diri örtü karbonu olarak iki alt karbon havuzuna ayrılarak değerlendirilmiştir.

Araştırmada örnekleme deseni ölçeksel olarak farklılık gösterdiği için mekânsal hiyerarşi yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımda, en küçük örnekleme ünitesi olan örnekleme noktalarından (merkez, kuzey, güney, doğu ve batı) elde edilen veriler, ölçeksel olarak daha büyük örnekleme alanı ortalamasını, örnekleme alanı ortalamaları ise havza ortalamasını oluşturacak şekilde analiz gerçekleştirilmiştir. Arazide örnekleme alanı ve örnekleme noktalarının özellikleri de belirlenmiştir. Havza özellikleri ise büroda ArcHYDRO programı kullanılarak sayısal yükseklik modeli kullanılarak elde edilmiştir. Fiziksel ve

hidrolojik bu özellikler havzaların yapısı konusunda fikir verebilmektedir. Ayrıca bu araştırma kapsamında havzalara ait bazı sayısal haritalar da üretilmiştir.

Tüm havzalar dikkate alındığında en fazla karbonun kabuklu dikili gövde karbon havuzunda biriktiği görülmektedir (83.84 ton C/ha). Bu değeri 65.08 ton C/ha ile toprak organik karbon stoğu izlemektedir. En düşük karbon depolamasının %0.63 ile diri örtü orman stoğunda olduğu görülebilmektedir. Ölü örtü karbon depolamasının ise %2.32 olduğu hesaplanmıştır. Normalde topraklar karasal ekosistemlerde görülen en büyük karbon depolanmasını sağlayan alanlardır. Dünyadaki toprak karbon oranının %80'i tropik ormanlarda, %17'si ılıman zonda, %3'de boreal ormanlarda depo edilmektedir (Brown, 1997). Bu tez kapsamında toprak derinlik analiziyle birlikte tüm toprağa ait karbon depolaması analizi yapılmamıştır. Sadece 0-40 cm derinliğindeki ve organik maddenin en yüksek düzeyde biriktiği toprak derinliği dikkate alınmıştır. Tüm toprak derinliği dikkate alındığında toplam toprak organik karbonunda kısmi ölçüde artış olabilecektir. Bu çalışma kapsamında toprak üstü biyokütle karbonu kabuklu dikili gövde ve diri örtü ayrı biçimde değerlendirilmişti. Bu iki alt havuzun toplamından oluşan toprak üstü biyokütle karbon stok değeri 84.59 ton C/ha (83.84 ton C/ha + 0.75 ton C/ha) olduğu hesaplanmıştır Uygur ve Serengil (2016) tarafından Marmara bölgesinde farklı arazi kullanımları için toprak, ölü örtü, toprak üstü ve toprak altı biyokütle karbon havuzlarında karbon stok değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışmaya göre yapraklı meşcerelerin topraklarında 97.29 ton C/ha, ölü örtüde 2.86 ton C/ha, toprak üstünde 157.75 ton C/ha ve toprak altında ise 37.86 ton C/ha olarak karbon stok değerleri hesaplanmıştır. Dolayısıyla bu araştırma kapsamında elde edilen toprak organik karbon stok değeri Uygur ve Serengil (2016) tarafından yapılan çalışma sonucuna göre 32.21 ton C/ha (97.29 ton C/ha – 65.08 ton C/ha) düşük çıkmıştır. Yine toprak üstü biyokütle Uygur ve Serengil (2016) tarafından yapılan çalışmaya göre 73.16 ton C/ha (157.75 ton C/ha – 84.59 ton C/ha) düşük bulunmuştur. Bu araştırmada hesaplanan ölü örtü karbon stok değeri (2.77 ton C/ha) ile Uygur ve Serengil (2016) tarafından yapılan çalışmada elde edilen ölü örtü karbon stok değeri (2.86 ton C/ha) arasında oldukça yakın değerler olduğu görülebilmektedir. Toprak üstü biyokütle ve toprak karbon değerleri arasındaki önemli farklılığın temelinde Uygur ve Serengil (2016) tarafından doğal ormanlık alanlarda araştırmaların yapılmış olduğu, bu araştırmada ise odun üretimi amacıyla işletilen orman kuruluşlarında örneklemenin gerçekleştirildiğidir. Dolayısıyla ormanların odun üretimi fonksiyonu ile işletilmesi toprak üstü ve toprak karbon havuzlarında karbon stok değerlerinde azaltma meydana getirebildiği çıkarımı yapılabilmektedir. Ancak kesim sonucu toprak üstü

karbonunun bir kısmının yakacak odun, kâğıt sanayi, mobilya ve inşaat malzemesi gibi alanlarda depolandığı da unutulmaması gerekmektedir. Toprak organik karbonunun en büyük kaynaklarından birisi ölü örtü ayrışması olarak değerlendirilebilir. Fakat toprağın hacim ağırlığı ve mevcut hacimde bulunan toprağın iskelet kısmı dışında kalan 0-2 mm'lik kısmının varlığı da toprak organik karbon miktarlarının farklılaşmasına yol açmaktadır. Türkiye'deki ormanlarda yapılan çalışmalara bakıldığında toprak özellikleri ve toprağın sahip olduğu ölü örtü miktarı hakkında bir çok araştırma bulunmaktadır (Karagül, 1990; Karaöz ,1993).

Farklı havzalarda karbon havuzlarında biriken karbon miktarları dikkate alınarak yapılan istatistik analizlerinden kümeleme analizinde 2 ve 3 gruplu kümeler meydana geldiği görülebilmektedir. Her iki kümeleme analizinde de 7 nolu havzanın (W7) diğer havzalara göre ayrı bir biçimde kümelendiği görülerek G1 şeklinde temsil edildiği görülmektedir. Bu havzanın diğer havzalardan ayrılan en temel özelliği yüksek düzeyde kabuklu dikili gövde karbonu ve toplam karbon birikiminin görülmesidir. Dolayısıyla bu havza hem toprak üstü biyokütle hem de toplam karbon birikimi ile diğer havzalardan ayrıldığı görülmektedir. Bu havzadaki alınan örnekleme alanlarındaki meşcere özelliklerine bakıldığında kapalılığın yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda ilgili havzada alınan örnekleme alanlarında ölçülen ortalama göğüs çapı ve ortalama ağaç boyunun diğer havzalara göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Farklı havzalarda karbon havuzlarında biriken karbon miktarları dikkate alınarak Temel Bileşenler Analizi de gerçekleştirilmiştir. Analize göre 5 değişkenin 3'ü elimine edilerek 2 adet faktör ile varyansın yaklaşık %75'ini açıklanmaktadır. Bu iki faktörden 1.si toprak üstü biyokütle ile, 2. faktör ise zengin organik madde birikimi ile ilişkilendirilmiştir. Faktör 1 ile etkileşimli havzaların havza 7 ve havza 3 olduğu görülebilmektedir. Faktör 2 ile etkileşimli havzaların ise havza 3, havza 4 ve havza 9 olduğu belirlenmiştir. Havza 3 ve Havza 7'de yüksek düzeyde toprak üstü biyokütle barındırdığı görülebilmektedir. Havza 3, Havza 4 ve Havza 9'da ise ortalama ölü örtü birikiminin diğer havzalardan alınan örnek alanlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma kapsamında değerlendirilen havzaların Trakya bölgesinin kuzeyinde Karadeniz iklimi hakimiyeti altında gelişen büyük çoğunluğu yapraklı ve meşe meşcerelerinden oluşan orman kuruluşları ile kaplı olduğu tespit edilmiştir. Bu ormanlar Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü tarafından öncelikli olarak odun üretimi amacıyla işletilen orman kuruluşlarıdır. Bu amaçla silvikültürel tedbir ve müdahalelerin yapıldığı alanları

oluşturmaktadır. Araştırma havzalarında doğal durumu değiştirebilecek doğrudan tek etkinin bu olduğu tespit edilmiştir. Nüfus yoğunluğunun az olması ve havzalarda yanlış arazi kullanımlarının görülmemesi sebebiyle havzaların doğal özelliklerinin büyük ölçüde korunduğu gözlemlenmiştir. Fakat İstanbul iline yakın biçimde konumlanan bu havzaların potansiyel bir nüfus ve yerleşim baskısına açık olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla bu araştırma bu sebeple ileride yapılabilecek başka araştırmalar için referans araştırma özelliği taşımaktadır.

Ormanlar sahip olduğu özellikler ile ekosistem hizmetleri konusunun vazgeçilemez bir parçasını oluşturmaktadır. Ormancılıkta fonksiyon günümüzde yerini ekosistem hizmetlerine bıraktığı görülebilmektedir. İklim değişikliği ile mücadelede azaltım ve uyum bakımından ormancılık sektörü üzerine çok önemli görevler düşmektedir. Ormanların odun üretimi yanı sıra özellikle su üretimi ve karbon depolaması gibi hizmetleri de göz önünde bulundurularak ormanların sürdürülebilir yönetimi sağlanabilir. Yani yönetim sürecinde ormanların tüm hizmetlerinin dikkate alındığı yeni bir yönetim modeli ortaya konulabilmelidir. Bu yeni yönetim modeli ormanlardan optimum faydalanmayı sağladığı gibi ormanların sürdürülebilir biçimde yönetimi için çok önemli kazanımlar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Asan, Ü., Yeşil, A., Özdemir, İ., Sağlam, S., 2005, Ormanlarda karbon birikimi ve yıllık değişiminin belirlenmesinde başvurulan temel yaklaşımlar, *Türk Ormancılığında Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu,* TMMOB Orman Mühendisleri Odası, 22–24 Aralık 2005, Antalya, 243–257.

Aşkın, T., Kızılkaya, R., Gülser, C. ve Bayraklı, B., 2004, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampüs Topraklarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi,*19(1), 31-36.

Atik, H. ve Özbek, H., 2013, İnovasyon Göstergeleri Bakımından Türkiye'nin Avrupa Birliği Ülkeleri Arasındaki Yeri: İstatiksel Bir Analiz, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 42,193-210.

Atwell, B. J., Kriedeman, P. E. and Turnbull G. N. 1999, *Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation,* Macmillian, Australia PTY Ltd.

Barnes, B. V., Zak ,D.R., Denton, S. R. and Spurr, S. H. 1998, *Forest Ecology,* 4 th ed. John Wiley and Sons, New York, 774.

Bamminger, C., Poll, C., Marhan, S., 2018, *Offsetting global warming-induced elevated greenhouse gas emissions from an arable soil by biochar application,* Glob. Chang. Biol. 24, e318–e334.

Başaran, M., 2004, Türkiye'nin Organik Karbon Stoğu, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 8 (3/4),31-36.

Berkhin,P.,,2002, Survey of Clustering Data Mining Techniques, Accrue SoftwareInc., San Jose,California,USA

Bonan, G. B. 1993, Importance of leaf area index and forest type when estimating photosynthesis in Boreal forest. Remote Sensing of Environment, 43,303-314.

Botkin, D., Keller, E., 1995, *Environmental Science Earth As a Living Planet,* John Wiley&Sons, Inc.

Brown, S., 1997, Ormanlar ve İklim Değişikliği: Karbon Rezervi Olarak Ormanlık Alanların Rolü, *XI. Dünya Ormancılık Kongresi Bildirileri*, 13-22 Ekim, Antalya, 1, 89-102.

Cost, P.M., 1996, *Tropical Forestry Practices for Carbon Sequestration: A Review and Case Study from Southeast Asia*, Ambio, Vol.25, 279-278.

Cseresnyes, I., Csontos, P., Bozsing, E., 2006, Stand age influence on litter mass of Pinus nigra plantations on dolomite hills in Hungary, *Canadian Journal Of BotanyRevue Canadienne De Botanique*, 84, 363-370.

Cubasch, U.,Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M.C., Frame, D.,Mahowald, N., Winther, J.-G., 2013, Introduction in Climate Change 2013, *Intergov. Panel Clim. Chang. 2013 ,Phys. Sci. Basis. Contrib. Work. Gr. I to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang.* ,119–158.

Çelik, M.Y., Satıcı, Ö., Akkuş, Z., Daşdağ, M., Çelik, H.C.,2000, Kümeleme Çözümlemesinde Başarılı Kümeler Elde Etmenin Koşulları: Akademik Personelin İnterneti Kullanmasıyla İlgili Bir Uygulama, Biyoistatistik, *5. Ulasal Biyoistatistik Kongresi Bildiri Kitabı.*

Don, A., Schumacher, J., Freibauer, A., 2011, *Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks–a meta-analysis*, Glob. Chang. Biol. 17 (4), 1658–1670.

Everitt, B.S., 1994, *Statistical Methods in Medical İnvestigations*, Second Edition, John Wiley&Sanss.

Giardina, C.P., Coleman, M.D., Hancock, J.E., King, J.S., Lilleskov, E.A., Loya, W.M., Pregitzer, K.S., Ryan, M.G., and Trettin, C.C., 2005, *Tree Species Effects on Soils : Implications for Global Change. Chapter 7,* The Response of Belowground Carbon Allocation in Forests to Global Change. NATO Science Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Guo, L.B., Gifford, R.M., 2002, *Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis*, Glob. Chang. Biol. 8 (4), 345–360.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1997, Enerji ve Çevre, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No. 41, *Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü*, Ankara.

Haktanır, G., Arcak, S., 1997, *Toprak Biyolojisi* (Toprak Ekosistemine Giriş), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1486 Ders Kitabı: 447

Hartigan, J. A.,1975, *"Clustering Algorithms*", John Wiley & Sons, U.S.A.

Houghton, R.A., Hackler, J.L., 2000, *Changes in Terrestrial Carbon Storage in the United States,* The Roles of Agriculture and Forestry. Glob. Ecol. Biogeo., Vol. 9.

Huang, Y., Homer, W., 2001, A Strategy for Estimating Tree Canopy Density Using LANDSAT 7 ETM+ and High Resolution Images Over Large Areas *Proceeding of the Third International Conference on Geospatial Information ın Agriculture and Forestry.*,Denver, Colorado.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006, *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme).

IPCC, 2013, Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for policy makers. In: Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M.,Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. (Eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution ofWorking Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1–30.

Jain, K. and Dubes, R.C.,1998, *"Algorithms For Clustering Data",* Prentice Hall, U.S.A

Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D. W., Minkinen, K., Byrne, K.A., 2007, *How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?*, Geoderma 137,253-268

Janzen, H.H., 2004, *Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective*, Agriculture, Ecosystems and Environment 104, 399-417

Jenkins, J.C., Chojnacky, D.C., Heath L.S., Birdsey, R.A., 2003, *National-scale biomass estimators for United States tree species,* Forest Science 49, 12-35.

Johnson, R.A. and Wichern, D.W., 2002*,"Applied Multivariate Statistical Analysis"*, Fifth Edition, Prentice Hall, U.S.A.

Jose, S. and Gillespie A. R., 1997, *Leaf area-productivity relationships natural disturbances, Among mixed-species hardwood forest communities of the central hardwood region.*, Forest Science, 43(1), 56-64.

Joyce, L.A., Birdsey, R., 2000, *The impact of climate change on America's forests: a technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA Assessment*, USDA Forest Service No. RMRS-GTR 59, 134 .

Kalıpsız, A., 1998, *Orman Hasılat Bilgisi*, İ.Ü.Orman Fakültesi, Yayın No: 4060/448, ISBN 975-404-484-8, 349 s. İstanbul.

Kantarcı, M. D., 1987,*Toprak İlmi,* İÜ Orman Fakültesi, Yayın No 3444/387, 370 , İstanbul.

Kantarcı, M. D., 2000, *Toprak İlmi* (2. Baskı), İ.Ü. Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, Çantay Basımevi, İstanbul.

Kara, Ö., Bolat, İ., Çakıroğlu, K., Öztürk, M., 2008, *Plant canopy effects on litter accumulation and soil microbial biomass in two temperate forests,* Biology Fertility of Soils 45, 193–198.

Karagül, R., 1990, *Artvin-Murgul yöresindeki kayın ve kızılağaç orman ölü örtülerinin bazı hidrolojik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması*, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Trabzon.

Karaöz, Ö., 1993, Bazı Yerli ve Yabancı İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Ait Plantasyonlarda Ölü Örtü Miktarı ile Bunlardaki Besin Maddesi Rezervleri Üzerine Araştırmalar, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi,* Seri A, Cilt 43, 1, 93- 115.

Lal, R., 2004, *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security,* Science 304,1623-1627.

Lal, R., 2005, *Forest soils and carbon sequestration,* Forest Ecology and Management 220,242-258.

Manlay, R.J., Feller, C., Swift, M.J., 2007, *Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems,* Agric. Ecosyst. Environ. 119 (3), 217–233.

Mardia, K.V., Kent J.T. and Bibby, J.M.,1979, *"Multivariate Analysis*", Academic Press, London.

Morgan, M.G., Pitelka, L.F., Shevliakova, E., 2001, *Elicitation of expert judgments of climate change impacts on forest ecosystems,* Climatic Change 49, 279–307.

Myneni, R.B., Dong, J., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Kauppi, P.E., Liski, J., Zhou, L., Alexeyev, V., Hughes, M.K., 2001, *A Large Carbon Sink in the Woody Biomass of Northern Forests,* Proc. of the Nat. Acad. Sci., Vol.98, No.26, 14784-14789.

Namayanga, L.N., 2002, *Estimating Terrestrial Carbon Sequestred in Aboveground Woody Biomass from Remotely Sensed Data,* International Institute for GeoInformatıon Science and Earth Observation Enschede, The Nederlands.

NIR, 2019, Turkish Greenhouse Gas Inventory Report 1990 – 2017, https://unfccc.int/documents/194819, [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2019].

OGM, 2007, Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, *Fonksiyonel Amenajman Planlaması Arazi ve Büro Çalışmalarına ait İzahname* , Ankara.

OGM, 2019, *Orman Gelen Müdürlüğü 2018 yılı İdare Faaliyet Raporu,* https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/FaaliyetRaporu/Orman%20Genel%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC%202018%20Y%C4%B1l%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf, [Ziyaret Tarihi: 9 Kasım 2019].

Özdamar, K.,2002, *Paket Programları İle İstatistiksel Veri Analizi* (Çok Değişkenli Analizler) 2, 4. Baskı, Eskişehir.

Raich, J.W., and Nadelhoffer, K.J., 1989, *Belowground Carbon Allocation in Forest Ecosystems: Global Trends*, Ecol. 70, 1346–1354.

Raich J.W., and Potter, C.S., 1995, *Global Patterns of Carbon Dioxide Emissions From Soils,* Global Biogeochem. Cycles 9, 23–36.

Raich, J.W., and Tufekcioglu, A., 2000, *Vegetation and Soil Respiration: Correlations and Controls,* Biogeochem, 48 (1), 71-90.

Pekin, B., Macfarlane, C., 2009, *Measurement of Crown Cover and Leaf Area Index Using Digital Cover Photography and Its Application to Remote Sensing. Remote Sensing*, 1, 1298-1320.

Post, W.M., Kwon, K.C., 2000, *Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential,* Glob. Chang. Biol. 6 (3), 317–327.

Rokhmatuloh, R., H. Al-Bilbisi, K. Arihara, T. Kobayashi, D. Nitto, B. Erdene, K. Hirabayashi, T.A. Javzandulam, S.A. Lee, E. Migita, N. Soliman, Y. Ouma, M. Aslam, and R. Tateishi, 2005a, *Application of Regression Tree Method for Estimating Percent Tree Cover of Asia with QuickBird images as training data*, The 11th CEReS International Symposium on Remote Sensing, Chiba University, Chiba, Japan.

Rokhmatuloh, H., Nitto, D., Bilbisi H., Tateishi, R., 2005b, *Percent Tree Cover Estimation Using Regression Tree Method- A Case Study of Africa with Very High Resolution Quickbird Images as Training Data*, Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'05. Vol.3, pp.2157- 2160. IEEE.

Schulze, E.D., Lloyd, J., Kelliher, F.M., Wirth, C., Rebmann, C., Lühker, B., Mund, M., Knohl, A.,Milyukova, I.M., Schulze,W., Ziegler,W., Varlagin, A., Sogachev, A.F., Valentini, R., Dore, S., Grigoriev, S., Kolle, O., Panfyorov, M.I., Tchebakova, N., Vygodskaya, N., 1999, *Productivity of forests in the Eurosiberian boreal region and their potential to act as a carbon sink -a synthesis*, Global Change Biology 5,703-722.

Serengil, Y., 2018, *İklim değişikliği ve Karbon Yönetimi* , UNDP, Ankara

Sukardjo, S., 1996, *The Relationship of Litterfall to Basal Area and Climatic Variables in the Rhizophora mucronata Lamarck Plantation at Tritih, Central Java, Indonesia*, The Southeast Asian Studies 34, 424-432.

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., 2011, Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey, *Turkish Journal Agriculture Forest*, 35, 265-279

Tuzet A, Perrier A, ve Leuning R., 2003, *A coupled model of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration*, Plant, Cell and Environment, 26(7),1097-1116.

UNDP, 2019, *Türkiyenin Yedinci Ulusal Bildirimi,* https://www.tr.undp.org/content/dam/turkey/UNDP-TR-7NC-TUR-2019.pdf, [Ziyaret Saati : 10 Aralık 2019].

Uygur, B., Serengil, Y., 2016, *Carbon sequestration potential of forest biomass in Turkey. Biochar*, A Regional Supply Chain Approach in View of Climate Change Mitigation. Chapter 9. Cambridge Publishers. ISBN: 9781107117099.

Yu, P., Han, K., Li, Q., Zhou, D., 2017, *Soil organic carbon fractions are affected by different land uses in an agro-pastoral transitional zone in Northeastern China*, Ecol. Indic. 73,331 337.

Zengin H., Asan Ü., Destan S., Özkan U.Y., "Küresel Isınmanın Önlenmesinde Ormanların Rolü Ve Önemi", Uluslar arası Süreçte Acilen Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, *Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu,* ANTALYA, TÜRKİYE, 22-25 Aralık 2005, ss.231-242

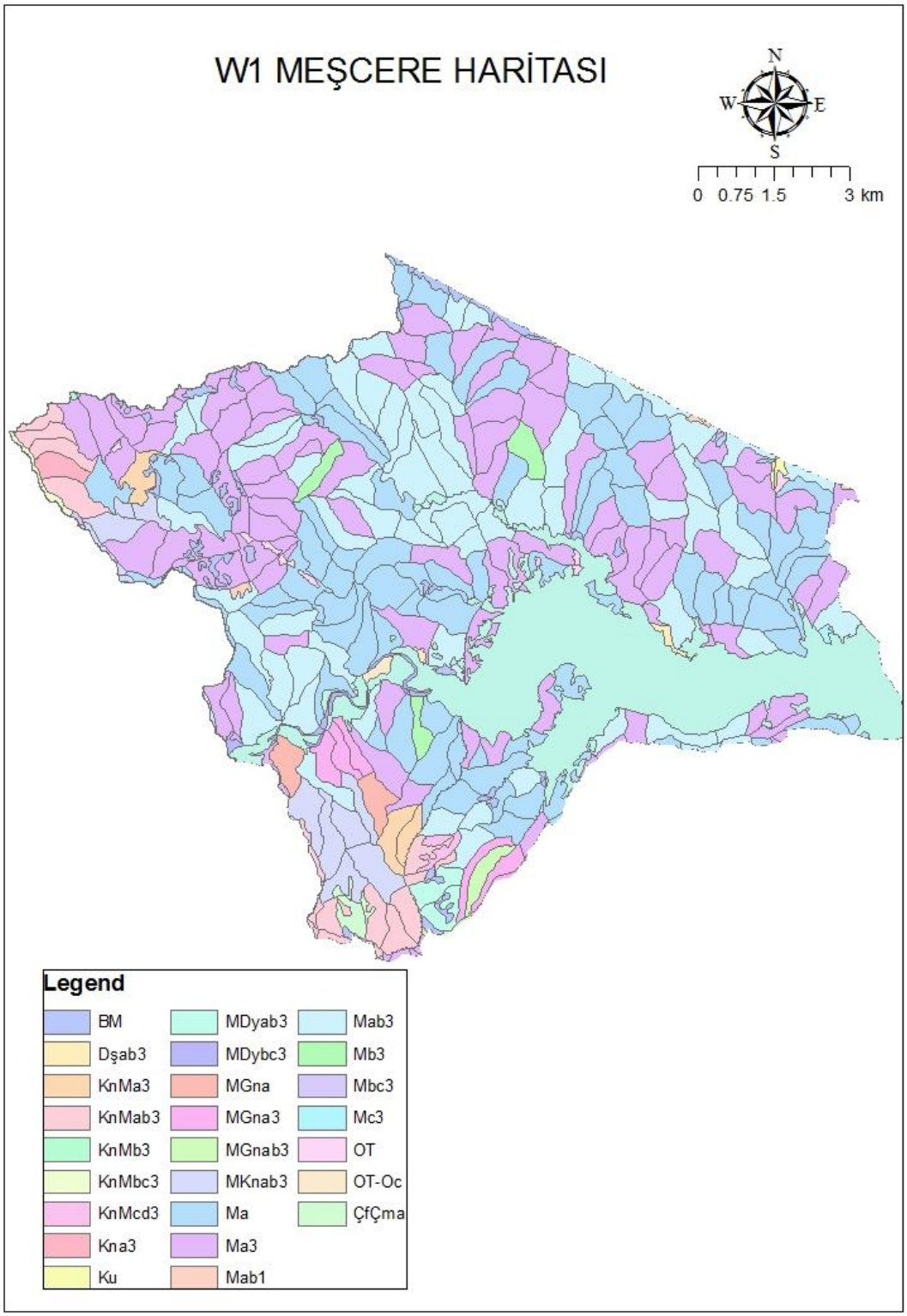
WANG F., SHACKMAN J., LIU X. , 2017, Carbon emission flow in the power industry and provincial CO_2 emissions: Evidence from cross-provincial secondary energy trading in China, *Journal of Cleaner Production,* 159, 397.

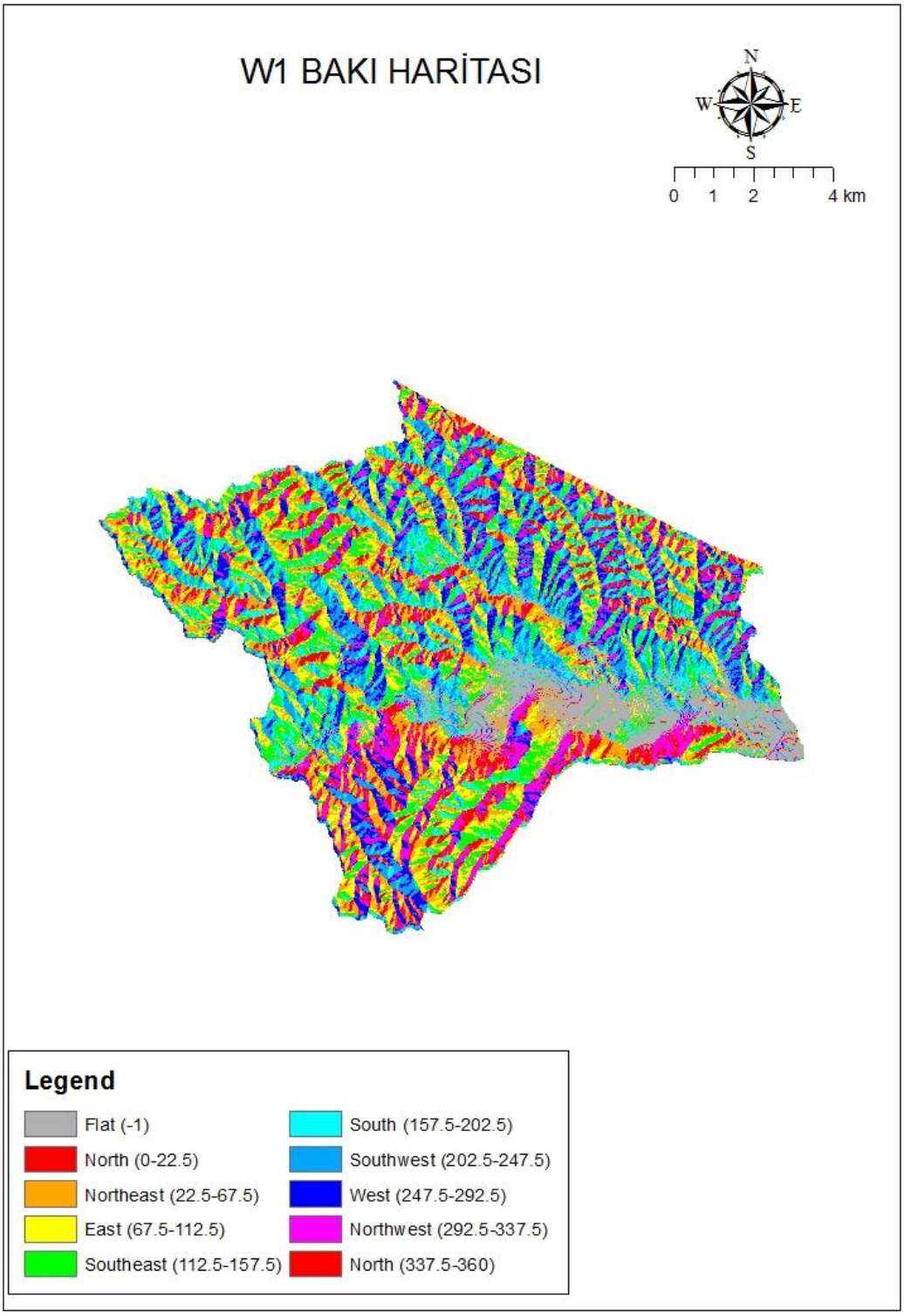
Waring, R. H., 1983, *Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area*, Advanced Ecology Research, 13, 327-354.

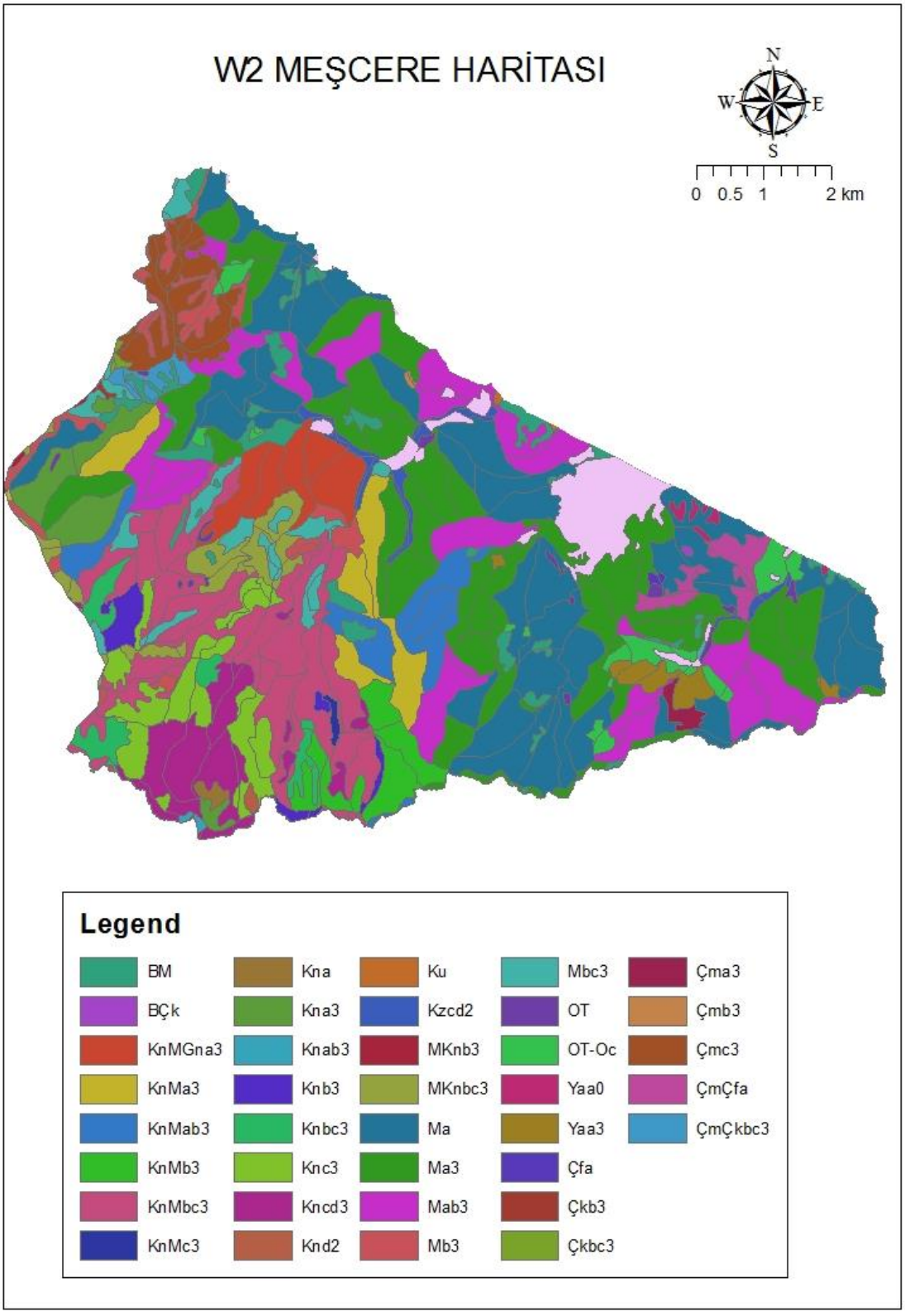
Wayburn, L.A, Franklin, F.J., Gordon, J.C., Binkley, C.S., Mlandenoff, D.J., and Christian, N.L., JR. 2000, *Forest Carbon in the United States: Opportunities & Options for Private Lands*, The Pacific Forest Trust, Inc., Santa Rosa, CA.

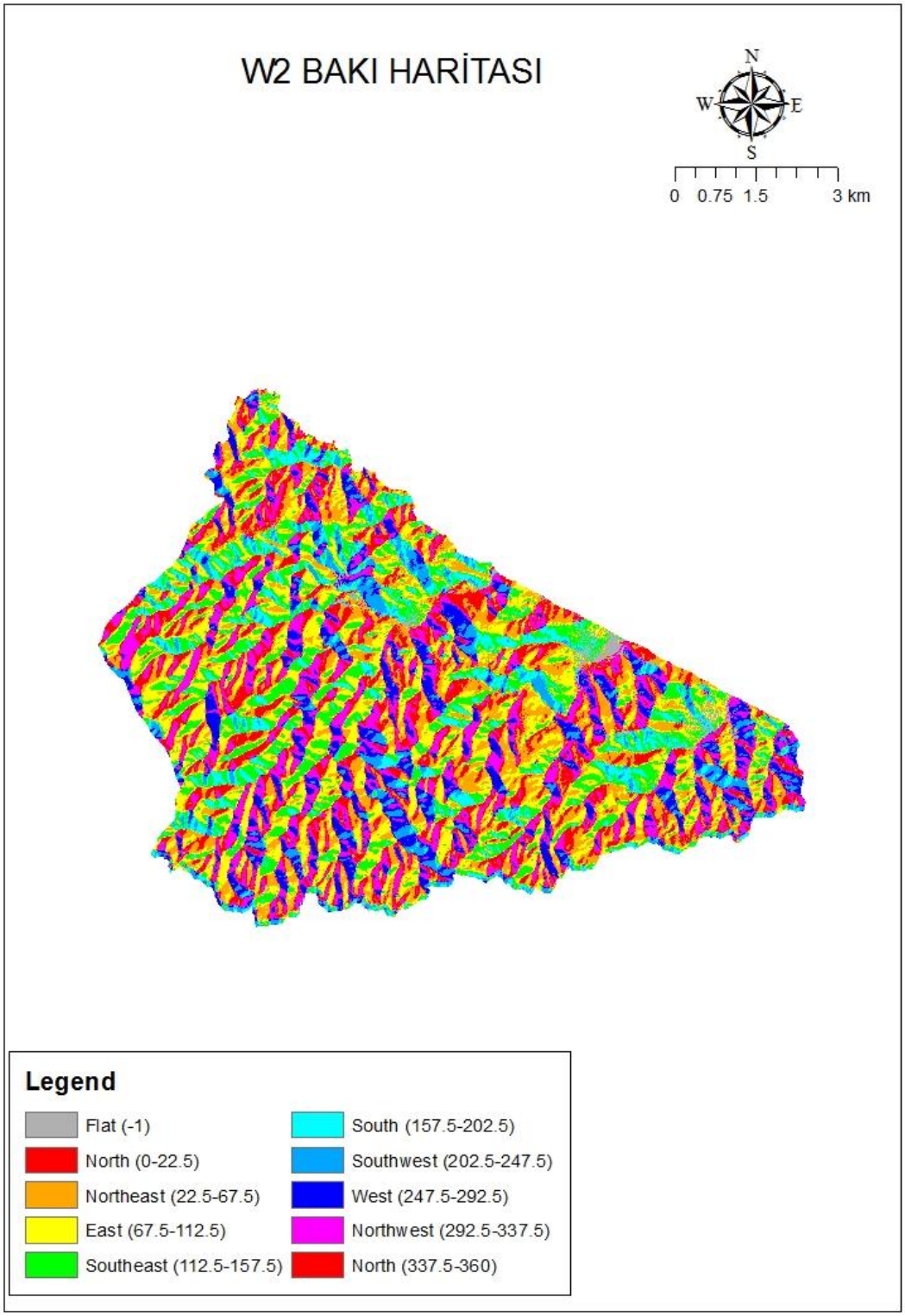
Wu, J.D., Milton, D.K., Hammond, S.K., Spear R.C.,1999, *Hierarchical Cluster Analysis Applied to Workers Exposures in Fiberglas İnsolution Manufacturing,* Ann. Occup. Hyg., Vol.43, No.1, pp.43-55.

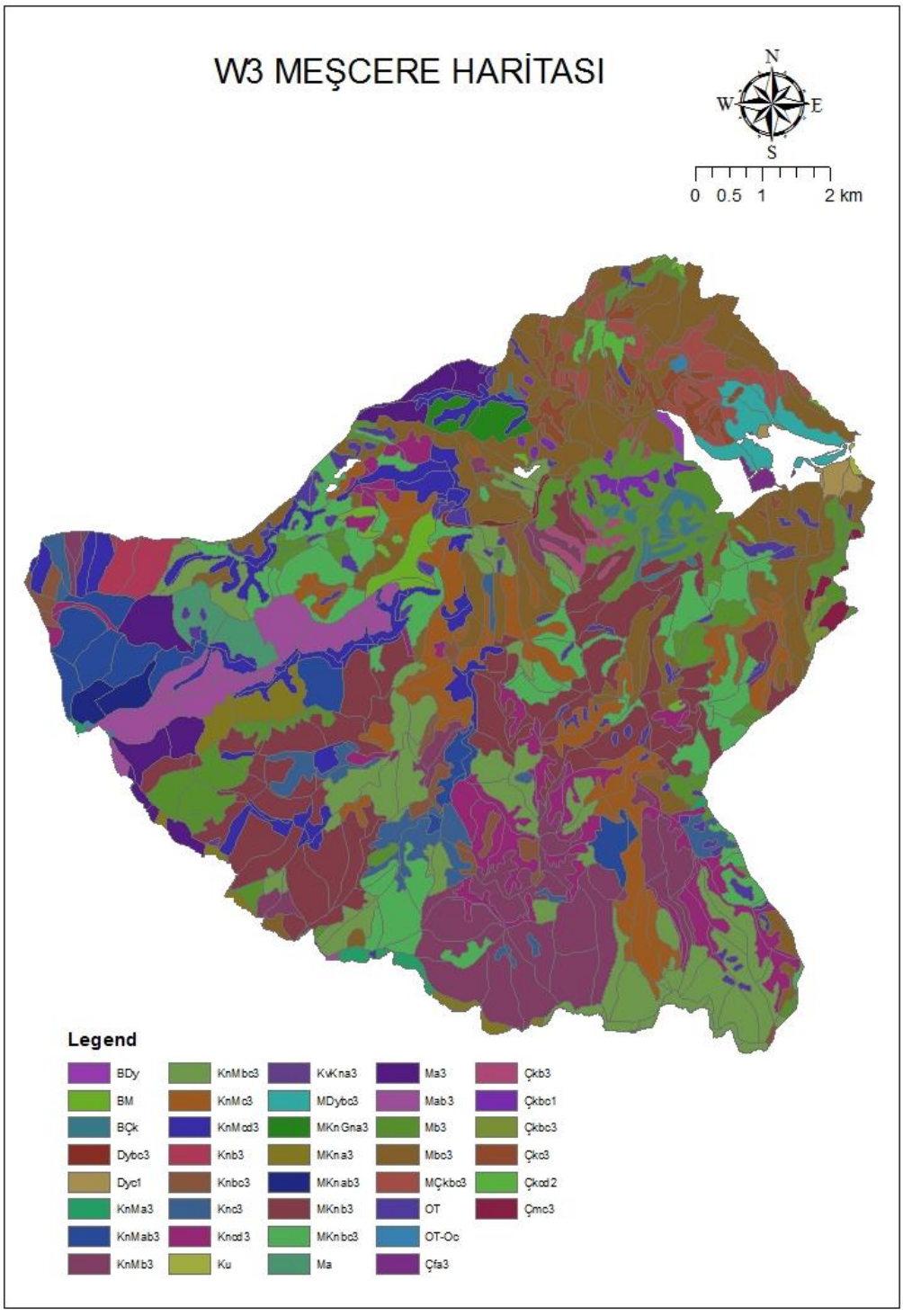
EKLER

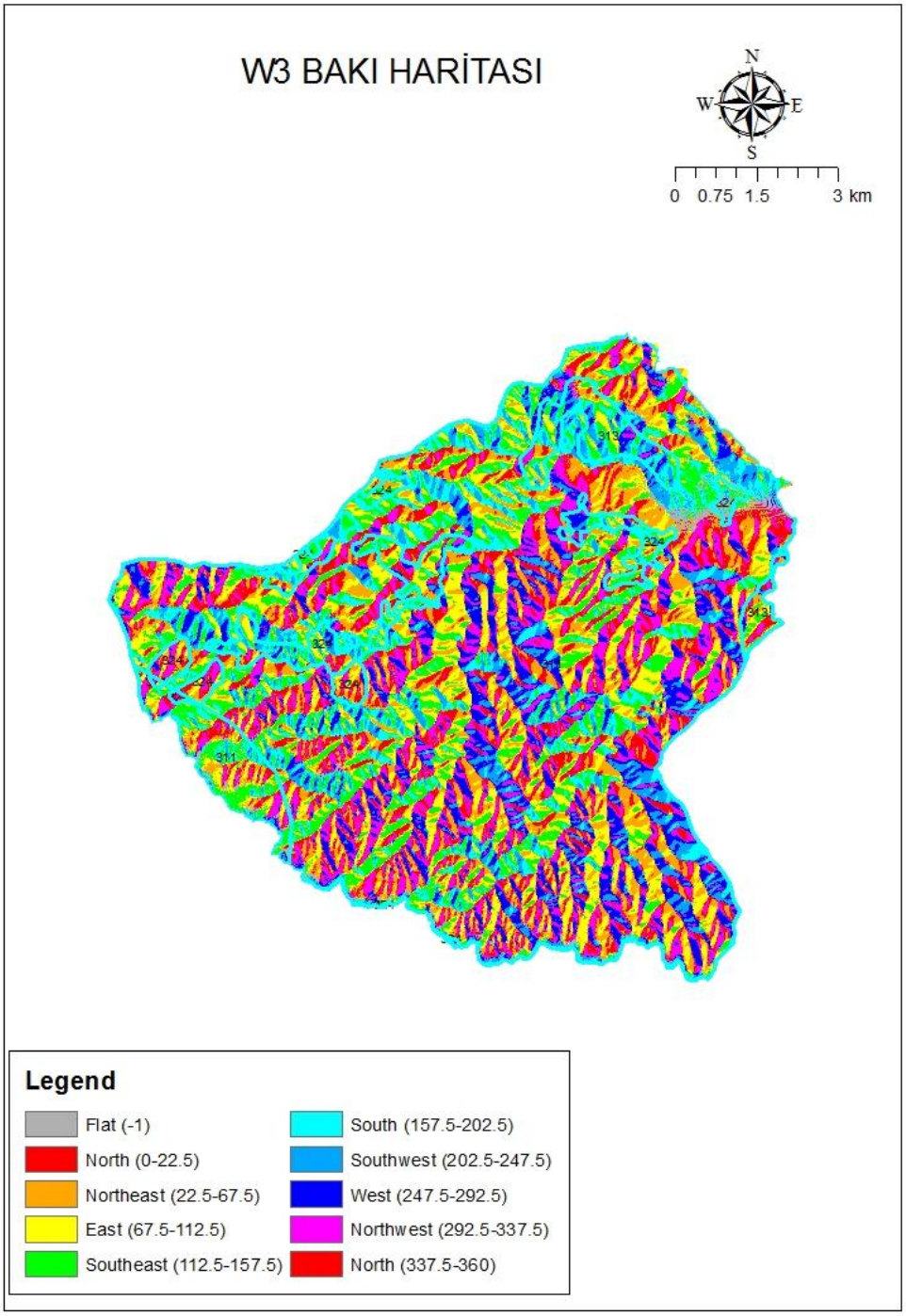

W1 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
Legend
BM
Dşab3
KnMa3
KnMab3
KnMb3
KnMbc3
KnMcd3
Kna3
Ku
MDyab3
MDybc3
MGna
MGna3
MGnab3
MKnab3
Ma
Ma3
Mab1
Mab3
Mb3
Mbc3
Mc3
OT
OT-Oc
ÇfÇma

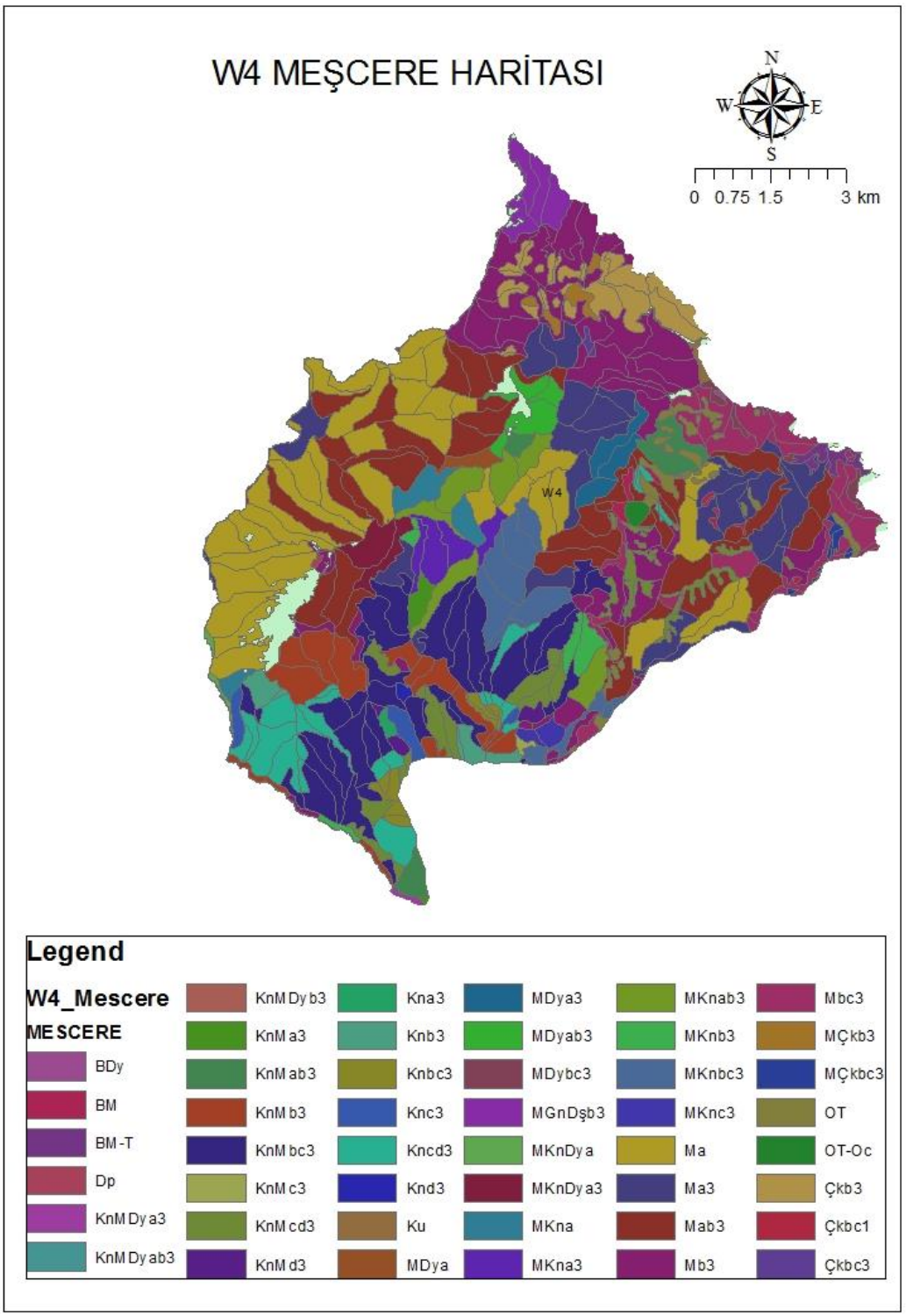

W1 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 1 2 4 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

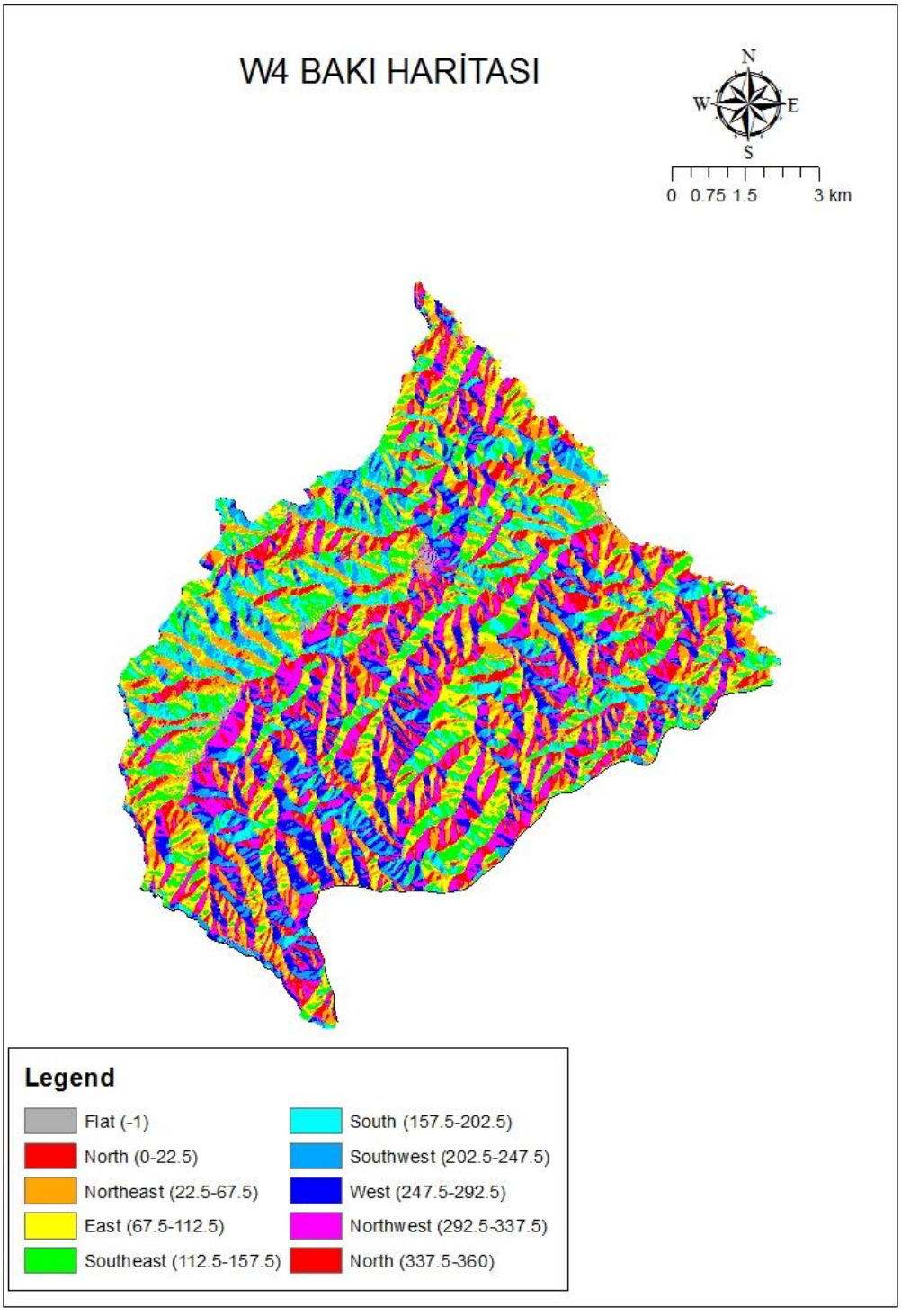

W2 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.5 1 2 km
Legend
BM
BÇk
KnMGna3
KnMa3
KnMab3
KnMb3
KnMbc3
KnMc3
Kna
Kna3
Knab3
Knb3
Knbc3
Knc3
Kncd3
Knd2
Ku
Kzcd2
MKnb3
MKnbc3
Ma
Ma3
Mab3
Mb3
Mbc3
OT
OT-Oc
Yaa0
Yaa3
Çfa
Çkb3
Çkbc3
Çma3
Çmb3
Çmc3
ÇmÇfa
ÇmÇkbc3

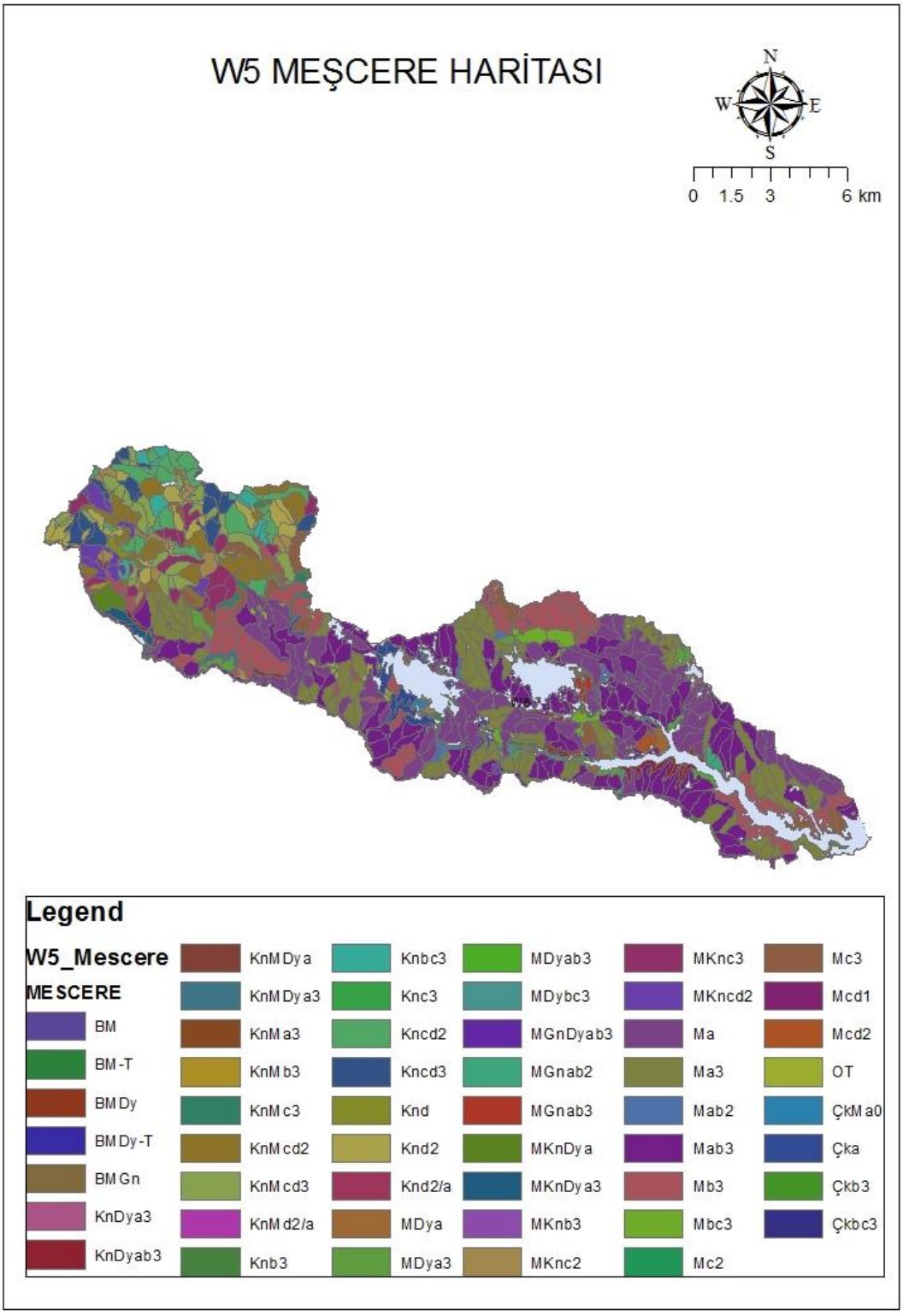

W2 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

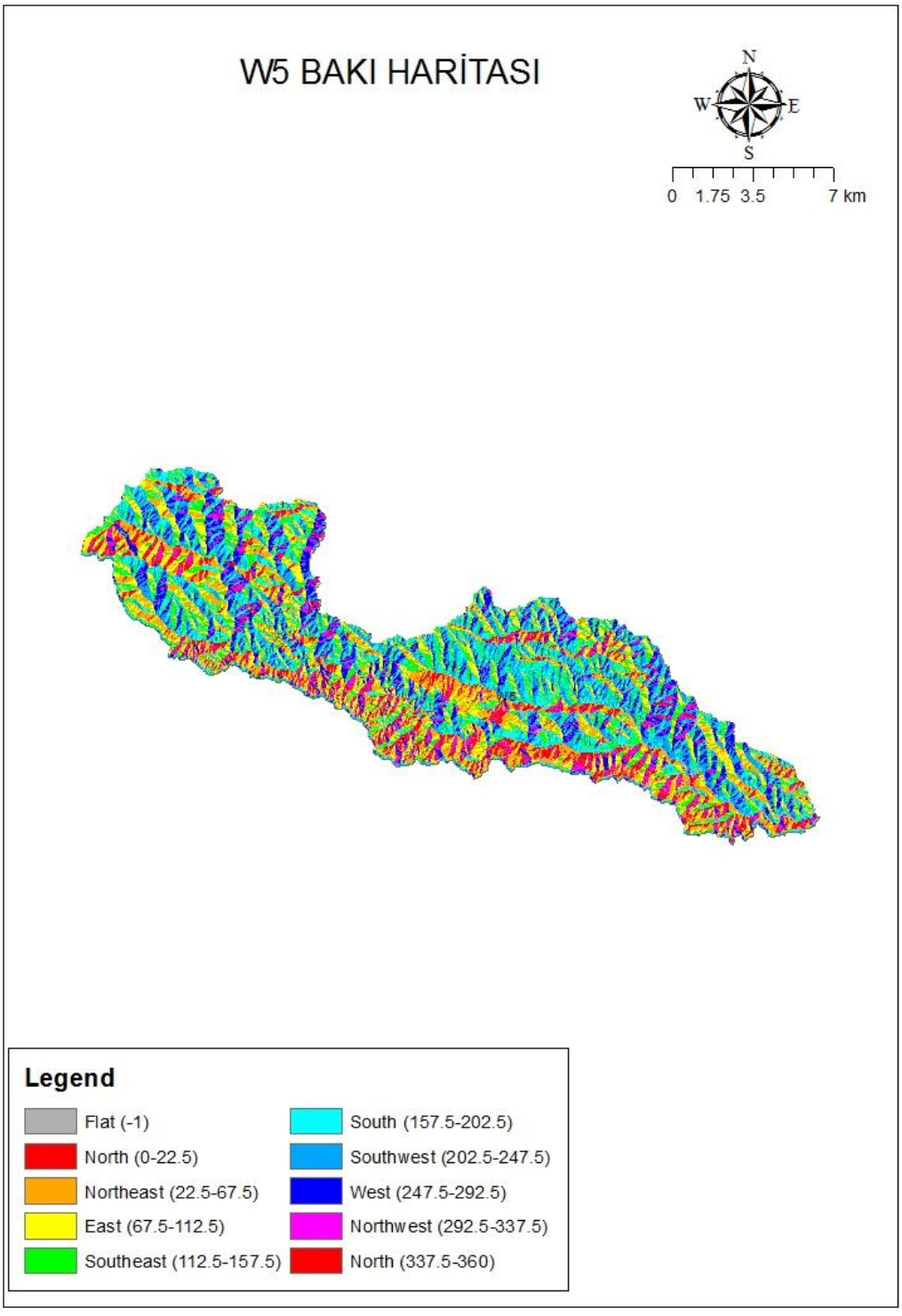

W3 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.5 1 2 km
Legend
BDy
BM
BÇk
Dybc3
Dyc1
KnMa3
KnMab3
KnMib3
KnMibc3
KnMic3
KnMicd3
Knb3
Knbc3
Knc3
Knicd3
Ku
KvKna3
MDybc3
MKnGna3
MKna3
MKnab3
MKnib3
MKnibc3
Ma
Ma3
Mab3
Mb3
Mbc3
MÇkbc3
OT
OT-Oc
Çfa3
Çkb3
Çkbc1
Çkbc3
Çkc3
Çkcd2
Çmc3

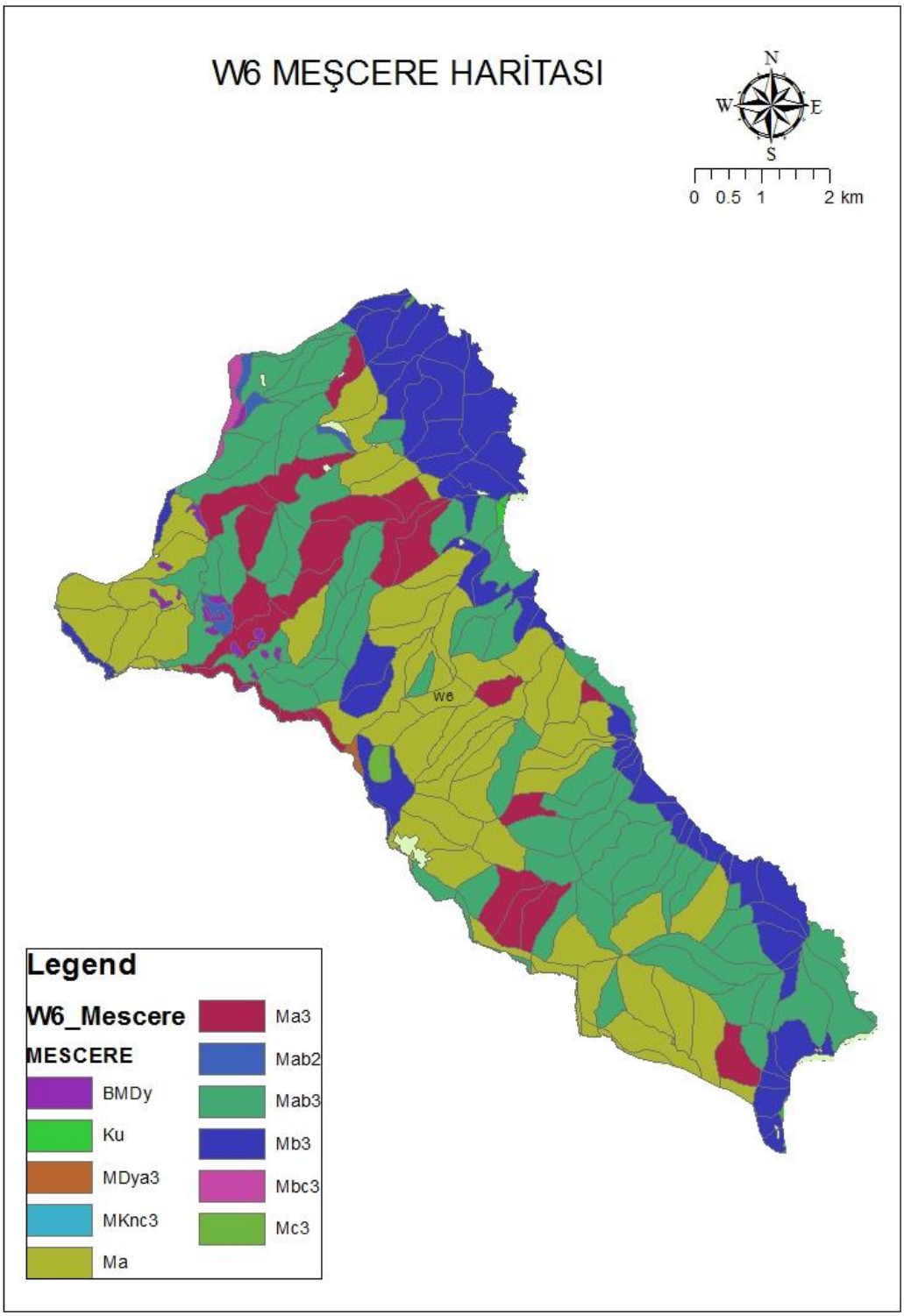

W3 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

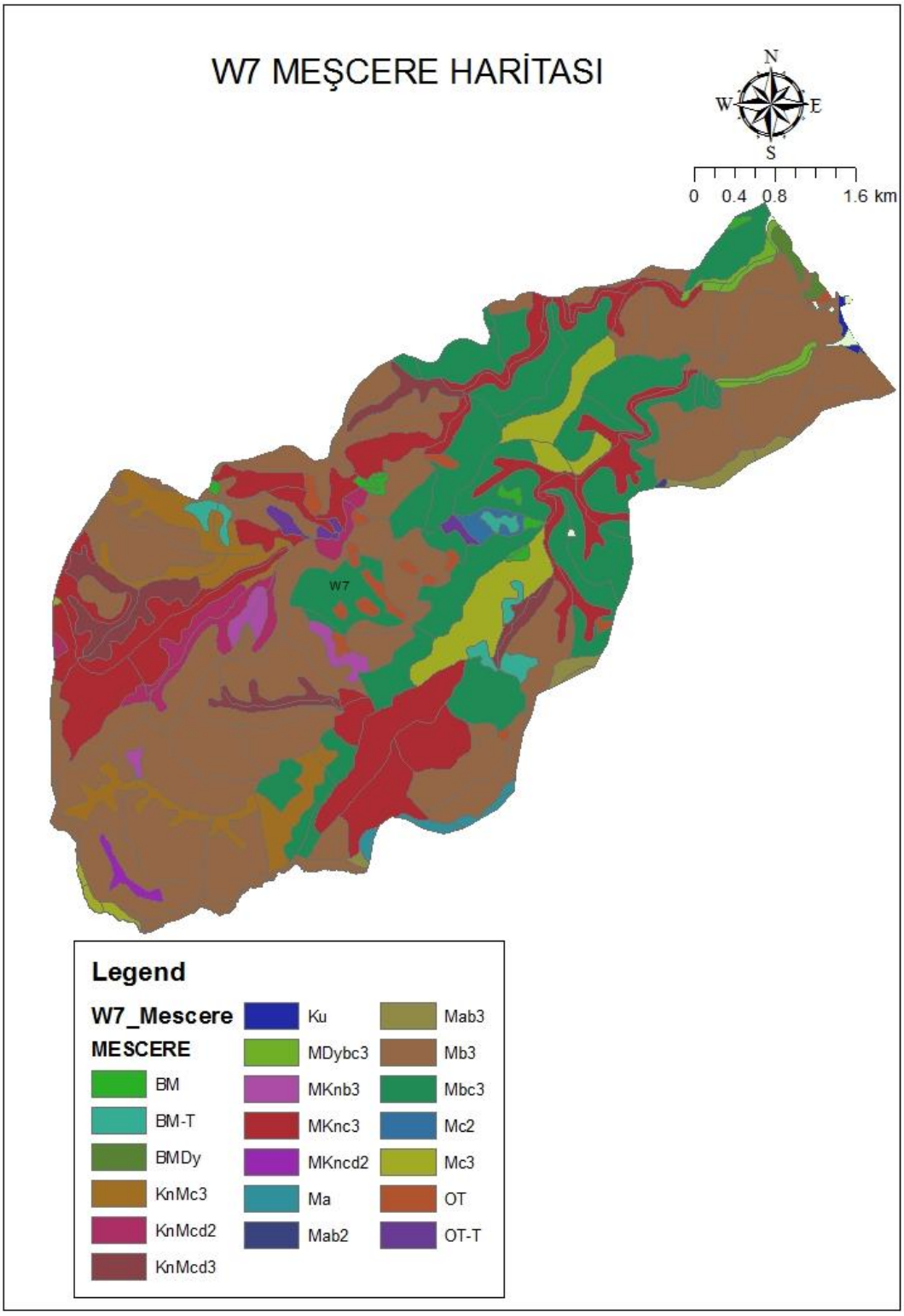

W4 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
W4
Legend
W4_Mescere
MESCERE
BDy
BM
BM-T
Dp
KnMDya3
KnMDyab3
KnMDyb3
KnMa3
KnMab3
KnMb3
KnMbc3
KnMc3
KnMcd3
KnMd3
Kna3
Knb3
Knbc3
Knc3
Kncd3
Knd3
Ku
MDya
MDya3
MDyab3
MDybc3
MGnDşb3
MKnDya
MKnDya3
MKna
MKna3
MKnab3
MKnb3
MKnbc3
MKnc3
Ma
Ma3
Mab3
Mb3
Mbc3
MÇkb3
MÇkbc3
OT
OT-Oc
Çkb3
Çkbc1
Çkbc3

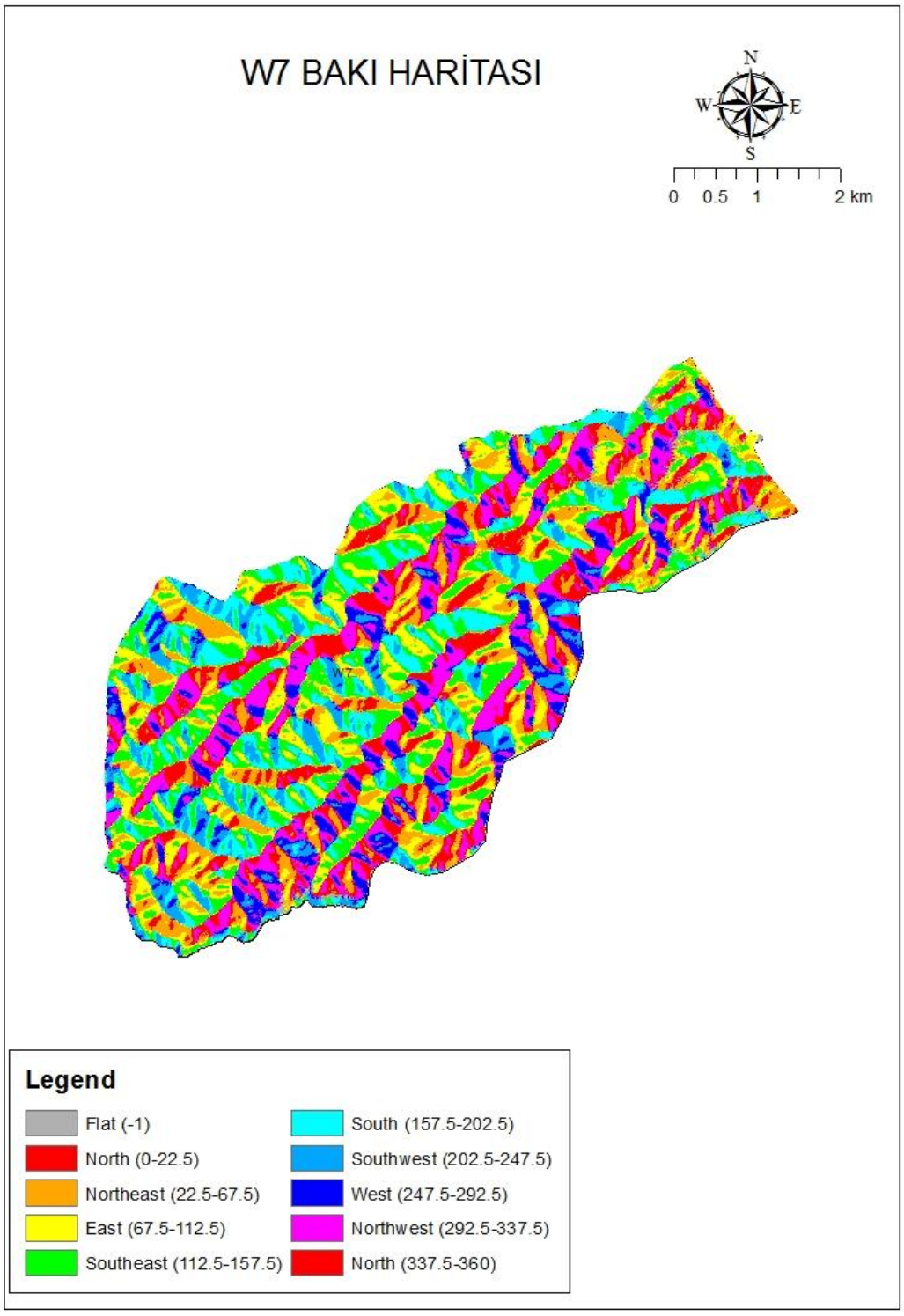

W4 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

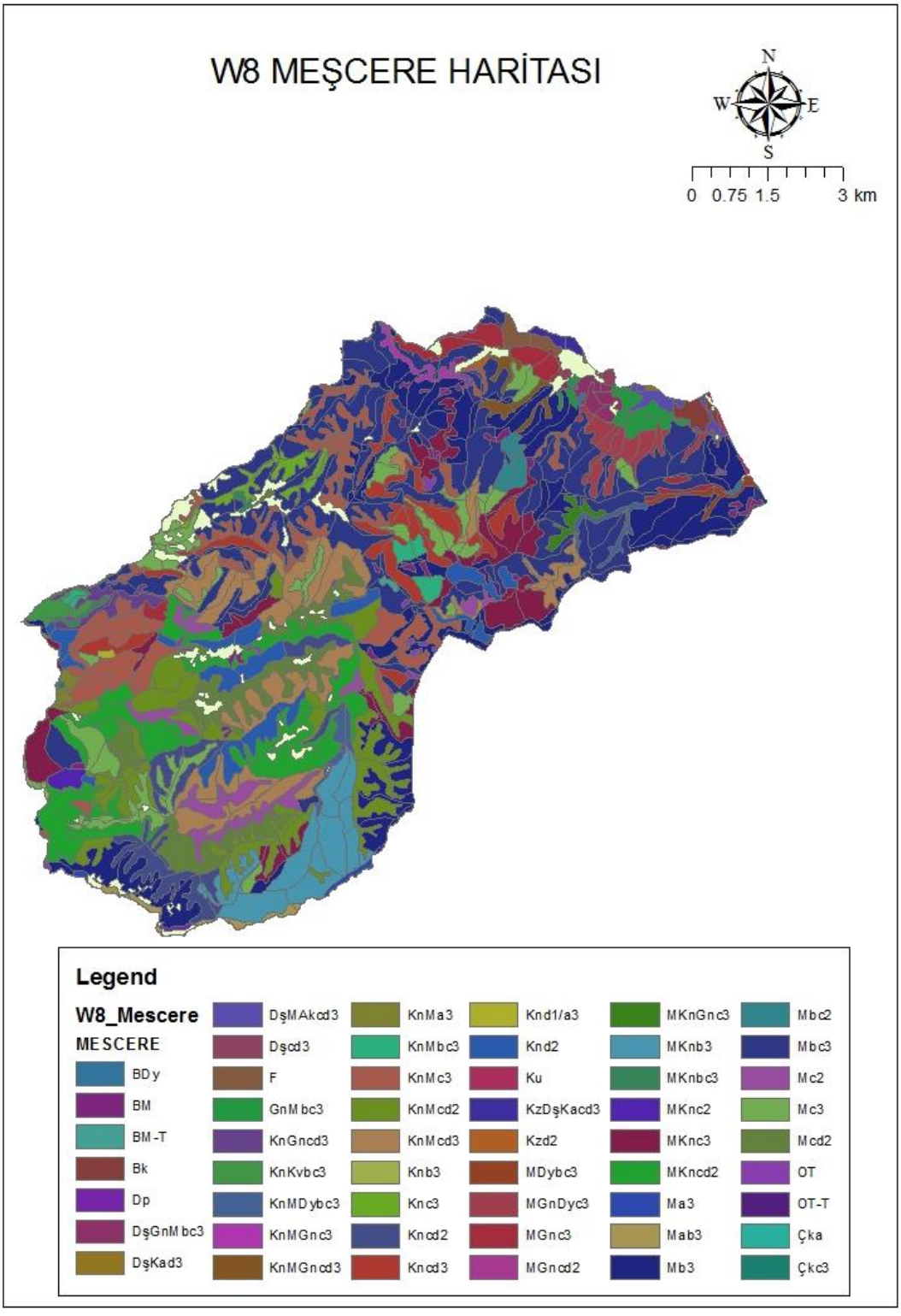

W5 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 1.5 3 6 km
Legend
W5_Mescere
MESCERE
BM
BM-T
BMDy
BMDy-T
BMGn
KnDya3
KnDyab3
KnMDya
KnMDya3
KnMa3
KnMb3
KnMc3
KnMcd2
KnMcd3
KnMd2/a
Knb3
Knbc3
Knc3
Kncd2
Kncd3
Knd
Knd2
Knd2/a
MDya
MDya3
MDyab3
MDybc3
MGnDyab3
MGnab2
MGnab3
MKnDya
MKnDya3
MKnb3
MKnc2
MKnc3
MKncd2
Ma
Ma3
Mab2
Mab3
Mb3
Mbc3
Mc2
Mc3
Mcd1
Mcd2
OT
ÇkMa0
Çka
Çkb3
Çkbc3

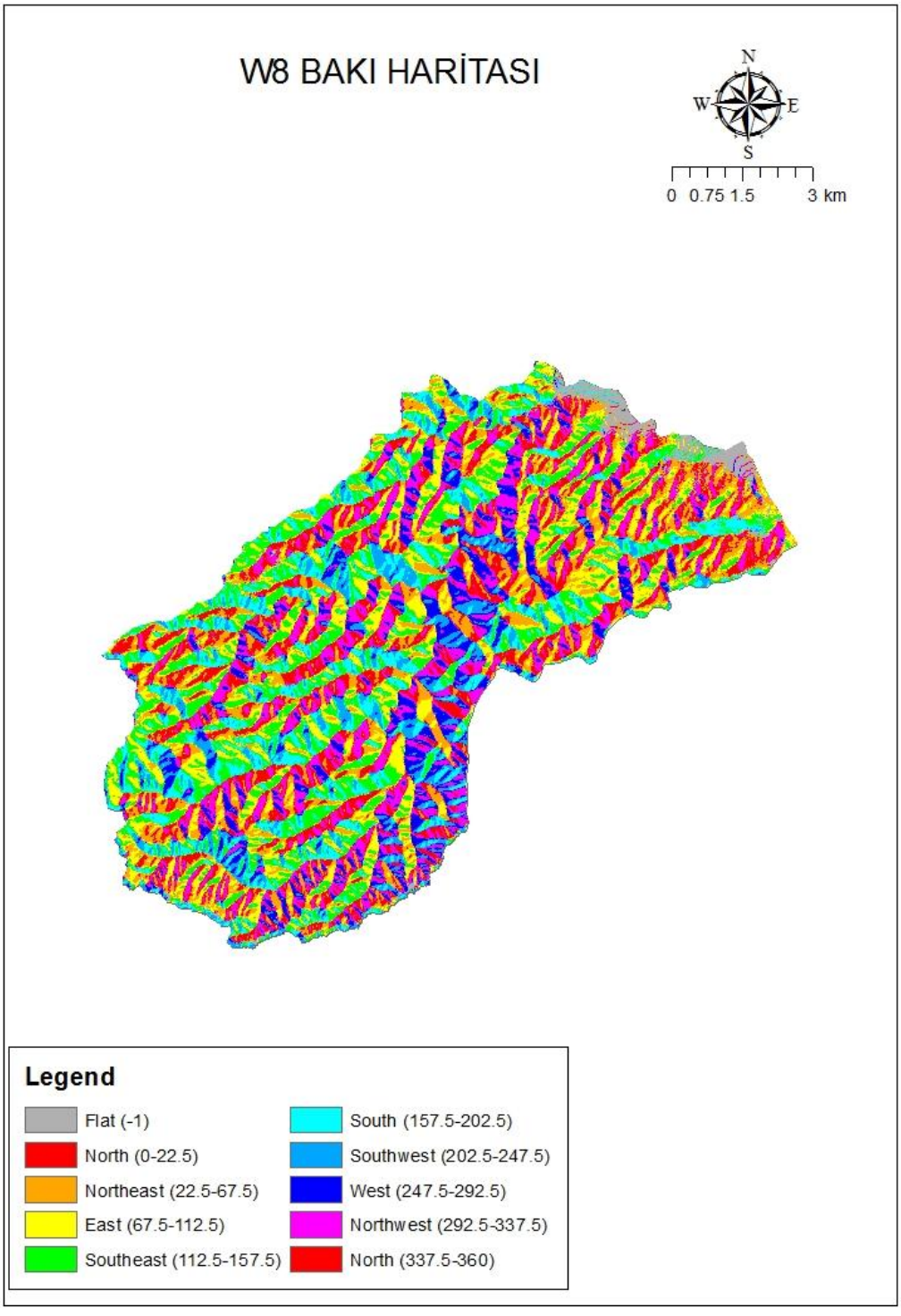

W5 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 1.75 3.5 7 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

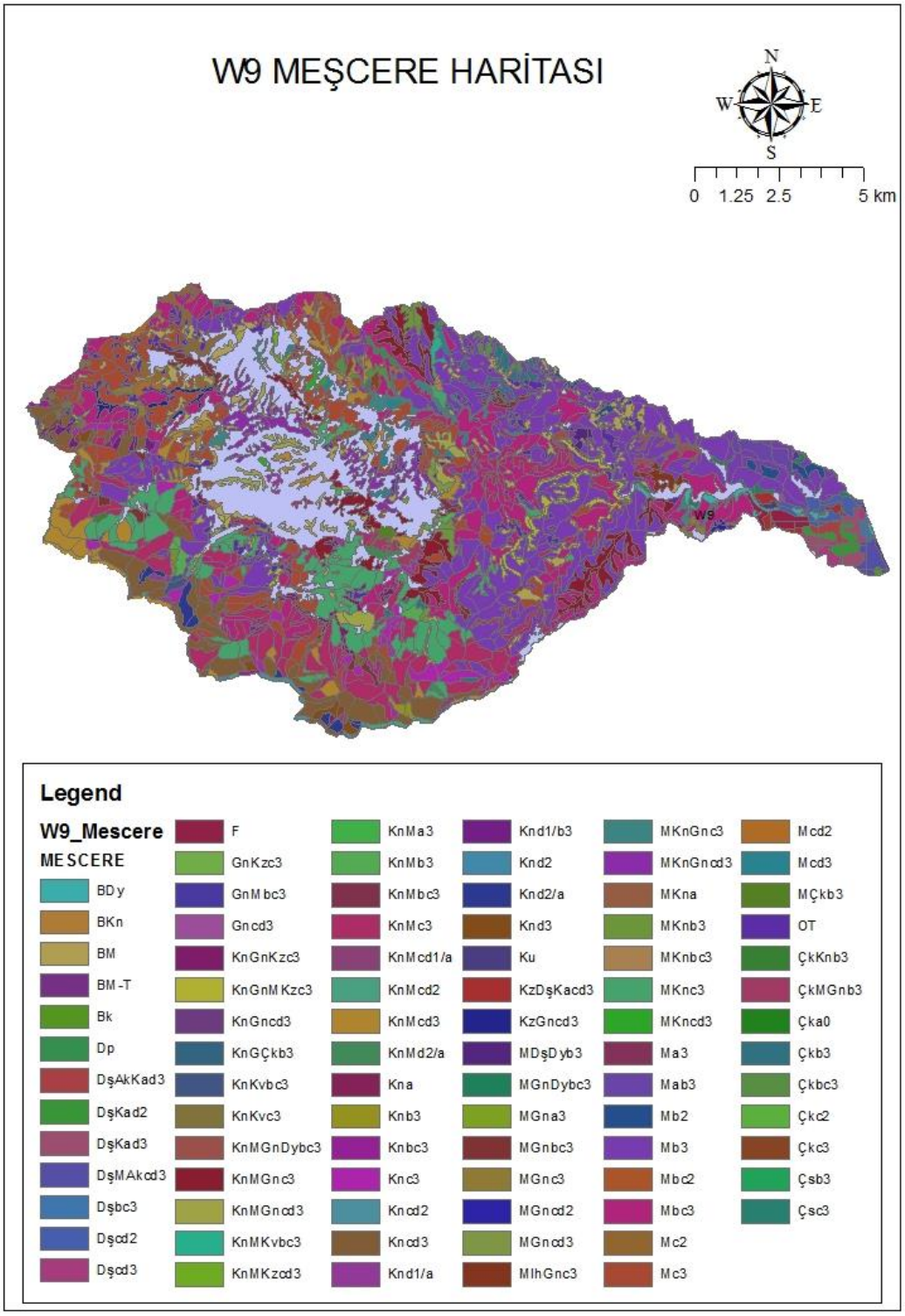

W6 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.5 1 2 km
W6
Legend
W6_Mescere
MESCERE
BMDy
Ku
MDya3
MKnc3
Ma
Ma3
Mab2
Mab3
Mb3
Mbc3
Mc3

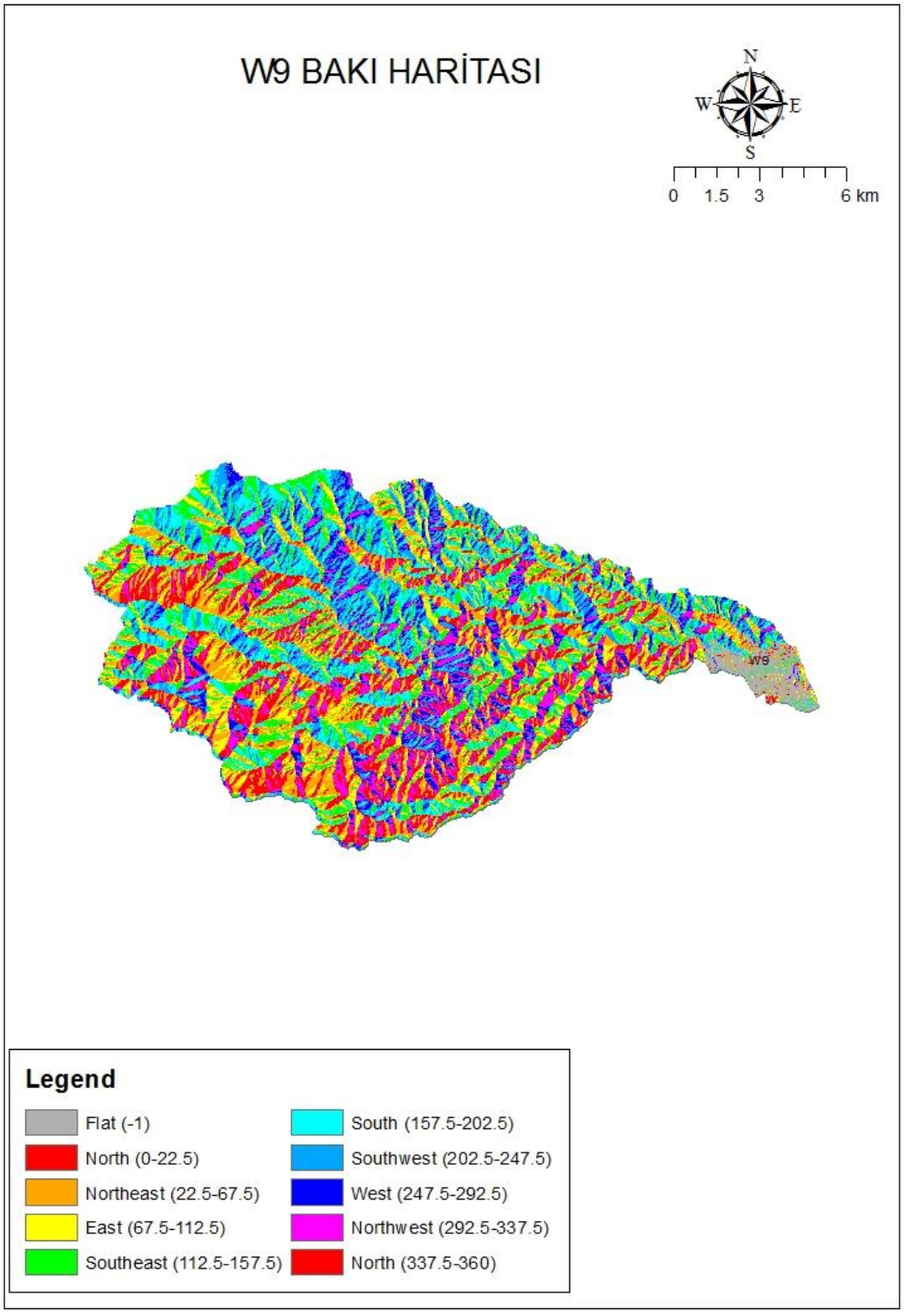

W7 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.4 0.8 1.6 km
W7
Legend
W7_Mescere
MESCERE
BM
BM-T
BMDy
KnMc3
KnMcd2
KnMcd3
Ku
MDybc3
MKnb3
MKnc3
MKncd2
Ma
Mab2
Mab3
Mb3
Mbc3
Mc2
Mc3
OT
OT-T

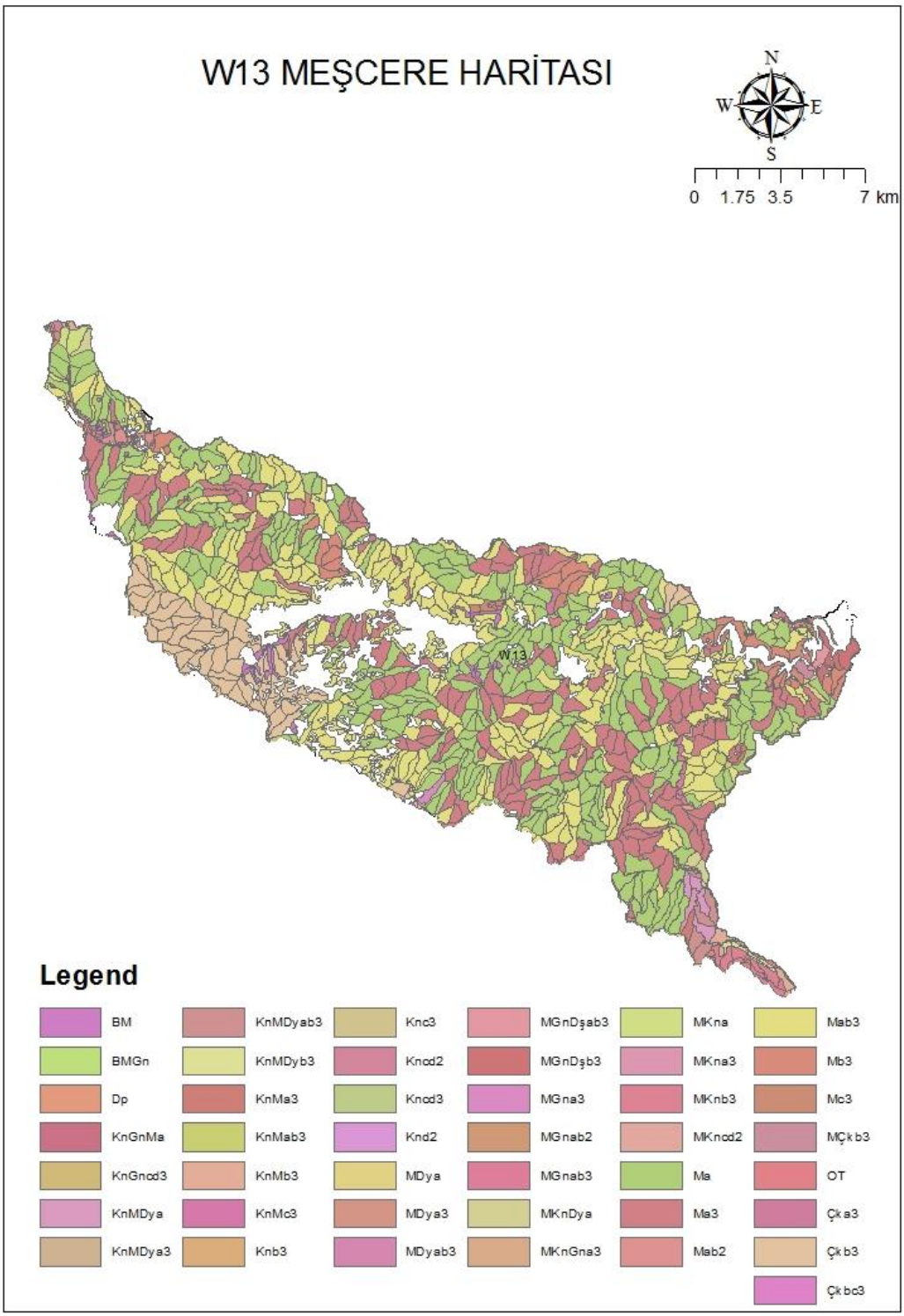

W7 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 0.5 1 2 km
W7
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

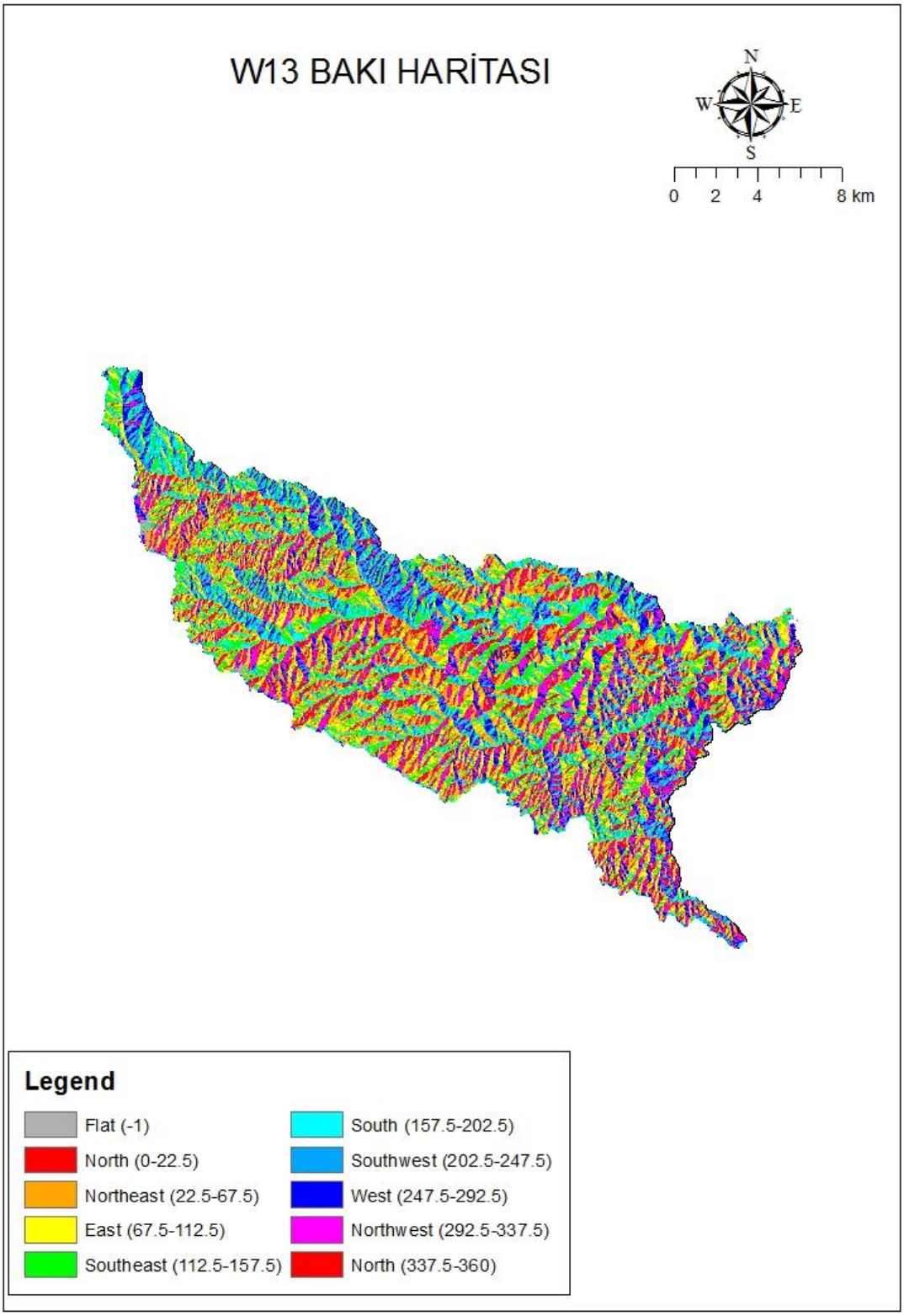

W8 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
Legend
W8_Mescere
MESCERE
BDy
BM
BM-T
Bk
Dp
DşGnMbc3
DşKad3
DşMAkcd3
Dşcd3
F
GnMbc3
KnGncd3
KnKvbc3
KnMDybc3
KnMGnc3
KnMGncd3
KnMa3
KnMbc3
KnMc3
KnMcd2
KnMcd3
Knb3
Knc3
Kncd2
Kncd3
Knd1/a3
Knd2
Ku
KzDşKacd3
Kzd2
MDybc3
MGnDyc3
MGnc3
MGncd2
MKnGnc3
MKnb3
MKnbc3
MKnc2
MKnc3
MKncd2
Ma3
Mab3
Mb3
Mbc2
Mbc3
Mc2
Mc3
Mcd2
OT
OT-T
Çka
Çkc3

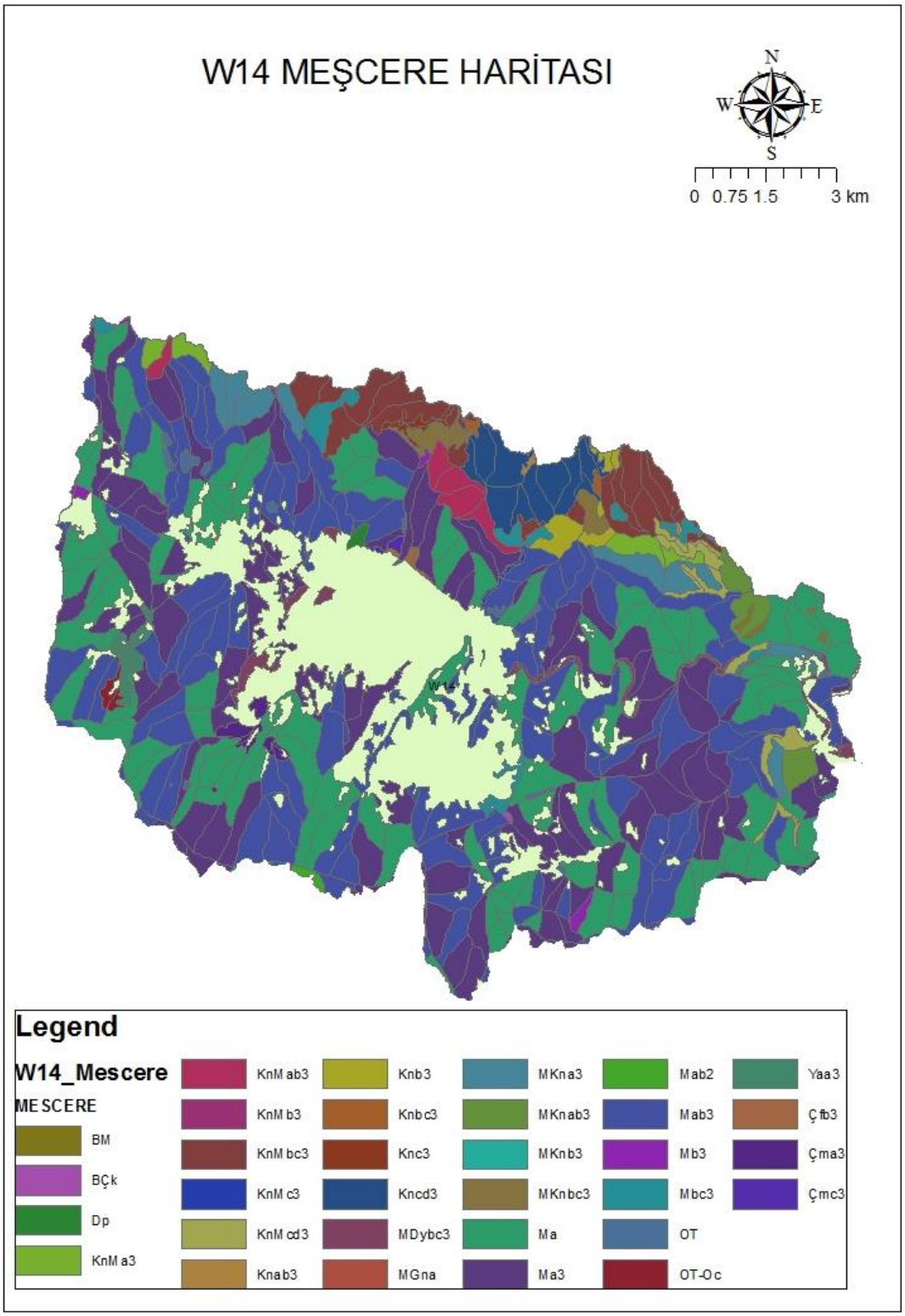

W8 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

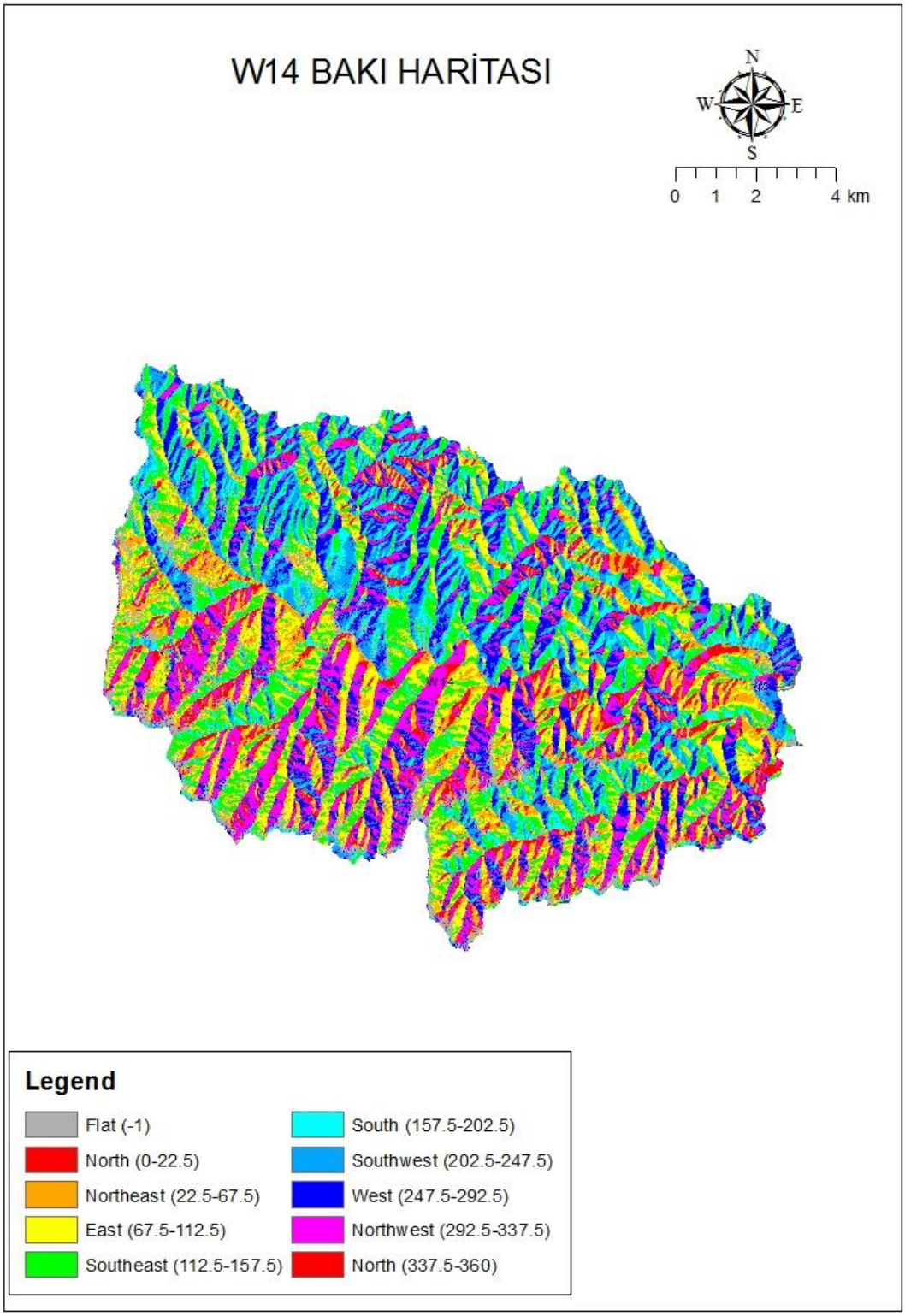

W9 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 1.25 2.5 5 km
W9
Legend
W9_Mescere
MESCERE
BDy
BKn
BM
BM-T
Bk
Dp
DşAkKad3
DşKad2
DşKad3
DşMAkcd3
Dşbc3
Dşcd2
Dşcd3
F
GnKzc3
GnMbc3
Gncd3
KnGnKzc3
KnGnMKzc3
KnGncd3
KnGÇkb3
KnKvbc3
KnKvc3
KnMGnDybc3
KnMGnc3
KnMGncd3
KnMKvbc3
KnMKzcd3
KnMa3
KnMb3
KnMbc3
KnMc3
KnMcd1/a
KnMcd2
KnMcd3
KnMd2/a
Kna
Knb3
Knbc3
Knc3
Kncd2
Kncd3
Knd1/a
Knd1/b3
Knd2
Knd2/a
Knd3
Ku
KzDşKacd3
KzGncd3
MDşDyb3
MGnDybc3
MGna3
MGnbc3
MGnc3
MGncd2
MGncd3
MIhGnc3
MKnGnc3
MKnGncd3
MKna
MKnb3
MKnbc3
MKnc3
MKncd3
Ma3
Mab3
Mb2
Mb3
Mbc2
Mbc3
Mc2
Mc3
Mcd2
Mcd3
MÇkb3
OT
ÇkKnb3
ÇkMGnb3
Çka0
Çkb3
Çkbc3
Çkc2
Çkc3
Çsb3
Çsc3


W9 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 1.5 3 6 km
W9
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)


W13 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 1.75 3.5 7 km
W13
Legend
BM
BMGn
Dp
KnGnMa
KnGncd3
KnMDya
KnMDya3
KnMDyab3
KnMDyb3
KnMa3
KnMab3
KnMb3
KnMc3
Knb3
Knc3
Kncd2
Kncd3
Knd2
MDya
MDya3
MDyab3
MGnDşab3
MGnDşb3
MGna3
MGnab2
MGnab3
MKnDya
MKnGna3
MKna
MKna3
MKnb3
MKncd2
Ma
Ma3
Mab2
Mab3
Mb3
Mc3
MÇkb3
OT
Çka3
Çkb3
Çkbc3


W13 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 2 4 8 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)


W14 MEŞCERE HARİTASI
N
W
E
S
0 0.75 1.5 3 km
W14
Legend
W14_Mescere
MESCERE
BM
BÇk
Dp
KnMa3
KnMab3
KnMb3
KnMbc3
KnMc3
KnMcd3
Knab3
Knb3
Knbc3
Knc3
Kncd3
MDybc3
MGna
MKna3
MKnab3
MKnb3
MKnbc3
Ma
Ma3
Mab2
Mab3
Mb3
Mbc3
OT
OT-Oc
Yaa3
Çfb3
Çma3
Çmc3


W14 BAKI HARİTASI
N
W
E
S
0 1 2 4 km
Legend
Flat (-1)
North (0-22.5)
Northeast (22.5-67.5)
East (67.5-112.5)
Southeast (112.5-157.5)
South (157.5-202.5)
Southwest (202.5-247.5)
West (247.5-292.5)
Northwest (292.5-337.5)
North (337.5-360)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Feride SÜLÜ
Doğum Yeri	Doğanşehir
Doğum Tarihi	29.10.1986
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	05538041570
E-Posta Adresi	feridesulu@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler
Boyraz, U., Sülü, F., Kazez Yılmaz, C. M., 2018, Hidroloji Deney Düzeneğinde Birim Hidrograf İncelemesi, *UKSAY Uluslararası Kentsel Su ve Atıksu Yönetimi Sempozyumu*, Ekim 2018, Denizli.