ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Havva Sibel TAŞKINSU MEYDAN

YUKARI SEYHAN HAVZASI'NDA UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN SINIFLANDIRILMASI VE BAZI ORMAN MEŞCERELERİNDE VERİMLİLİĞİN MODELLENMESİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ADANA, 2008

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YUKARI SEYHAN HAVZASI'NDA UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN SINIFLANDIRILMASI VE BAZI ORMAN MEŞCERELERİNDE VERİMLİLİĞİN MODELLENMESİ

Havva Sibel TAŞKINSU MEYDAN

DOKTORA TEZİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Bu tez 14/01/2008 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

İmza.....……	İmza.....……..	İmza.....……
Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU	Prof.Dr. K.Tuluhan YILMAZ	Prof.Dr. Vedat PEŞTEMALCI
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

İmza.....…	İmza.....……
Doç Dr. Nilgül KARADENİZ	Doç. Dr. Hakan ALPHAN
ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz **Peyzaj Mimarlığı** Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No:ZF2004D3

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
DOKTORA TEZİ

YUKARI SEYHAN HAVZASI'NDA UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN SINIFLANDIRILMASI VE BAZI ORMAN MEŞCERELERİNDE VERİMLİLİĞİN MODELLENMESİ

Havva Sibel TAŞKINSU MEYDAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman : Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU
2. Danışman : Doç.Dr. Fatih EVRENDİLEK
Yıl : 2008, Sayfa: 194
Jüri : Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU
Prof.Dr. K.Tuluhan YILMAZ
Prof.Dr. Vedat PEŞTEMALCI
Doç.Dr. Nilgül KARADENİZ
Doç.Dr. Hakan ALPHAN

Bu çalışma kapsamında, IKONOS ve LANDSAT ETM+ görüntüleri kullanılarak Yukarı Seyhan Havzası arazi örtüsü sınıflandırılmış ve havzayı temsil eden farklı meşcereler üzerinde gerçekleştirilen arazi, laboratuar çalışmaları ve uydu görüntüleri yardımıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında Net Birincil Üretim modellemesi yapılmıştır.

Orman meşcereleri yönünden bölgeyi en iyi temsil etmesi nedeni ile arazi çalışmaları Katran Çukuru Mevkii'nde gerçekleştirilmiştir. Araştırma üç aşamada gerçekleştirilmiştir: (i) yer verisi toplama (biyotik veri seti), (ii) görüntü sınıflama ve ağaç kapalılık yüzdesi, (iii) sonuçların entegrasyonu ve verimliliğin modellenmesi. Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Ardıç (*Juniperus excelsa*), Sedir (*Cedrus excelsa*) ve karışık meşcere tiplerinden oluşan beş farklı alanda kurulan deneme parsellerinde elde edilen boy, çap ve yaş ölçümü, döküntü miktarları ve kuru madde ağırlıkları verilerinden biyotik veri seti oluşturulmuştur. Çalışma alanına ait LANDSAT ETM+ verisi eğitimli sınıflama yöntemi ile sınıflandırılarak, mevcut arazi örtüsü ortaya konmuştur. Çalışmanın son aşamasında ise, uzaktan algılanmış veriler ile yer verileri birlikte CBS ortamında entegre edilerek, verimliliğin konumsal dağılımı ve miktarı, NASA-CASA (Carnegie-Ames-Stanford Approach) yaklaşımı ile modellenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yukarı Seyhan Havzası, Ekosistem Verimliliği, Biyokütle, Uzaktan Algılama, NBÜ.

ABSTRACT
PhD THESIS

LAND COVER CLASSIFICATION AND MODELLING THE PRODUCTIVITIY OF SOME FOREST STANDS AT THE UPPER SEYHAN RIVER BASIN USING REMOTE SENSING

Havva Sibel TAŞKINSU MEYDAN

UNIVERSITY OF CUKUROVA
DEPARTMENT OF LANDSCAPE ARCHITECTURE
INSTITUTE OF NATUREL AND APPLIED SCIENCES

Supervisor : Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU
2.Supervisor : Assoc.Prof. Fatih EVRENDİLEK
Year : 2008, Page: 194
Jury : Assoc.Prof. Süha BERBEROĞLU
Prof.Dr. K.Tuluhan YILMAZ
Prof.Dr. Vedat PEŞTEMALCI
Assoc.Prof. Nilgül KARADENİZ
Assoc.Prof. Hakan ALPHAN

In this study, land cover classification was performed in the Upper Seyhan River Basin using IKONOS and LANDSAT ETM+ data and the Net Primary Productivity (NPP) was modelled within a Geographical Information Systems environment using laboratory analysis, field surveys conducted at the representative forest stands and remotely sensed satellite data.

The field works were implemented at Katran Çukuru area as it highly represents the region. This research includes three phases: (i) collecting ground data (biotic dataset) (ii) image classification and percent tree cover, (iii) data integration and modelling productivity. Biotic data set comprises tree height, diameter, age, litter, dry matter data measured from five test sites set up within Crimean pine, Lebanese cedar, Turkish pine, juniper and mixed conifer forest stands. LANDSAT ETM+ images recorded over the study area were classified using supervised training to produce current land cover pattern. At the final stage of this study, spatial distribution and the quantity of productivity was modelled with NASA-CASA (Carnegie-Ames-Stanford Approach) by integrating remotely sensed and ground data within a GIS environment.

Key Words: Upper Seyhan River Basin, Ecosystem Productivity, Biomass, Remote Sensing, NPP.

TEŞEKKÜR

Çalışma süresince danışmanlığımı üstlenen ve çok yoğun çalışma ortamına rağmen her konuda destek olan hocam sayın Doç.Dr. Süha BERBEROĞLU'na değerli teşvik ve katkılarından dolayı şükranlarımı ve saygılarımı bir borç bilirim.

Özellikle arazi çalışmaları sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nden 2. danışman hocam Doç.Dr. Fatih EVRENDİLEK'e çok teşekkür ederim.

Tez izleme jüri üyeliğini kabul ederek çalışmalarıma destek veren ve yardımlarını esirgemeyen bölümümüz hocalarından sayın Prof.Dr. K. Tuluhan YILMAZ'a, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden hocam sayın Prof.Dr. Vedat PEŞTEMALCI'ya, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nden hocam sayın Doç.Dr. Nilgül KARADENİZ'e ve bölümümüz hocalarından sayın Doç. Dr. Hakan ALPHAN'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca, Peyzaj Mimarlığı Bölümü Araştırma Görevlisi Cenk DÖNMEZ'e ve Mehmet Akif ERDOĞAN'a katkılarından dolayı minnettarım.

Çalışmalar süresince her zaman beni destekleyen ve yanımda olan sevgili eşim Levent MEYDAN'a ve aileme çok teşekkür ederim.

Havva Sibel TAŞKINSU MEYDAN

İÇİNDEKİLER **SAYFA NO**

ÖZ……I

ABSTRACT…...……II

TEŞEKKÜR ...……III

İÇİNDEKİLER…...……...IV

ÇİZELGELER DİZİNİ……VII

ŞEKİLLER DİZİNİ……VIII

SİMGELER ve KISALTMALAR……XIII

1. GİRİŞ……1

1.1. Uzaktan Algılama ……..4

1.1.1. Uzaktan Algılamanın Tanımı ve Tarihçesi……4

1.1.2. Uzaktan Algılamada Kullanılan Verilerin Özellikleri……..5

1.1.3. Vejetasyonun Uzaktan Algılanması……....10

1.1.3.1.Ağaç Kapalılık Yüzdesi…...11

1.2. Verimlilik……14

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……24

3. MATERYAL VE YÖNTEM……43

3.1. MATERYAL……..43

3.1.1. Çalışma Alanının Konumu……43

3.1.2. Yersel ve Uzaktan Algılama Verilerinin Genel Özellikleri…..43

3.1.2.1. Yersel Veriler……...45

3.1.2.2. Uzaktan Algılanmış Veriler……49

3.1.2.2.(1). LANDSAT ETM+ Uydu Görüntüleri..…49

3.1.2.2.(2). IKONOS Uydu Görüntüleri…….55

3.1.2.2.(3). Orman Meşcere Haritaları……...57

3.2. YÖNTEM……....59

3.2.1. Yersel Veri Setinin Hazırlanması……..59

3.2.1.1. Döküntü Miktarı Ölçümü..…….61

3.2.2. Arazi Örtüsü Sınıflaması……..64

3.2.3. CASA Modeli Veri Setinin Hazırlanması…….66

3.2.3.1. İklim Verilerinin Oluşturulması……....70

3.2.3.2. Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksinin Oluşturulması……...70
3.2.3.3. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Tahmini……..….72
3.2.3.4. Arazi Örtüsü Haritası Oluşturulması……..79
3.2.3.5. Toprak Sınıfları Haritası Oluşturulması……..…79
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……..……..80
4.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri…….……80
4.1.1. İklim……..……....80
4.1.2. Topoğrafik Yapı……..……..81
4.1.3. Hidrolojik Yapı…….81
4.1.4. Toprak Yapısı…….…...82
4.1.5. Jeomorfolojik Yapı…….……..83
4.1.6. Jeolojik Yapı……..……..….84
4.1.7. Tarım…….84
4.1.8. Bitki Örtüsü...…….……...85
4.1.9. Yaban Hayatı…….……86
4.2. Yersel Veri Seti……88
4.3. Arazi Örtüsü Sınıflaması……..91
4.4. Ağaç Kapalılık Haritası……94
4.4.1. Referans (Test) Verisinin Oluşturulması……...94
4.4.2. Tahmin Edici Değişkenlerin Seçilmesi…….....99
4.4.3. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası ve Elde Edilen Bulgular…...99
4.5. Döküntü Miktarları……112
4.6. Karbon Miktarlarına Ait Bulgular…….….119
4.7. Net Birincil Üretim Tahmini……..128
4.7.1. CASA Modeli Veri Seti……..128
4.7.1.1. İklim Verilerinin Mekansal İnterpolasyonu…….128
4.7.1.2. Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi……..138
4.7.1.3. CASA Modeli Arazi Sınıflarına Ait Bulgular……..142
4.7.1.4. CASA Modeli Toprak Sınıflarına Ait Bulgular…...144
4.7.2. Çalışma Alanı Net Birincil Üretim Sonuçları……...147

5. SONUÇ……..……...……...…....…….…..…….……162
KAYNAKLAR…….…….…….……...……..169
ÖZGEÇMİŞ…….……...194

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA NO**

Çizelge 1.1. Küresel Karbon Bilançosu (Alım ve Salımları)…...……...16

Çizelge 1.2. Dünyada Bitki Örtüsü ve Toprakta 1 m Derinliğe Kadar Tutulan Karbon Stokları…...……..…....16

Çizelge 1.3. Dünya Biyokütle Potansiyeli Oranları……17

Çizelge 3.1. LANDSAT 7 ETM+ Uydusunun Algılayıcı Özellikleri……49

Çizelge 3.2. IKONOS Uydusunun Algılayıcı Özellikleri…….…….….55

Çizelge 4.1. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşceresine Ait Analiz Kartı Örneği……..88

Çizelge 4.2. Karışık (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*) Meşcereye Ait Analiz Kartı Örneği...….…….89

Çizelge 4.3. Katran Çukuru Mevkii'ndeki Orman Meşcerelerinin Ortalama Karakteristik Değerleri (ortalama±SS)…...…...…….……90

Çizelge 4.4. Beş Orman Meşceresine Ait Yanıt Değişkeni "Göğüs Yüksekliğindeki Ağaç Çapı (dbh, cm)" ile Açıklayıcı Değişken "Ağaç Boyu (m)" Arasındaki Basit Doğrusal Regresyon Modelleri…..……...90

Çizelge 4.5. Çalışma Alanı İçerisinde Yer Alan Arazi Sınıfları ve Kapladıkları Alanlar…….……...91

Çizelge 4.6. SLR Yöntemi ile Seçilen Bandlar……...99

Çizelge 4.7. Çalışma Alanındaki Meşcerelere ait Döküntülerin Bileşenlerine Göre Ayrışımı…….……..……113

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA NO**

Şekil 1.1. Elektromanyetik Işıma Modeli…….……...7

Şekil 1.2. Elektromanyetik Spektrumda Bölgeler…….…..…..8

Şekil 1.3. Su, Toprak, Vejetasyon ve Kayaçlara ait Yansıma Eğrileri…….…….10

Şekil 1.4. Bitki Ekosistem Biyokütle Miktarı ile Akışını Tanımlayan Başlıca Kavramlar……...18

Şekil 3.1.Çalışma Alanının Konumu ve Sınırları……...44

Şekil 3.2. Katran Çukuru Mevkii'nden Bir Görünüş……..46

Şekil 3.3. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşcere Parseli Genel Görünüşü……46

Şekil 3.4. Ardıç (*Juniperus excelsa*)Meşceresi Parseli Genel Görünüşü…….……47

Şekil 3.5. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresi Genel Görünüşü……..47

Şekil 3.6. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresi Genel Görünüşü……...48

Şekil 3.7. Karışık Meşcere Parseli Genel Görünüşü……..……48

Şekil 3.8. 12 Aralık 2002 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü……...50

Şekil 3.9. 5 Mayıs 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü……..51

Şekil 3.10. 30 Haziran 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü……..52

Şekil 3.11. 17 Ağustos 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü……..53

Şekil 3.12. 4 Ekim 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü……54

Şekil 3.13. IKONOS Görüntülerinin (Mayıs 2002) Çalışma Alanı İçindeki Konumları……..……...56

Şekil 3.14. Çalışma Alanı Orman Meşcere Haritası…….……..58

Şekil 3.15. Çalışmaya ait Akış Diyagramı…….…….60

Şekil 3.16. Karışık Meşcere Parseli İçine Yerleştirilen Tuzak Örneği…….…….62

Şekil 3.17. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresi İçine Yerleştirilen Tuzaklar……...62

Şekil 3.18. Döküntülerin Fırınlarda Kurutulma İşleminden Bir Görüntü…….…..63

Şekil 3.19. Döküntülerin Kuru Ağırlıklarının Tartım İşleminden Bir Görüntü……..63

Şekil 3.20. Maksimum Olabilirlik Yönteminde Yansıma Karakteristiklerine Göre Sınıfların Dağılımına Bir Örnek……..…….65

Şekil 3.21. X ve Y Ortalamalarına Piksellerin Uzaklığı…….……65

Şekil 3.22. Çalışmada Kullanılan Regresyon Ağacı Modeli Akış Şeması…….74

Şekil 3.23. **a)** IKONOS Görüntüsü (4 m), **b)** Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (ağaç bulunan- bulunmayan alanlar), **c)** Ağaç Kapalılık Referans Haritası (30m)……...76

Şekil 3.24. Regresyon Ağacının Basit Bir Gösterimi…….77

Şekil 4.1. Katran Çukuru Doğal Bitki Örtüsü Düşey Kesiti…….……..87

Şekil 4.2. Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Haritası…….…….93

Şekil 4.3. Orijinal IKONOS Görüntüsü (4 m) ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (30 m)…….……...96

Şekil 4.4. Orijinal IKONOS Görüntüsü (4 m) ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (30 m)… ……...……97

Şekil 4.5. Orijinal IKONOS Görüntüsü (4 m) ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (30 m) ……...98

Şekil 4.6. Çalışma Alanına Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası……101

Şekil 4.7. Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşcerelerine Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritaları……...…….102

Şekil 4.8. Meşe (*Quercus spp*.), Duglaz (*Pseudotsuga spp*.), Kayın (*Fagus spp*.), Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) Meşcerelerine Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası……..103

Şekil 4.9. Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*), Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*), Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Karışık Meşcerelere ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritaları…….104

Şekil 4.10. Çalışma Alanına Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Histogramı…….105

Şekil 4.11. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı...106

Şekil 4.12. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı…107

Şekil 4.13. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı…...107

Şekil 4.14. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı…….108

Şekil 4.15. Meşe (*Quercus spp.*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı…...108

Şekil 4.16. Kayın (*Fagus spp.*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı…..…109

Şekil 4.17. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı……..…….110

Şekil 4.18. Kızılçam-Göknar (*Pinus brutia-Abies cilicica*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı……..…….110

Şekil 4.19. Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı……...111

Şekil 4.20. Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı……..……...111

Şekil 4.21. Duglaz (*Pseudotsuga spp*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı……...112

Şekil 4.22. Meşcerelere ait Toprak Üstü Döküntü Miktarları (Mg ha^{-1}) (yaprak + dal + tohum + diğer parçalar)…….……114

Şekil 4.23. Çalışma Alanı İlkbahar Mevsimine Ait Döküntü Haritası…….115

Şekil 4.24. Çalışma Alanı Yaz Mevsimine Ait Döküntü Haritası……116

Şekil 4.25. Çalışma Alanı Sonbahar Mevsimine Ait Döküntü Haritası……...117

Şekil 4.26. Çalışma Alanı Kış Mevsimine Ait Döküntü Haritası…….118

Şekil 4.27. Çalışma Alanı İlkbahar Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası……...121

Şekil 4.28. Çalışma Alanı Yaz Mevsimine ait Karbon Üretim Haritası……...122

Şekil 4.29. Çalışma Alanı Sonbahar Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası…….123

Şekil 4.30. Çalışma Alanı Kış Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası……..……124

Şekil 4.31. Karaçam (*Pinus nigra)* Meşceresi Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})…….....…125

Şekil 4.32. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresi Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})……..……...125

Şekil 4.33. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresi Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})……..…..126

Şekil 4.34. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia- Pinus nigra*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})……126

Şekil 4.35. Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})……127

Şekil 4.36. Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})……127

Şekil 4.37. Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})……128

Şekil 4.38. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Yağış Haritaları……129

Şekil 4.39. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Yağış Haritaları…….....130

Şekil 4.40. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Yağış Haritaları……131

Şekil 4.41. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Sıcaklık Haritaları…....132

Şekil 4.42. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Sıcaklık Haritaları…….……..133

Şekil 4.43. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Sıcaklık Haritaları….134

Şekil 4.44. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Solar Radyasyon Haritaları…….....135

Şekil 4.45. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Solar Radyasyon Haritaları……..136

Şekil 4.46. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Solar Radyasyon Haritaları…….....137

Şekil 4.47. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları NDVI Haritaları……..139

Şekil 4.48. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları NDVI Haritaları…….....140

Şekil 4.49. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları NDVI Haritaları…...141

Şekil 4.50. CASA Modeline Göre Sınıflanmış Çalışma Alanı Arazi Örtü Haritası……..…143

Şekil 4.51. CASA Modeline Göre Sınıflanmış Çalışma Alanı Arazi Örtü Haritası……..……145

Şekil 4.52. CASA Modeline Göre Sınıflanmış Çalışma Alanı Toprak Grupları Haritası……146

Şekil 4.53. Çalışma Alanı Aylara Göre Toplam Net Birincil Üretim (Mg C m^{-2}) Değerleri…..……147

Şekil 4.54. Çalışma Alanı Toplam Net Birincil Üretim Haritası…….148

Şekil 4.55. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Net Birincil Üretim Haritaları……149

Şekil 4.56. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Net Birincil Üretim Haritaları……150

Şekil 4.57. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Net Birincil Üretim Haritaları……151

Şekil 4.58. Çalışma Alanı Aylara Göre Sıcaklık (ºC), Solar Radyasyon (mJ m^{-2}), Yağış (mm m^{-2}), NDVI (µm) ve Aylık Ortalamalar Toplamı Net Birincil Üretim (g C m^{-2}) Değerleri……...152

Şekil 4.59. Çalışma Alanı İçindeki Meşcerelere Ait NBÜ Değerleri……...153

Şekil 4.60. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..……154

Şekil 4.61. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri…….....155

Şekil 4.62. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……...155

Şekil 4.63. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri…….....156

Şekil 4.64. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..……..157

Şekil 4.65. Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..……..157

Şekil 4.66. Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri…….……..158

Şekil 4.67. Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..……..158

Şekil 4.68. Duglaz (*Pseudotsuga spp.*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri…….159

Şekil 4.69. Meşe (*Qercus spp.*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri…….159

Şekil 4.70. Kayın (Fagus *spp.*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..160

Şekil 4.71. Tarım Alanları Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……...161

Şekil 4.72. Otluk-Taşlık Alanlar Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..161

Şekil 4.73. Açık Alanlar Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri……..161

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AMIP II	: Atmospheric Model Intercomparison Project Re-analysis II
APAR	: Absorbed Photosynthetically Active Radiation
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometer
AVIRIS	: Atmospheric Water Mapping With the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer
BBÜ	: Brüt Birincil Üretim
BEAMS	: Biosphere Model Integrating Eco-Physiological And Mechanistic Approaches Using Satellite Data
BEPS	: Boreal Ecosystem Productivity Simulator
BI	: Bright Index
CASA	: Carnegie Ames Research Center
CBM-CFS	: The Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model
DOM	: Dead Organic Matter
DOQ	: Digital Orthophoto Quadrangle
DVS	: Crop Developmental Stage
DW	: Dry Weight
ECMWF	: The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EMR	: Elektro Manyetik Spektrum
ENSO	: El Niňo Southern Oscillation
ERA 40	: ECMWF 40 Year Re-Analysis
ERS	: European Remote Sensing Satellite
ETM	: Enhanced Thematic Mapper
FAO	: Food and Agriculture Organisation
fPAR	: Photosynthetically Active Radiation
GLM	: Generalized Linear Model
GMS	: The Japanese Geostationary Meteorological Satellite

GVI	: Green Vegetation Index
GPG-LULUCF	: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry
IFOV	: Instantaneous Field of View
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
ISM	: Imaging SpectroMeter
LUE	: Light Use Efficiency
MERIS	: Medium Resolution Imagıng Spectrometer
MO	: Maksimum Olabilirlik
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NBÜ	: Net Birincil Üretim
NCEP/NCAR	: National Center for Atmospheric Research
NCEP/DOE	: National Center for Atmospheric Research
NDVI	: Normalized Different Vegetation Indeks
NOAA	: National Oceanic Atmospheric Administration
NPP	: Net Primary Production
OCI	: Ocean Climate Indices
PAR	: Photosynthetically Active Radiation
PEM	: The Policy Evaluation Matrix
3-PGS	: Development of a Physiological Model Structure 3
RMSE	: Root Mean Square Error
Sim-CYCLE	: Simulation Model of the Carbon Cycle in Land Ecosystems
SPOT	: Satellite Pour l'Observation de la Tere
TIROS	: Television Infrared Observation Satellite
TM	: Thematic Mapper
UNFCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
UTM	: Universe Transverse Mercator
VGPM	: Vertically Generalized Production Model
WI	: Wetness Index
YAI	: Yaprak Alan İndeksi

1. GİRİŞ

Artan fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma ve arazi kullanım değişiklikleri gibi insan faaliyetleri sonucunda atmosferde CO_2, H_2O, O_3, CH_4, N_2O ve sentetik CFC gibi sera gazları birikmekte ve sonuçta, küresel iklim değişikliğine yol açmaktadır. Küresel iklim değişikliği üzerinde etkili olan sera gazları arasında karbondioksitin, yaşamın devamı için yararlı etkilerinin de olması nedeni ile ayrı bir yeri ve önemi vardır. Güneş enerjisi ile birlikte, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan enerjinin bitkiler tarafından üretilebilmesi için karbondioksit kullanılır. Atmosfere verilen bu karbondioksitin bir kısmı okyanus ve göl sularında çözünür, bir kısmı da, kalsiyum ve magnezyum karbonat formunda kayaya dönüşerek doğada tutulur.

Atmosferin yapısı, % 78 azot (N_2), % 20.9 oksijen (O_2), % 0.9 argon (Ar), % 0.03 karbondioksit (CO_2), neon (Ne), helyum (He), kripton (Kr), hidrojen (H_2), xenon (Xe) ve ozon (O_3)'dan oluşmaktadır (Anonymous, 2007a). Güneş enerjisi yeryüzüne kısa dalga boyu radyasyon olarak ulaşır. Gelen radyasyonun bir bölümü yeryüzünün yüzeyi ve atmosfer tarafından geri yansıtılır. Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınları, yeryüzü tarafından soğurularak ısıya dönüştürülür. Bu ısı yeryüzündeki atomların titreşimine ve kızılötesi ışıma yapmalarına neden olur. Bu kızılötesi ışımalar, oksijen ve azot gazları tarafından soğurulmaz. Ancak havada bulunan karbondioksit (CO_2) ve koloroflorokarbon (CFC) gazları, kızılötesi ışımaların bir kısmını soğurarak, atmosferden dışarı çıkmalarını engeller. Bu soğurma olayı, atmosferin ısınmasına yol açar. Bu süreç, sera etkisi olarak açıklanmaktadır.

Sera gazı emisyonlarının artmaya devam etmesi, atmosferdeki karbondioksit (CO_2) miktarının, 1750 yılından bu yana ikiye, 2100 yılına kadar ise üç katına çıkacağı anlamına gelmektedir. 21. yüzyılda küresel ortalama hava sıcaklığı yaklaşık olarak, 0.5 °C ± 0.2 artış göstermiş ve deniz seviyesi 10-25 cm yükselmiştir. Deniz seviyesinin yükselmesi kıyılarda toprak kaybına neden olacak ve aynı zamanda kıyılara yakın temiz su kaynakları denizle bütünleşecektir. Küresel ısınma deniz sularının da ısınmasına neden olarak, su içindeki ekosistemlerde de tahribat meydana getirebilecektir. Bugün

sera gazlarının üretimi dursa bile, sıcaklık artışının 20-30 yıl daha sürmesi beklenmektedir.

İklim değişikliği ve küresel ısınma konusunda uluslararası uzlaşının ilk defa 1979 yılında Birinci Dünya İklim Konferansı ile sağlandığı görülmektedir. Bu süreç, 1988 Uluslararası İklim Değişikliği Paneli, 1997 Kyoto Protokolü, 2001 Marakeş Anlaşması ve 2002 Delhi Bildirgesi ana başlıkları ile devam etmiştir. Bunlardan en önemlisi, 1997'deki Kyoto Protokolü'dür. Kyoto Protokolü'ne imza veren ülkeler karbon stoklarında olan değişimleri Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim değişikliği Paneli (IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change)'nin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCC-United Nations Framework Convention on Climate Change)'ne göre bildirmek zorundadırlar. Karbon stoklarının ve değişimlerinin hesaplanması için ise Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişiklikleri ve Ormancılık için İyi Uygulamalar (GPG-LULUCF-Good Practice Guidance for Land Use-Use Change Land Forestry) adı altında bir kılavuz geliştirilmiştir. Ülkelerin ulusal bildirimlerini bu kılavuza göre yapmaları istenmiştir.

Türkiye süreç içinde yer almış ve 2004'te UNFCCC'ye taraf olmuş, ancak Kyoto Protokolü'ne henüz imza atmamıştır. Bununla birlikte, GPG-LULUCF kılavuzlarına uygun olarak ulusal bildirimini yapacağını bildirmiştir.

Küresel ısınmanın muhtemel sonuçlarının giderek çevre alanındaki en temel sorunu oluşturmaya başlaması karşısında, 1992 Rio Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda imzaya açılan iki sözleşmeden birinin, "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" olmasına neden olmuştur. Sözleşmenin amacı, sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonunun iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan kaynaklı etkisini önleyecek seviyede sabit tutulmasını sağlamaktır. Sözleşme, 50 ülkenin onaylamasını takiben, 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yürütülen bu küresel ortak eylemde yerini almak için sözleşmeye, 24 Mayıs 2004 tarihi itibari ile 189. taraf olarak katılmıştır (Türkeş, 2001). Bu sözleşmeye taraf olan ülkemiz için, karbondioksitin doğa içerisindeki döngüsü, dinamiklerinin belirlenmesi, bu konuda envanter çalışmalarının yapılması ve

karbondioksit miktarlarının azaltılması ile ilgili önlemler alınması; küresel ısınmanın büyük tehdit oluşturduğu dünyamızda, doğal sistemlerdeki dengenin korunması adına, geleceğe yönelik senaryoların oluşturulabilmesi için resmi bir yükümlülük haline gelmiştir.

Hızlanan ve küresel boyutlara ulaşan çevre sorunlarının izlenmesinde klasik yöntemler, gerek ihtiyaç duyulan zaman ve hız, gerekse veri hassasiyeti açısından günün ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır (Doğan ve ark., 2000). Uzaktan algılama tekniği ile çok kısa zaman sürecinde ve çok geniş yeryüzü alanları hakkında çeşitli veriler elde edilebilmektedir (Gopal ve ark., 1999).

Bunun yanı sıra uzaktan algılama teknikleri dünyamızın en önemli doğal kaynağı olan toprakların, toprak taksonomik birimlerinin ortaya konulması ve doğal sınırlarının çizimi, arazi kullanım paterni ve bu bağlamda arazi kullanım planlamaları, tarımsal alanların sınırları, yüz ölçümleri, ürün rekoltesi, jeoloji ve jeomorfoloji, haritacılık ve yeryüzü coğrafyası, meteoroloji, vejetasyon deseni, havza etütleri, sanayi alanları, kent yönetimi ve yeni yerleşim alanları tasarımı, pestisid ve insektisidden kaynaklanan bitkisel zararların saptanması, çevresel kirlilik, okyanus, deniz, göl ve akarsular üzerinde araştırmalar, doğal ve hızlandırılmış toprak aşınımı, ormancılık, doğal ve arkeolojik sit alanları, topoğrafik, askeri amaçlı etütler doğal ve kültürel kaynakların ortaya konulması gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

Uydu görüntüleri yer referanslı olmaları nedeniyle değişimleri meydana getiren veya etkileyen diğer yersel verilerle birlikte analiz edilebilirler. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve küresel konum sistemleri ile uyumlu olması, üretilen haritaların katmanlar halinde CBS ortamında sorgulanabilmesi ve oluşturulan veri tabanları ile birlikte planlama amaçlı kullanılabilmesi gibi nedenler arazi kullanım türlerinin belirlenmesi ve değişimin izlenmesinde uzaktan algılama çalışmalarını vazgeçilmez kılmaktadır (Franklin ve ark., 2000; Rogan ve Chen., 2004; Başayiğit ve ark., 2005).

1.1. Uzaktan Algılama

1.1.1. Uzaktan Algılamanın Tanımı ve Tarihçesi

Uzaktan algılama, hedef olarak kabul edilen ve ölçümü yapan algılayıcıdan uzakta bulunan bir obje tarafından yansıtılan veya yayılan elektromanyetik enerjinin ölçülmesi ve yorumlanmasıdır (White, 1977; Mather, 1999). Ayrıca, mekanik bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan ışınımın nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesi (Lintz ve Simonett, 1976) şeklinde de tanımlanmaktadır. Uzaktan algılama çalışmaları için gereken veriler, elektromanyetik alanlar ve kuvvet alanları içerisinde oluşan yansımaya, mekana ve zamana bağlı farklılıkların ölçülmesi şeklinde de özetlenebilir (Sesören, 1999). Uzaktan algılama biliminin bu özelliği; hızlı, doğru ve geleneksel ölçme yöntemlerine göre daha ekonomik ve ayrıntılı bir araştırma olanağı sağlar.

Uzaktan algılamanın tarihçesini belirten belirli bir zaman veya olay göstermek zordur. Başlangıç olarak, Amerika'daki iç savaştan önce, balonlardan elde edilen fotoğrafların kullanımı gösterilirken, geçmişinin daha önce olduğu da belirtilmektedir (Maktav ve Sunar, 1991). Fischer (1975), Stone (1974) ve Simonett (1983) yaptıkları çalışmalarda uzaktan algılama biliminin gelişimini detaylı olarak ele almışlardır.

Yapay uyduların geliştirilmesinden çok daha önce, 1800 yılında Sir William Herschel tarafından ilk defa kızılötesi tanımının yapılması ve 1839 yılında Louis Daguerre'nin fotoğrafçılığın kimyası hakkındaki deneyimlerini halka duyurması ile başlayan ve balondan fotoğraf çekimine uzanan uzaktan algılama çalışmalarının ikinci kilometre taşı, hava fotoğrafı platformlarının uçaklara monte edilmesidir. I. ve II. Dünya Savaşları sırasında keşif aracı olarak kullanılan uçaklar sayesinde hava fotoğrafçılığı ve fotogrametri uygulamaları gelişmiştir. 1960 yılında meteorolojik ve klimatolojik amaçlı TIROS-I uydusunun yörüngesine oturtulmasıyla yeni bir çağ başlamış ve ilk kez uzaktan algılama terimi kullanılmaya başlanmıştır. Ardından 1972 yılında yeryüzü ile ilgili sürekli ve sistematik bir şekilde veri elde etmek amacı ile LANDSAT 1 uydusu

fırlatılmıştır (Campell, 1996). Bu gelişmelerin ardından uzaktan algılama çalışmaları hız kazanarak ABD, Rusya, Hindistan, İsrail, Japonya ve birçok Avrupa ülkesi doğal kaynaklarını yönetmek ve korumak amacı ile uzaya kendi uydularını yerleştirmiştir.

1950'li yıllarda bitki örtüsü çalışmalarında kullanılan kızılötesi fotoğraflar yanında, Side-Looking Airbone Radar ve Synthetic Aperture Radar sistemleri, aktif mikrodalganın uzaktan algılamada başarılı uygulamaları olarak ortaya çıkmıştır. 1960'lı yıllardan itibaren teknolojinin gelişimi ile birlikte algılayıcı sistemler çeşitlenerek (line-scanner, pushbroom ve yansıma duyarlılığı fazla olan dedektörler) elde edilen görüntüler sivil-ticari uygulamalarda kullanılmıştır (Kavak, 1998).

Kullanılan ilk tekniklerin birçoğu, I. ve II. Dünya Savaşları sırasında askeri amaçlar için geliştirilmiştir. Fakat çok geçmeden bu yöntemlerin askeri amaçlar dışında da kullanılabilme olanağı ortaya çıkmıştır.

Asıl gelişme, soğuk savaşın bitmesinin ardından, ülkeler arası şeffaflık ilkesinin benimsenmesi, daha açık politik kurumların oluşması ve küresel bazda bilgi ve iletişim teknolojisinin yayılması ile yaşanmıştır. Daha önceleri hükümetlerin kontrolünde olan uydu görüntüleri alınma ve işletilme çalışmaları halkın arzına sunularak hem ticari hem de bilimsel açıdan yeni bir çağ başlamıştır. 1990'lı yılların başında Yeni Rusya Federasyonu'nun askeri uydu görüntülerini sivil kişi ve kurumlara satmaktaki istekliliği, ABD Parlamentosu'nun da firmaların kendi görüntülerini alıp işletmeleri için yasal dayanakların geliştirilmesi konusunda adım atmasına neden olmuştur. Ardından Land Remote Sensing Policy Act of 1992 ve Presidental Decision Directive 23 adlı kanunları çıkararak, uzaktan algılama uydusuna sahip olmak isteyen Amerikan firmalarının lisans almaları sağlanmıştır (Baker, 2001).

1.1.2. Uzaktan Algılamada Kullanılan Verilerin Özellikleri

Yeryüzünden yayılan elektro manyetik yansıma, karasal ekosistemlerdeki toprağın, suyun ve vejetasyonun, biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlar. Hava fotoğrafları ve uydu verileri yeryüzünden yansıyan bu ışınları optik

dalga boylarında kayıt eder ve biyokütle, fotosentez için aktif radyasyon, vejetasyon biyofiziksel değişkenler, ışığın soğurulması, örtülülük gibi konularda geniş bir tahmin yürütme olanağı sağlar. Yoğunluğu ölçülen enerji, cismin kendi yaydığı veya solar kaynaklı yansıttığı enerji ise "pasif uzaktan algılama"; algılayıcı sistemin kendi üretip gönderdiği ve cisimden yansıyan enerji ise "aktif uzaktan algılama" söz konusudur (Berberoğlu, 1999).

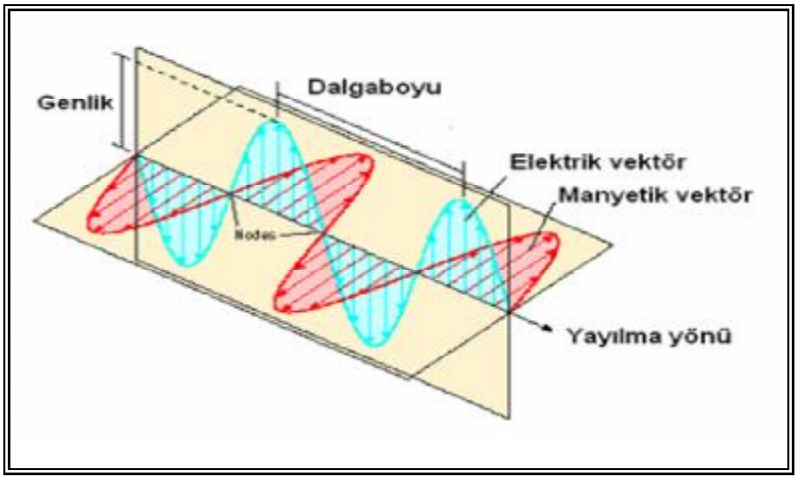
Bulutluluk, ozon miktarı ve konsantrasyonu, buzul alanlarının, atmosferik sıcaklık ve nem profillerinin tespiti, yağış miktarının tespiti, kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi pasif algılamaya, okyanus dalga boyu, dalga yüksekliklerinin ve deniz yüzeyi rüzgar hızı ve yönünün tespiti aktif algılamaya örnek teşkil etmektedir. Meteorolojik amaçlı uydular (METEOSAT, GMS, NOAA vs.) pasif algılama yöntemlerini kullanırken, ERS-1 gibi uydular aktif algılama yöntemlerini kullanmaktadır (Anonymous, 2007b).

Enerjinin dinamik bir versiyonu olan elektromanyetik enerji (EMR), uzaktan algılama sisteminin bileşenleri arasındaki bağlantıyı oluşturur.

EMR, yeryüzü özelliklerine bağlı olarak 3 değişik şekilde etkileşebilir.

a) Yansıma: Gelen enerjinin belli kurallara göre geri gelmesi,
b) Geçirme: Enerjinin cisim içinde yayılması,
c) Gelen radyasyonun kısmen veya tamamen yutularak ısı gibi diğer enerji şekillerine dönüşmesi.

Elektromanyetik ışıma, yayılma eksenine ve birbirlerine dik açılarda olan, aynı fazda yayılan sinüs salınımları şeklindeki elektrik ve manyetik alanların varlığı ile tanımlanır. Elektromanyetik ışımanın frekans, dalga boyu, hız ve genlik gibi özellikleri klasik sinüs dalgası modeliyle incelenebilir. Ancak, elektromanyetik enerjinin absorpsiyonu ve emisyonu ile ilgili olayların açıklanmasında dalga modeli başarılı olmamıştır. Bunun için tanecik modeli geliştirilmiştir. Bu modelde elektromanyetik ışın, enerjileri frekansıyla orantılı olan ve foton adı verilen parçacıklar veya enerji paketlerinden oluşmuş olarak görülür. Elektro manyetik ışıma modeli, dalga boyu, frekans ve genlik faktörlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.1).

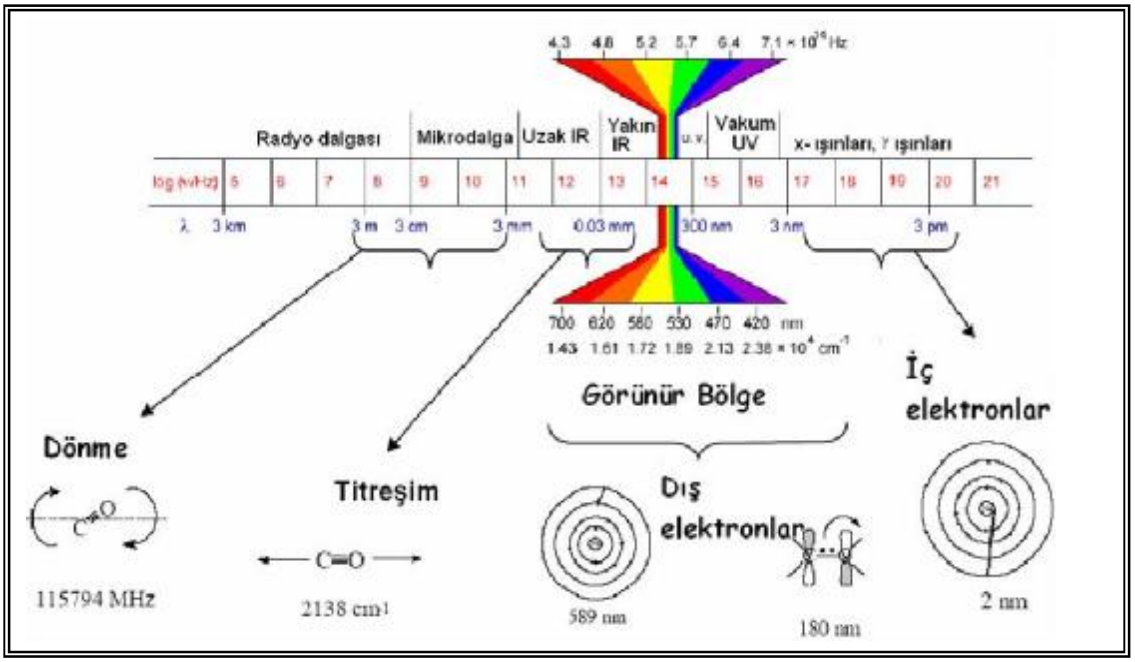


Şekil 1.1. Elektromanyetik Işıma Modeli (Anonymous, 2002).

Elektromanyetik enerji spektrumu, 10^{-1^o} µm dalga boylarından, 10^{1^o} µm dalga boylarına kadar olan sürekli bir enerji ortamıdır. Uzaktan algılama da, özellikle 0.3-15 µm arasındaki optik dalga boyları ile 1-1000 mm arasındaki mikrodalga bölgeleri ile ilgilenmektedir. Optik bölgenin 0.38-3 µm arasındaki bölgesi, yansıtıcı bölgedir. Bu dalga boylarında algılanan enerji öncelikle güneşten kaynaklanan ve yeryüzündeki cisimlerden yansıyan ısınımdır (Maktav ve Sunar, 1991). Spektrumun yansıtıcı bölgesi, görünür dalga boylarına ve yansıtıcı kızıl ötesi dalga boylarına ayrılmıştır. İnsan gözü, yaklaşık 0.38 ile 0.72 µm dalga boyları arasındaki ışınıma duyarlı olduğundan, bu dalga boylarına, görünür dalga boyları, 0.72 ile 3.0 µm arasındaki bölgeye spektrumun yansıtıcı kızılötesi bölgesi denir. Yansıtıcı kızılötesi bölge de kendi içinde yakın (0.72-1.3 µm) ve orta (1.3-3.0 µm) kızıl ötesi olarak iki alt bölüme ayrılmıştır. 3.0 ile 7.0 µm ye arasında kalan bölge için özel bir adlandırma yapılmamıştır. 7.0-15.0 µm arasındaki dalga boylarındaki elektromanyetik enerji, spektrumun uzak kızıl ötesi bölgesidir (Şekil 1.2).

Bir uydu görüntüsünü oluşturan dört temel bileşen; yer, zaman, yansıma ve radyometrik özelliklerdir. Uzaktan algılamada bu temel bileşenlerden maksimum düzeyde yararlanmak bilim adamlarının ve uzay araştırmalarının temel konusu olmuştur.

Bu bileşenler bir görüntüde çözünür olarak ifade edilmektedir. Çözünür, genel olarak, ekranda görünen piksel sayısını veya görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığını ifade etmek için kullanılır. Uzaktan algılama, tayfsal, zamansal, yersel ve radyometrik olarak 4 farklı çözünür tipinde incelenebilir. Günümüzde yeni fırlatılan ya da planlanan uydularla, yersel (IKONOS, QuickBird vb) ve radyometrik (MERIS, MODIS vb) çözünürlü yüksek veri temini mümkün hale gelmiştir. Bunun yanı sıra fazla sayıdaki uydularla zamansal çözünür artırılarak tekrar ziyaret süreleri birkaç güne kadar düşürülmüştür.



Şekil 1.2. Elektromanyetik Spektrumda Bölgeler (Anonymous, 2002).

Tayfsal çözünür, bir algılayıcının elektromanyetik spektrumdaki hedeflenen dalga boyu aralıklarını kaydedebilmesidir. Her bir kanal dalga uzunluğu aralığında algılanmış görüntülerden oluşur. Çoğu uzaktan algılama sistemleri enerjiyi birçok dalga boyu aralığında ve çeşitli tayfsal çözünürde kaydeder. Bu tür sistemler, çok bantlı algılayıcılar olarak adlandırılırlar. Çok bantlı sistemlerin daha gelişmiş teknolojisi ise,

hiperspektral algılayıcılardır ve elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızıl ötesi ve orta kızıl ötesi kısımları boyunca yüzlerce çok dar tayfsal aralıkta algılama yapabilirler.

Yersel çözünür, görüntülenen en küçük birim alanın büyüklüğüdür. Pasif bir algılayıcının yersel çözünürü, IFOV'a (Instantaneous Field of View) bağlıdır. IFOV, bir detektör tarafından görüntüleme açısıdır. Görüntülenen alanın büyüklüğü IFOV ile algılayıcının yere olan uzaklığının çarpımıdır. Uzaktan algılama uygulamalarında en fazla ilgi çeken veriler, kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ve ağırlıklı olarak ABD tarafından geliştirilen yüksek yer çözünürüne sahip veriler olmuştur. Yüksek yer çözünürü, görüntüdeki piksel boyutlarının gerçek yer düzleminde 10x10 m ve daha azı ile ifade edilmektedir. Piksel çözünürünün yüksekliği yanında, stereo görüntü alabilme özellikleri, noktasal doğruluk yüksekliklerinin, haritalamanın ve görüntü rektifikasyonlarının yüksek doğrulukla yapılması ve kullanıcılara sunulan verilerdeki çeşitlilik (DEM, pankromatik çözünürdeki renkli görüntüler, ortho düzeltme vb.) bu uydu verilerinin önemini arttırmaktadır (Aplin ve ark., 1996).

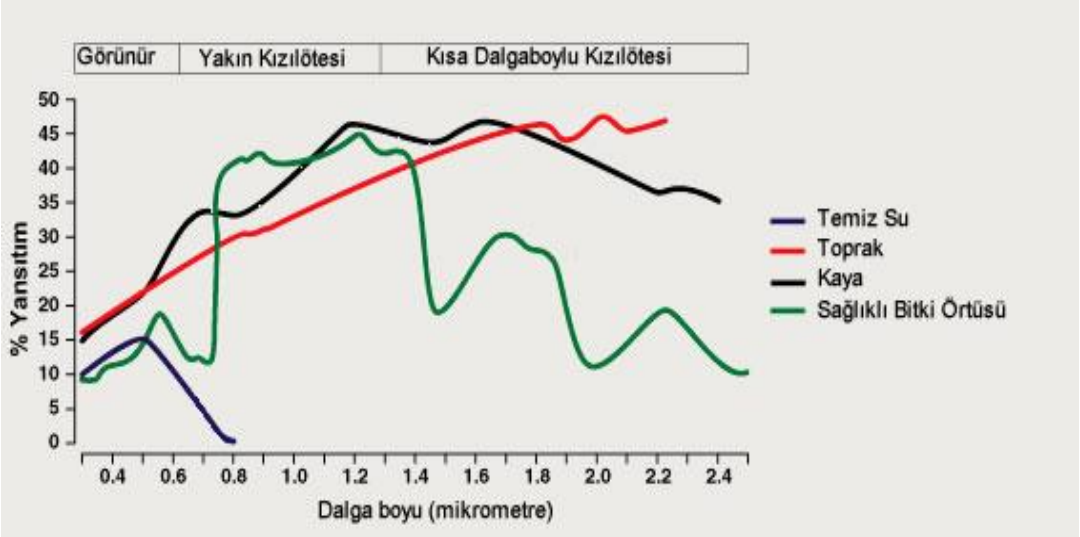
Radyometrik çözünür, görüntünün EMR şiddetine karşı hassasiyeti anlamına gelmektedir. Bir görüntüleme sisteminin radyometrik çözünürü, enerjideki çok küçük değişimleri belirleyebilme kabiliyetidir ve algılayıcının sinyal/bozulma oranına bağlıdır. Mümkün olan maksimum parlaklık sayısı, kaydedilen enerjiyi temsil eden bit sayısına bağlıdır. 8 bitlik bir veride 0-255 aralığında 256 sayısal değer vardır. Bit sayısı azaldıkça radyometrik çözünür de azalır. Gri tonlamalı bir görüntüde siyah 0 ve beyaz maksimum değeri ifade eder (Başpehlivan, 2004).

Zamansal çözünür, belirli bir bölge için bir algılayıcının görüntüyü hangi sıklıkta elde ettiğini tanımlar. Zamansal çözünür, özellikle, bölgedeki değişimi saptamak açısından önemli bir faktördür. Örneğin, LANDSAT uydusu yeryüzündeki belirli bir bölgenin görüntüsünü her 16 günde, SPOT 26 günde, IKONOS 36 saatte, Quickbird ise 48 saatte bir elde etmektedir.

1.1.3. Vejetasyonun Uzaktan Algılanması

Bir bitki örtüsü kanopisi, birçok yaprağın mozaiğinden, diğer bitki yapılarından, zemin yapısından ve gölgeden oluşan karmaşık bir yapıdır. Bu nedenle tek bir yaprağın yansıtımı ile bitki örtüsü kanopisinin iki boyutlu yansıtımını açıklamak yeterli olmayacaktır. Vejetasyon kanopisi yansıma özellikleri, vejetasyonun alansal yayılımı, vejetasyonun tipi, yaprak alan indeksi (YAI), vejetasyonun durumu ve yaprakların açısı gibi durumlardan etkilenmektedir (Goel, 1989).

Curan ve Williamson (1986a), Sabins, (1987), Goel, (1989), Elvidge, (1990), Cohen, (1991), Guyot ve ark. (1992), Wessman, (1992) ve Baret, (1994) çalışmaları ile vejetasyon ve yaprakların optik özelliklerini detaylı bir şekilde ele almışlardır. Bir bitki örtüsü kanopisinin yansıması dalga boyuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Pigmentasyon, fizyolojik yapı ve su içeriği bitki örtüsü kanopisi yansımasında, absorbe edilmede ve geçirimde önemli etkiye sahiptir. Şekil 1.3'te farklı alan örtülerine ait yansıma eğrileri görülmektedir.



Şekil 1.3. Su, Toprak, Vejetasyon ve Kayaçlara Ait Yansıma Eğrileri (Anonymous, 2007c).

Tüm vejetasyon grupları içerisinde ağaçlar, haritalanabilen objelerin başında gelir ve ağaç türlerinin farklı morfoloji, su içeriği, yaprak yüzeyi ve pigmentlerine sahip olması farklı tipte yansıma karakteristikleri göstermelerine neden olmaktadır. Sağlıklı yeşil bitkilere ait yansıma karakteristiği, hücre içyapısı, klorofil ve su içeriği tarafından kontrol edilir. Klorofil a ve b kırmızı dalga boyunu fotosentez yapmak için absorbe ederler. Buna karşılık diğer bölgelerde absorbe edilme azalır, yansıma ve geçirim özellikle yeşil ve yakın kızıl ötesinde artar. Orta kızıl ötesinde ise bitki bünyesindeki su absorbe edilmeye neden olur. Mavi ve kırmızı enerjinin sözü edilen bu değerlerde bitki yaprakları tarafından soğurulması ve yeşil enerjinin de bu oranda yansıması, gözlerin sağlıklı bir bitki örtüsünü yeşil renkte algılanmasına yol açar. Sıcaklık düşüşü ya da diğer çevresel faktörler sonucunda klorofil üretimi azalmış veya durmuş ise, mavi ve kırmızı bantlarda daha az klorofil absorbe edilip sağlıklı yeşil rengin bozulduğu gözlenecektir.

Yakın kızılötesi bölgede yaprağın fizyolojik yapısı, yansımayı etkileyen bir faktördür (Moss, 1951; Pearman, 1966; Woolley, 1971; Gausman, 1977). Görünür ve yakın kızılötesi bantların kombinasyonu, açık toprak yüzeylerini veya vejetasyondaki su içeriğini verir. Bu aritmetik bant kombinasyonları, yansıma vejetasyon indisi olarak adlandırılır. (Jong, 1994). Yansıtım indislerindeki süreksizlikler, yaprağın üst yapısında bulunan zar ile alt yapısında bulunan hücreler ve süngerimsi, emici mezofillerin hava boşlukları arasında oluşur (Özkan, 2001).

1.1.3.1. Ağaç Kapalılık Yüzdesi

Ağaç kapalılık yüzdesi, biyokimyasal ve iklimsel döngülerin hesaplanması için oluşturulan modellerde kullanılan önemli bir değişkendir. Bitkilerin, yatay ve dikey olarak alana yayılışı ile yeryüzü alanının örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarı olarak tanımlanmaktadır. Birim alandaki kapalılık değerleri % cinsinden 0 ile 100 arasında değişir ve yüzde değerlerinin artması, o bölgedeki orman örtülülüğünün de fazla olduğu

anlamına gelir. (Townshend ve ark., 1994; Sellers ve ark., 1997; Evrendilek ve ark., 2007; Berberoğlu ve ark., 2007a).

Orman örtüsüne ait standartlaştırılmış haritalar, biyokimyasal model uygulamalarında, bozulmamış ormanların ve ağaçlık alanların mevcut durumunun çerçevesini çizmekte ve ormanların ekolojik ve doğal süreçlerini gözlemekte kullanmak için gerekli parametreleri tahmin etme yeteneği gibi bir çok amaca hizmet etmektedir (Matthews, 2001; Bonan ve ark., 2002; Hansen ve ark., 2003). Ağaç kapalılığı, küresel biyojeokimyasal döngü ve iklim modellemeleri için önemli bir değişken olmasının yanı sıra (Townshend ve ark., 1994; Sellers ve ark., 1997; Hansen ve ark., 2002b), politik arenada da önemi artmaktadır. Küresel ekosistemlerin durumunu gösteren ağaç kapalılık haritalarının kullanımı önemlidir (Ayensu ve ark., 1999; Hansen ve ark., 2002c).

Kyoto Protokolü ile birlikte tüm ülkelerin ihtiyacı olan bölgesel ölçekteki karbon stoklarının güncel ve periyodik olarak belirlenebilmesi için yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere ağaç kapalılık yüzdesinin hesaplanması son derece önemli sayılmaktadır (Huang ve Homer, 2001). Bununla birlikte, bölgesel ekosistemlerin güncel durumlarının değerlendirilmesi ve izlenebilmesi için de, ağaç kapalılık haritalarının kullanımı önemlidir.

Ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için yapılan önceki çalışmalarda, Yansıma Karışım Analizi (Spectral Mixture Analysis) ve Geleneksel Doğrusal Regresyon (Linear Regression) tekniklerinden yararlanılmaktaydı (Iverson ve ark., 1989; Zhu ve Evans, 1994; DeFries ve ark., 2000). Bu yöntemler, yansıma miktarı ve ağaç örtüsü arasındaki ilişkiyi yaklaşık olarak bulmak için doğrusal bir model kullanımına dayanır. Ancak, özellikle büyük alanlarda, diğer yüzey materyalleri ile birlikte ağaç örtüsünün yansıma değerlerinin değişkenliği ve geniş alanlara yayılması nedeniyle, Yansıma Karışım Analizi ve Doğrusal Regresyon Yöntemleri, kapalılığın istenen doğrulukta bulunması için yeterli olmamaktadır (Ray ve Murray, 1996; Huang ve Townshend, 2007). Doğrusal olmayan regresyon teknikleri kullanılarak ağaç kapalılığının daha yüksek doğrulukla bulunması sağlanabilir. Ağaç kapalılık yüzdesinin bulunmasında kullanılan ve doğrusal olmayan en etkin yöntem, regresyon ağacı yöntemidir. Bunun nedeni,

regresyon ağacı yönteminin, doğadaki karışık ilişkilerin çözümlenmesinde, doğrusal yöntemlerden daha doğru ve etkin sonuçlar üretmesidir (Gallant, 1987; Berberoğlu ve ark.,2007b).

Bölgesel ve global ölçekteki karbon dinamikleri ve buna bağlı olarak ekosistem verimliliğinin, doğru olarak belirlenebilmesi için karbon modellerinde ağaç kapalılık yüzdesinin kullanılması, güvenilir sonuçlara ulaşılması için en etkin yollardan birisidir. Farklı ağaç kapalılık yüzdelerinde karbon, farklı miktarlarda depolanır ve ağaç örtüsündeki değişimler, bir model içerisinde karbonun o alandaki yıllık değişimlerinin bulunması için kullanılır (Rokhmatuloh, 2005a).

Yersel ölçümler ve uydu görüntülerinin yorumlaması ile ölçülebilen ağaç kapalılığı, uzaktan algılama çalışmalarında, meşcere hakkındaki bilgilerin elde edilmesinde en çok kullanılan meşcere parametresidir (Akça, 1981; Tunay ve Ateşoğlu, 2006). Ayrıca, yetişme alanı ve bakısına göre de değişmek üzere, sıklık derecesi ile kuvvetli bir ilişkiye sahiptir.

Aynı yaşlı ve maktalı koru ormanlarında meşcere tipleri; ağaç türü, gelişim çağı, yatay kapalılık ve tabakalaşma kriterlerine göre ayrılır. Meşcere tipi ayrımında gerektiğinde bonitet sınıfı ve benzeri diğer faktörlere de yer verilebilir.

Meşcereler, hacmen % 90 ve daha fazla aynı türden oluşması halinde “saf”, farklı herhangi bir ağaç türünün tepe kapalılığına hacmen % 10 veya daha fazla girmesi halinde “karışık” kabul edilir. Ancak, esas karışım arazide yapılan ölçümler sonucunda, homojen meşcerelerde hacimsel, heterojen meşcerelerde baskın meşcere esas alınarak, adet ve hacim göz önünde bulundurulmak yoluyla tespit edilir.

Meşcereler, kapalılık bakımından; tepe kapalılığı % 10’dan daha az “Boşluklu Kapalı = 0”, % 11-40 arası “Gevşek Kapalı = 1”, % 41-70 arası “Orta Kapalı = 2”, % 71-100 “Kapalı ve Tam Kapalı =3” kabul edilir ve sembolleştirilir (OGM, 2007).

Kapalı meşcereler besin maddesi ihtiyaçlarını yaprak dökümü yoluyla yeniden çevrime sokarak, besin maddelerini toprak üstü humus ve ölü örtü tabakasından sağladığı için; tarım bitkilerinde olduğu gibi, mineral toprağın besin maddesi teminine bağımlılıkları yoktur. Orman ağaçlarının köklerindeki mikorrizalar tam olarak

bilinmeyen yollardan besin maddesi alımını düzenlemektedir. Besin maddeleri için tarımsal toprak analizi teknikleri, orman ağaçlarının besin maddesi ihtiyacını göstermede çok zayıf kalmaktadır (Weetman, 1990).

1.2. Verimlilik

Orman ekosistemleri, oksijen ve karbondioksit dengesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Waring ve Running, 1998; Chiesi ve ark., 2005). Ekosistemler belirli bir zaman ve mekan ölçeğinde biyolojik, kimyasal ve fiziksel (biyojeokimyasal) süreçlerin karşılıklı etkileşiminden oluşan açık sistemler olup, biyo-jeokimyasal döngülerin incelenmesi ve modellenmesi yoluyla anlaşılabilir (Tansley, 1935; Lindeman, 1942; Odum,1969; Evrendilek, 2004).

Ekosistem modelleme çalışmalarının amaçları, genel olarak, dört ana başlık altında toplanabilir. Bunlar,

1 Anahtar ve tetikleyici ekosistem süreçlerini teşhis etmek ve bu unsurlardaki anlayışı test etmek,
2 Bu süreçleri sayısal olarak tanımlamak ve değişen koşullar altında sistemin davranışını tahmin etmek,
3 Gelecekteki alternatif işletme uygulama ve politikalarını geliştirmektir (Evrendilek, 2004).

Ekosistemler, abiyotik (inorganik) ve biyotik (organik) olmak üzere iki önemli bileşene sahiptir. Abiyotik bileşenler; su (hidrosfer), hava (atmosfer), toprak (pedosfer), jeomorfolojik yapı ve ana materyal (litosfer) gibi cansız faktörlerden oluşur. Biyotik bileşenler ise, bitkiler (flora), hayvanlar (fauna) ve insanlar gibi canlı faktörlerden oluşur ve bu öğelerin hepsine birlikte biyosfer adı verilir. Ekosistemlerin iki temel özelliği, bileşenlere (yapıya) ve süreçlere (işlevlere) sahip olmasıdır. Ekosistem verimliliği, ekosistem süreç ve dinamiklerini birleştiren bir göstergedir. Ekolojik verimlilik ve üretim sırasıyla belirli bir zamansal-mekansal ölçekte organik madde birikim hızını ve miktarını ifade eden iki farklı kavramdır. Ekolojik verimlilik, genellikle bitki, ekosistem

ve biyom olmak üzere üç ayrı organizasyon kademesinde ifade edilir. Bu üç ekolojik verimlilik sınıfının pratikteki ölçümü, organik madde birikim ve kayıplarının, karbon (C) cinsinden ifade edilmesine dayanmaktadır.

Tüm canlıların beslenmesi, doğrudan ve dolaylı olarak fotosentez sürecine dayanmaktadır. Fotosentez süreci, bitkilerin fPAR'ı, karbondioksiti ve topraktan besin maddeleri ile suyu kullanarak güneş enerjisini biyolojik kütle (biyokütle) birikimi şeklinde kimyasal enerjiye dönüştürmesidir. Bitkilerin görünür ışın bölgesi denilen 0.4-0.7 µm dalga boyu aralığında soğurduğu ışınlara, foto sentetik yönden aktif radyasyon (fPAR) denir. Fotosentez işlemi sonucunda, bitkiler oksijen ve organik madde üretir. Ancak, solunum sonucunda, kazanılan organik maddenin bir kısmı CO_2 olarak atmosfere geri verilir.

Ormanlar, fotosentez yaparak, bir yandan canlıların solunumu için gerekli olan oksijeninin bir bölümünü üretirken, diğer yandan küresel ısınmaya neden olan karbondioksit gazının miktarını azaltmaktadır.

Karbon döngüsünün yeryüzünde atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer olmak üzere, dört büyük rezervi bulunmaktadır. Her yıl milyarca ton karbon okyanuslar ve karasal ekosistemler ile atmosfer arasında yer değiştirmektedir. Karbon döngüsü atmosferdeki karbondioksitin bitkiler ve bazı algler tarafından fotosentez aracılığıyla bağlanmasıyla başlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Karasal ekosistemler, vejetasyon ve toprakta olmak üzere, yılda 1.7 milyar ton karbonu atmosfere bağlamaktadır. Fakat 1.4 milyar ton karbonu arazi kullanımındaki değişimler sonucu atmosfere tekrar salarak, sistemde 0.3 milyar ton karbon tutmaktadır. Solunum ve fotosentez ile atmosferden karasal ekosisteme yıllık geçen karbon miktarı, 61.7 milyar tondur. Karasal sistemlerden atmosfere geçen toplam miktar ise, 1.7 milyar ton üretimden dolayı 60 milyar tondur. Okyanuslarda da benzer sistem işlemektedir (Reichle ve ark., 1999). Sonuçta her yıl atmosferde yaklaşık 3.2 milyar ton karbon birikmektedir (Çizelge 1.1).

Arazi kullanımındaki değişim ile ilk 20 yılda topraktaki organik karbon miktarı en düşük seviyeye düşerken, aynı toprakta organik karbonun miktarını en yüksek seviyeye çıkarmak için yaklaşık yüz yıllık zaman dilimine gerek vardır (FAO, 1992).

Organik karbon uygun şartlarda çok uzun süre topraklarda muhafaza edilebilir. Fakat arazi kullanımındaki değişim ve tarımsal kullanımda yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon, ormanlarda farklı silvikültürel uygulamalar ile toprakların karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır (Başaran, 2004) (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.1. Küresel Karbon Bilançosu (Alım ve Salımları) (IPCC, 2000).

KULLANIM TİPİ	Atmosfere/den (Milyar ton yıl^{-1})	
	Salım	Alım
Karasal ekosistemler (Bitki örtüsü, toprak, meralar vs.)	**60.0**	**61.7**
Arazi kullanımı (Tarım, sanayi, yerleşim vb.)	**1.4**	**0.3**
Okyanuslar	**90.0**	**92.2**
Fosil yakıt kullanımı	**6.0**	**0.0**
TOPLAM	**157.4**	**154.2**
FARK (Atmosferde kalan)	**3.2**	

Çizelge 1.2. Dünyada Bitki Örtüsü ve Toprakta 1 m Derinliğe Kadar Tutulan Karbon Stokları (IPCC, 2000)

ARAZİ ÖRTÜSÜ		Dünyadaki Karbon Stokları (Gt C)		
		Bitki Örtüsü	Toprak	Toplam
Tropik Ormanlar	1.76	212	216	428
Ilıman Ormanlar	1.04	59	100	159
Nemli Ormanlar	1.37	88	471	559
Savanlar	2.25	66	264	330
Ilıman Meralar	1.25	9	295	304
Çöl ve Yarı Çöller	4.55	8	191	199
Tundralar	0.95	6	121	127
Sulak Alanlar	0.35	15	225	240
Ekili Alanlar	1.60	3	128	131
TOPLAM	15.12	466	2011	2477

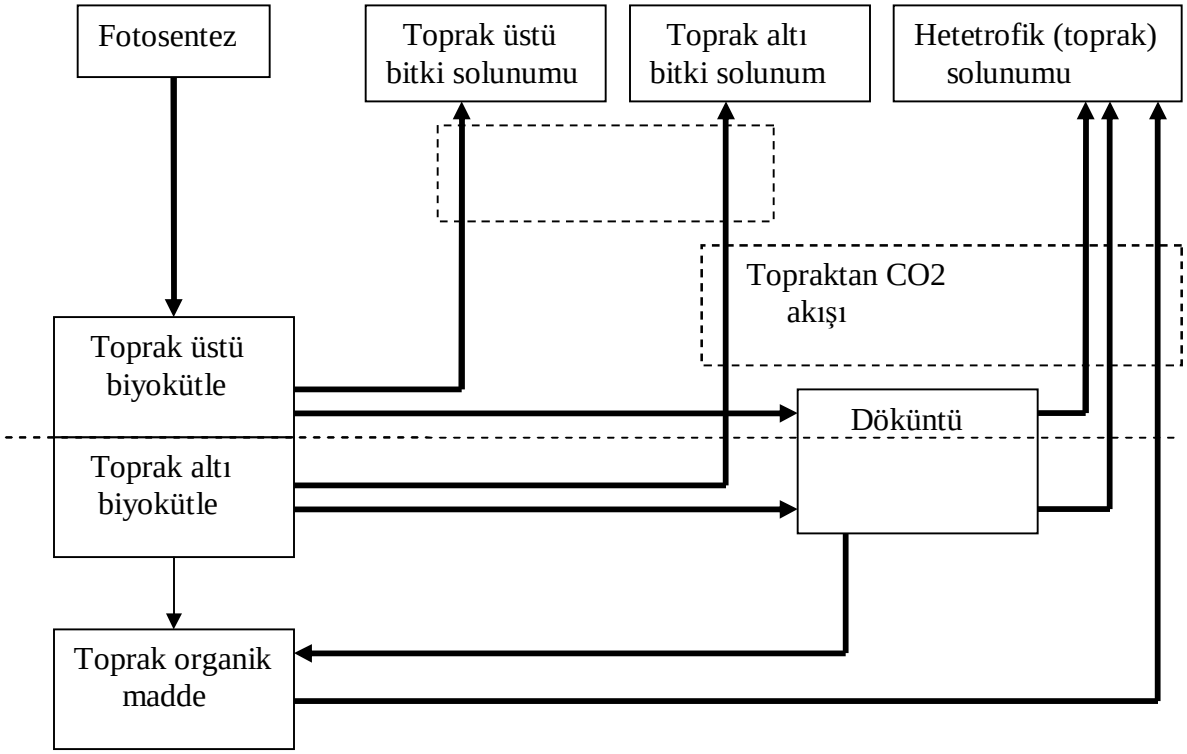
Canlı dokuların ağırlığını temsil eden, biyokütle ölçümleri, canlılardaki enerji ve madde dağılımını yansıtan önemli göstergelerdir (Evrendilek, 2004). Bitki biyokütlesi hem kendini hem de diğer canlıları beslemek için gerekli temel enerji ve proteini sağlar. Çizelge 1.3'te dünya üzerindeki alan örtüleri ve biyokütle potansiyel oranları verilmektedir.

Bitki biyokütle miktarına, birincil üretim denilir. Birincil üretimi gerçekleştiren bitkilere, ototrof veya birincil üreticiler denir. Birincil üreticiler, yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek için gerekli enerji ve protein ihtiyaçlarını, solunum yoluyla biyokütlelerinden karşılarlar. Bitkiler toprak altı ve üstündeki çeşitli organlarına farklı biyokütle paylaşımında bulunurlar (Lu ve ark., 2004; Chen ve ark., 2005). Bitki biyokütle miktarı ile akışını tanımlayan başlıca kavramlar, Şekil 1.4'te kısaca gösterilmektedir. Biyokütle ağırlığı, yaş ya da fırın kurusu ağırlık olabilmekle birlikte, fırın kurusu ağırlık daha anlamlı bir değerlendirme niteliği taşır (Sun, 1980; Saraçoğlu, 2002).

Çizelge 1.3. Dünya Biyokütle Potansiyeli Oranları (IPCC, 2000).

ALAN ÖRTÜSÜ	**Alan (%)**	**Biyokütle Üretimi (%)**
Ormanlar	11	44
Koruluklar	5	1
Otlak-Çayırlar	5	9
Tarım Alanları	3	5
Çöl	5	0
Göl ve Nehirler	1	3
Okyanuslar	70	38

Ekosistemde önemli bir karbon kaynağı olan bitkiler, bünyelerinde karbonu depolamaktadırlar. Ancak, bu karbonun bir kısmını döküntüler aracılığı ile toprağa vermekte ve ayrışma (çürüme) süreci ile karbon toprağın yapısına karışmaktadır.



Şekil 1.4. Bitki Ekosistem Biyokütle Miktarı ile Akışını Tanımlayan Başlıca Kavramlar (Evrendilek, 2004).

Fotosentez süreci ile bünyelerinde karbon depolayan ağaçlar, dökülen yapraklar, kuruyan dallar ve ölen kökler yoluyla karbonu toprağa verirler. Odunsu bitkiler, ikincil büyüme ve ölü kısımlarda biyolojik kütle yapısının sürekli dönüşümü ile karakterize edilir. Bu olay, bitki gövde çapının, vasküler kambiyomun yanlara doğru meristem faaliyeti (bilinen adı ile odun) ile büyümesini sağlar. Costa (1996)'ya göre, bitki biyokütlesi farklı kısımlarında farklı miktarlarda karbon depolamaktadır. Örneğin, sap, gövde ve meyveler, yapraklardan daha çok karbon (kuru ağırlık/g) tutmaktadırlar. Ya da uzun ömürlü ve sık kapalılıktaki bitkiler, kısa ömürlü ve kapalılığı az olanlara göre daha fazla karbon depolamaktadırlar (Namayanga, 2002). Canlı dokuların ağırlığını ve büyüme oranlarını ve temsil eden biyokütle, kapalılık yüzdesi ve döküntü miktarı

ölçümleri, canlılardaki enerji ve madde dağılımını yansıtan önemli göstergelerdir. Döküntü miktarının ölçümü, orman ekosisteminde tutulan karbon miktarının belirlenmesi için önemli bir parametredir.

Küresel ölçekte, karbon döngüsü ve bütçesi bakımından büyük önem taşıyan net birincil üretim (NBÜ), aynı zamanda ekosistem performansı için önemli bir belirleyicidir (Schimel, 1995; Lobell ve ark, 2002; Chiesi ve ark., 2005; Evrendilek ve ark., 2006a). NBÜ, küresel karbon havuzunun ana belirleyicisi (Thompson ve ark., 1996) ve ekolojik süreçlerin anahtar düzenleyicisidir (McNaughton, 1990; Schlesinger, 1991; Tynan, 1998).

NBÜ, birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentez (brüt birincil üretimden-BBÜ) ile ototrofik solunum (R_A) değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Lieth ve Whittaker, 1975; Sun ve ark., 2001; Zhong ve ark., 2002; Lu ve ark., 2004). NBÜ aynı zamanda, birim alan ve zamanda bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarına eşittir (Chen ve ark., 1999).

$$NBÜ = BBÜ - R_A$$

NBÜ ölçümü için aylık PAR ölçüm değerleri, en az son 30 yılın min. ve max. sıcaklık değerleri, yağış verileri, evapotranspirasyon, büyüme sezonu, bitki organik karbon içeriği, bitki organik azot içeriği, toprak organik azot içeriği ve toprak organik karbon içeriği gibi verilerin bilinmesi gerekmektedir (Evrendilek, 2004).

NBÜ tahminlerinde 2 farklı zorluk vardır; (1) karbon döngüsü simülasyon mekanizmaları, ekosistemin fonksiyonunu güncel olarak sunmalı ve (2) model, veri seti ile olabildiğince ilişkili olmalıdır (Bunkei ve Masayuki, 2002). Küresel karbon döngüsü modelleri, karşılaştırmalı ve geniş kapsamlı analizler sonucu sınıflara ayrılmıştır. Kara ve okyanus biyokütlelerindeki karbon döngüsü, biyolojik olarak, organik maddenin üretilmesini ve devredilmesini kapsamaktadır. Karada ve okyanuslarda NBÜ, özel detaylar ve ilişki düzeylerinde farklı yaklaşımlar ile modellenmiştir (Field ve ark., 1995; Behrenfeld ve Falkowski, 1997). Karasal ekosistemlerde NBÜ, toprak altı ve üstü olarak

ikiye ayrılmaktadır ve toprak üstü NBÜ, orman NBÜ unsurları içinde en çok ölçülen unsurdur (Zhong ve ark., 2002).

Ruimy ve ark. (1999a), genellikle karasal ekosistemlerin tahmini için kullanılan NBÜ tahmin modellerini 3'e ayırmaktadır; (1) İstatiksel model, kullanması basit ve kolay modellerdir; ancak, ekosistem süreçlerinin nasıl işlediğini açıklamaz. İklim verisi ile NBÜ arasında istatistiksel ilişki kurarak NBÜ tahmininde bulunur. Vejetasyon tipini dikkate almadan potansiyel NBÜ'yü tahmin eder ve yer gerçeği ile hesaplanan NBÜ arasında farklar vardır. (Lieth ve Whittaker, 1975; Zhihui, 1993; Sun ve Zhu, 2001; Lu ve ark., 2004), (2) Parametrik modelde gerekli parametreleri ve değişkenleri hesaplamak oldukça zordur (Prince, 1991; Potter ve ark., 1993; Foley, 1994; Ruimy ve ark., 1999b; Sun ve Zhu, 2001), (3) Süreç Modeli, fPAR ve vejetasyon indeksi arasındaki ilişki ve etkileşimi kullanarak NBÜ'yü tahmin eder (Running ve ark., 1989; Bonan, 1995; Foley, 1995; Liu ve ark., 1997).

İstatistiksel modeller, kullanması basit ve kolay modellerdir; ancak, ekosistem süreçlerinin nasıl işlediğini açıklayamazlar. Vejetasyon tipini dikkate almadan potansiyel NBÜ'yü tahmin eder. Bu modellerle hesaplanan NBÜ ile yer gerçeği NBÜ arasında farklar vardır. Süreç temelli modeller ise, fotosentez, ototrofik solunum ve transpirasyon gibi çeşitli süreçler ile bilgisayar ortamında temsil etmemize yardımcı olur (Feng ve ark., 2006). Model, fPAR ve vejetasyon indeksi arasındaki ilişki ve etkileşimi kullanarak, NBÜ tahmininde bulunur. Ancak bu modellerin kullanımı, veri setinin mevcudiyeti, kalitesi ve gerçeği ne kadar iyi temsil ettiği ile sınırlanmaktadır. Bir başka sınırlayıcı etken ise, zamansal ve mekansal ölçektir, çünkü, süreç temelli modellerinin çoğu meşcere düzeyinde test edilip, geliştirilmektedir (Chen ve ark., 1999).

NBÜ tahmin yöntemlerinden biri olan süreç temelli modeller, en genel yaklaşımla, gün ışığı şiddeti, solar radyasyon ve fotosentez enerjisi parametrelerini kullanmaktadır. Denklem;

NBÜ= APAR x ε şeklindedir (Monteith, 1972; Morel, 1991).

Ancak, bu genel denkleme dayalı modeller, detaylarda farklı olmalarına rağmen, küresel ölçekte gözlem açısından hepsi birbirine sıkıca bağlıdır. Fotosentetik biyokütlenin dağılımı ve toplamına bağlı olan, fPAR parametresi, okyanuslar için, yüzey klorofilinin uzaktan algılanmış ölçümlerine dayalı iken, karasal ekosistemlerde vejetasyon yeşilliğinin uzaktan algılanmış görüntüye dayalı tahmini ile bulunmaktadır. ε, maksimum gün ışığı şiddetini temsil etmektedir.

Uzaktan algılama teknikleri ile alınıp, yorumlanabilen çok bantlı uydu görüntüleri ile, fPAR, fenoloji, YAI gibi alan örtü parametrelerinin ölçülmesi ve görüntülenmesi ile NBÜ'nün mevsimsel ve aylık alansal dağılımı ve değişimleri belirlenebilmekte (Sun ve Zhu, 2001) ve yeni modeller, yüksek doğrulukta NBÜ tahmininde bulunabilmektedir (Zhu ve Evans, 19944). Toprak üstü biyokütle tahmin çalışmalarında, çoğunlukla, orta çözünürlü uydu görüntüleri kullanılmaktadır. Biyolojik olarak, organik maddenin üretilmesini ve transferini kapsayan karbon döngüsü modelleri, karşılaştırmalı ve geniş kapsamlı analizler sonucu sınıflara ayrılmıştır.

Fotosentez, karbon ve azot döngüsü gibi orman ekosistem süreci ve tanımlaması, kanopi kimyasının ölçümlerini gerektirir. Örneğin, lignin-azot oranı, yaprak çürüme oranını izah eder (Meentemeyer, 1978; Melillo ve ark., 1982). Klorofil ve azot içeriği değerlerinin bilinmesi, NBÜ'yü belirlemeye yardımcı olur (Birk ve Vitousek, 1986). Özellikle kızıl ötesi bölgede, yaprakların organik içeriği ile ilişkili soğurmanın yansıma özellikleri, yüksek çözünürlü algılayıcı teknolojisinin çıkış noktasıdır (Burns ve Ciurczark, 1992; Hazarika ve ark., 2004). Bu soğurma özellikleri, yaprakların hücresel elementlerinde olan devinim ve moleküler salınımın enerji geçişinden oluşur. Birçok çalışma, vejetasyon örtüsünün kimyasal içeriğini anlamak için yüksek çözünürlü uzaktan algılama verisinin potansiyelini araştırmaya yönelik olmuştur (Peterson ve ark., 1988; Peterson ve Hubbard, 1992; Gastellu ve ark, 1995).

Vejetasyon sağlıklı ve üretken ise kırmızı banttaki yansıma değeri ile ters orantılı, yakın kızıl ötesi banttaki yansıma değeri ile de doğru orantılıdır (Curran, 1981). Nem yüzdesi ise hem kırmızı banttaki hem de yakın kızıl ötesi banttaki yansıma değeri ile doğru orantılıdır (Curran, 1985).

Uydu görüntüleri üzerinden biyokütle tahmin çalışmaları, aynı amaç için yapılan arazi ölçümlerine kıyasla zaman ve para açısından daha tasarrufludur. Ayrıca, uzaktan algılama verileri kullanılarak yapılan biyokütle tahmin çalışmalarının aynı zamanda arazi çalışmaları ile desteklenerek doğruluğunun artması da tüm dünya genelinde yapılan biyokütle tahmin çalışmalarında uzaktan algılanmış verilerin kullanılmasını teşvik etmektedir.

Ekosistemlerde oluşan değişimin hızını, miktarını ve konumunu belirlemek, uzaktan algılama teknolojileri ve CBS'nin mekana ve zamana göre çevresel süreçlerin değişimlerini analiz etme olanak ve yetenekleri sayesinde kolaylaşmıştır.

Yaklaşık, 77 945 200 ha olan ülke arazisinin, 21 263 248 hektarlık kısmı ormanlarla kaplıdır. Yüzde olarak ifade edilecek olursa, ülke topraklarının % 27'si ormanlık alandır. Orman varlığının yaklaşık yarısının (10 milyon ha) bozuk durumda olduğu düşünülürse, bu sahaların rehabilitasyonu ve ağaçlandırılmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde 2 240 000 ha ağaçlandırma, 2 614 000 ha erozyon kontrol ve 425 500 ha mera ıslah çalışması olmak üzere, toplam potansiyel orman alan 5 279 500 ha olduğu tahmin edilmektedir. Ağaçlandırma alanları içerisine yaklaşık 1 milyon ha'lık hazine arazileri ile kapalılığı bozuk verimli orman alanları (< 0,40) da dahil edilirse bu rakamlar çok daha büyük olacaktır (Anonymous, 2007d).

Bu çalışma, ülkemizdeki orman ekosistemlerinin küresel karbon döngüsüne katkısının belirlenmesi için örnek niteliğindedir. Akdeniz Bölgesi içinde yer alan Yukarı Seyhan Havzası içindeki orman sınırları çalışma alanının sınırını belirlemektedir.

Çalışma ile ülkemiz Akdeniz Montan kuşak orman alanlarında yersel veriler ile uzaktan algılanmış verilerin birlikte kullanımı ile orman verimliliğinin tahminine yönelik güvenilir bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda çalışmada yoğun arazi ve laboratuar çalışmaları ile birlikte görüntü işleme ve sınıflandırması, CBS ortamında veri üretimi ve entegrasyonu, matematiksel modelleme gibi bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir.

Sonuçta, ormanların bünyelerinde depoladıkları karbon miktarları ile gerçekleşen NBÜ yani büyüme ve toprağa karışan karbon miktarları tahmin edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Vejetasyon örtüsü, özellikle orman ekosistemleri, dünya yüzeyinin % 30'unu kaplamakta ve küresel karbonun % 75-90'nını depolamaktadır. Karasal biyosfer rezervinin kesin boyutu, küresel karbon döngüsü çalışmalarındaki ana belirsizliktir (Hicke ve ark., 2002). Bu nedenle, biyokütle ve net birincil üretim çalışmalarının odağını oluşturmaktadır (Foody ve ark., 1996).

NBÜ, vejetasyon aktivitesinin önemli biyofiziksel değişkenlerinden biridir. NBÜ'nün tahmini, vejetasyon-atmosfer-toprak dizisinin karbon dinamiğini ve gelecekteki küresel ısınmaya karşı ekosistemlerin tepkisini anlamak için önemli bir veridir ve alan kullanımı politikaları için de giderek daha önemli bir yere sahip olmaktadır (Zhu ve Evans, 1994; Bonan, 1995; Foody ve ark., 1996; Liu ve ark., 1999; Junbang ve ark., 2003; Hazarika ve ark., 2004; Chen ve ark., 2005; Feng ve ark, 2006).

Günümüzde, modern ekosistem modelleri, yüksek doğrulukta bilgi akışı ve güçlü bir etki alanına ulaşmıştır. Ancak, bu yeteneklerinin yanı sıra, özellikle geniş alanlarda elde edilmesi ya da oluşturulması zor olan çeşitli parametrelerin gerekliliği modellerin uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu parametreler (ağaç kapalılığı, YAI, NDVI, meşcerelerin fizyolojik özellikleri gibi), orman kompozisyonunu ve yapısını açıklayan parametrelerdir ve geleneksel yöntemlerle ölçmek zaman alıcıdır (Lacaze, ve ark., 1996; Zhong ve ark., 2002). Uzaktan algılama teknikleri, çabuk ve çok zamanlı veri temin etmeleri sebebi ile ekosistem verimliliği çalışmaları açısından önemli ve ilgi çekici bir araçtır.

Uzaktan algılanmış veri kullanılarak yapılan toprak üstü biyokütle tahmin çalışmalarının büyük çoğunluğu, orta çözünürlü uydu görüntüleri kullanılarak yapılmaktadır. Gün ışığını çok etkin bir şekilde kullanmaları, aynı alana ait veri alım sıklığının çok yüksek frekansta olması ve küresel anlamda bütünlük içinde olan veri akışına sahip olmaları nedeni ile uzaktan algılama tekniğini kullanan yeni modeller, yüksek doğrulukta NBÜ tahminin de bulunabilmektedir (Zhu ve Evans, 1994).

Çalışmalarda vejetasyona ait zamansal ve alansal dinamiklerin tam ve doğru bilgileri, net birincil üretim, yüzey hidrolojisi, iklim, karbon ve azot döngü modelleri

için gereken girdiler açısından çok önemlidir. Arazi çalışmaları gibi geleneksel yöntemler ile yapılan model çalışmalarında, gerek büyük ölçekli alanlardaki heterojen topoğrafik ve vejetasyon yapısı, gerekse örnek çalışma alanlarından elde edilen verileri geniş alanlara uyarlamadaki ölçek çevrim hataları yüzünden zorluklarla karşılaşılmaktaydı. Bu nedenle, birçok araştırmacı, vejetasyon parametrelerinin hesaplanması için uzaktan algılanmış görüntüleri kullanarak, geleneksel yöntemlerin alansal ve zamansal sınırlayıcılığının üstesinden gelmeyi başarmışlardır (Curran ve Williamson, 1986c).

Uzaktan algılama teknikleri ile alınıp, yorumlanabilen çok bantlı uydu görüntüleri sayesinde, fPAR, fenoloji, YAI gibi alan örtü parametrelerinin ölçülmesi ve görüntülenmesi, NBÜ'nün mevsimsel ve aylık alansal dağılımı ve değişimleri belirlenebilmektedir (Sun ve Zhu, 2001).

Biyokütle ve YAI gibi vejetasyon parametreleri, uzaktan algılama görüntüleri ile hesaplanabilmektedir. Bu bağlamda, mera ekosistemleri, uydu görüntüsünden hesaplanan spektral vejetasyon indisleri ve YAI gibi kanopi özellikleri arasındaki işlevsel ve tutarlı ilişkiyi gösteren birçok çalışmanın konusu olmuştur (Musick, 1984, Prince ve Tucker, 1986, Tucker ve ark., 1986, Tucker ve Sellers, 1986).

Birçok çalışma kanopi yansıması ile vejetasyon parametreleri arasındaki sıkı ilişkiyi gösterirken, gözlemlenen bu ilişkinin zaman ve alana bağımlı olduğunu vurgulamıştır (Asrar ve ark., 1985; Curran ve Hay, 1986; Curran ve Williamson, 1986a; Curran ve Williamson, 1986b; Weiser ve ark., 1986). Ayrıca, ilişkiyi karakterize etmek için büyük örnek alanlara ihtiyaç olduğu belirtilerek, yansıyan radyasyonun ölçülmesini sağlayan vejetasyon özelliklerinde deneysel yaklaşımlar kullanmışlardır (Asrar ve ark., 1985; Weiser ve ark., 1986). Saf meşcerelerden farklı olarak karışık meşcerelerde kanopi yansıması, her türün örtülülük yüzdesi ve toplam biyokütledeki kapladığı oran tarafından belirlenmektedir.

Keller ve ark. (1986) ve Livingston ve ark. (1988) çalışmalarında, Brezilya Amazonları'ndaki küçük alanlarda toprak gaz emisyonlarını ölçmüştür. Yıllık gaz birikinti akışı için ölçüm veri setlerini oluşturmak zor ve pahalıdır. Amazonlarda farklı alanlarda yapılan bu çalışmalar sayesinde, biyokütle miktarı ve besin içeriği

gibi ekosistem özellikleri ve iklim verisi ile birlikte biyojenik gaz ölçümleri ve toprak biyokimyası tespit edilmiştir.

Franklin (1986), California-Amerika'da yaptığı çalışmada, LANDSAT uydu görüntüsünün tek bandını kullanarak, biyokütle tahmininde bulunmayı denemiştir. Sonuçta, biyokütle ile spektrumun görünür bantları arasında sıkı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur.

Ahern ve ark. (1991), New Brunswick-Amerika'da yaptıkları çalışmada, LANDSAT uydu görüntüsü yansıma değerleri ile orman hacmi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Yansıma değerleri, yansıma faktörlerine dönüştürülerek, geri-adım çoklu regresyon modeli ile orman hacmi ve yansıma değerleri arasındaki ilişkinin doğruluk oranı bulunmuştur. Geliştirilen modele dayanılarak, 1. ve 5. bant aralığını kullanmış ve sonuçta 1. ve 4. bantlar arası ile meşcere yaşı arasındaki ilişki en yüksek doğruluğu (R^2= 0.91) vermiştir.

Atkinson ve Plummer (1993), kısmi korelasyon analizi yöntemini kullanarak, İngiltere-Derbyshire-Belper'deki mera alanında yansıma ile birlikte toplam biyokütledeki yonca bitkisinin oranını ve yansıma özelliğine bakılarak kapalılık yüzdesini belirlemeye çalışmışlardır. Örneklerin vejetasyonun yansıması ile ilişkili özellikleri, biyokütle, nem yüzdesi ve vejetasyonun kapalılık yüzdesinden oluşmaktadır.

Friedl ve ark., (1994), 1987 yılında büyüme sezonu içinde Kuzeybatı Kansas'taki 27 mera alanından alınan LANDSAT TM (Thematic Mapper) görüntüleri ile yer gerçeği verilerini çakıştırarak çayır-mera alanları için biyokütle ve YAI tahmininde bulunmuşlardır. Çalışmada istatistiksel olarak, Linear Regresyon Modeli kullanılmıştır. Yanma riski, alan kullanımı ve topoğrafik veriyi de içeren haritalanmış arazi değişkenleri, YAI ve biyokütle varyanslarını hesaplamada gösterge olarak alınmıştır. Sonuç olarak, Kauth-Thomas Grenness, YAI, biyokütle ve farklı arazi değişkenleri arasındaki ilişkide önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur.

Running ve ark. (1994), çalışmalarında küresel vejetasyon için basit ve yeni bir sınıflama mantığı önermektedirler. Bu sınıflamanın en önemli özelliği, vejetasyon yapısının belirli, basit ve gözlemlenebilen özelliklerine dayalı olması ve doğrulama

için arazi çalışmalarının yapılabilmesidir. Yapısal karakteristikler, uzaktan algılama çalışmaları ile belirlenmekte ve var olan vejetasyonun tekrar sınıflaması yapılabilmektedir. Bu yeni sınıflanma mantığı, 1 km NDVI veri tabanına dayalı olarak, Amerika Kıtası üzerinde uygulanmıştır. 6 ana vejetasyon sınıfı tanımlanmış ve iklim verileri eklenerek, bu sınıflandırma sayesinde küresel biyom sınıfları tanımlanmıştır.

Danson (1995), çalışmasında, YAI'yi vurgulayan, orman örtüsü değişkenleri ve orman örtüsü yansıması arasındaki ilişkinin anlaşılmasına katkıda bulunmuştur. İngiltere'de uzaktan algılanmış veriden, YAI tahmini için yeni yaklaşımların test edilmesi ve geliştirilmesini vurgulayan güncel tartışmalara dikkat çekmiştir.

Trotter ve ark. (1997), büyüme sezonunda alınan LANDSAT uydu görüntüsü kullanarak, Yeni Zelanda'daki çam ormanlarında odun hacmi hesaplamaya çalışmışlardır. Tüm bantlar kullanılarak regresyon analizi, geri adım regresyon ve en yakın komşu modelleri denenmiş ve R^2 değerleri düşük çıkmıştır. Verinin logaritmik çevrimi de sonuçları yükseltmemiştir. Piksel bazında odun hacmi hesabı sonunda, R^2 değerlerinin düşük çıkmasına rağmen, kızıl ve yakın kızıl ötesi bantların odun hacmi ile en iyi korelasyonu sağladığı görülmüştür.

Dougill ve ark. (1998), Botswana-Kalahari'de aşırı otlatma tehdidi altındaki savanalarda, biyokütledeki değişimini belirlenmeye çalışılmışlardır.

Field ve ark. (1998), çalışmalarında, okyanus ve karasal ekosistemlere ait uydu görüntülerine dayalı birincil üretim tahminleri arasında ilişki kurmaya çalışmışlardır.

Field ve ark. (1998), karasal NBÜ modeli olarak, süreç temelli bir model olan CASA-NASA Modeli'ni, okyanus NBÜ Modeli olarak da, VGPM (Vertically Generalized Production Model) Modeli'ni kullanılmışlardır.

Goetz ve ark. (1999), çalışmalarında, bölgesel ve küresel ölçekler için uygun Değiştirilmiş Etkin Üretim Modeli (PEM-The Policy Evaluation Matrix)'nin uygulanması ve geçerliliği tartışılmıştır. PEM, NBÜ ile vejetasyon indisleri arasındaki karşılıklı ilişkilere ve bitki fizyolojik sürecine dayalıdır. Uydu görüntülerine dayalı veri seti ile çalışmakta ve NBÜ ile Brüt Birincil Üretim haritaları oluşturabilmektedir.

Jensen ve ark. (1999), Brezilya'daki çam meşcerelerinin yaş tahmininde LANDSAT uydu görüntüsünü kullanmışlardır. 1. ve 4. bant aralığı, NDVI ve meşcere yaşı gibi parametreleri kullanarak, meşcere yaşını belirleme de 4. bandın hassasiyetini tespit etmişlerdir. Meşcere yaşı tahmini için regresyon tekniklerine ek olarak, yapay sinir ağları tekniği de denenmiş ve aynı sonuca varılmıştır.

Asner ve ark. (2000), 1982-1993 yılları arasındaki orman fenolojisindeki değişimin belirlenmesini sağlayan NOAA AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) uydu verisindeki biyolojik olmayan yapıları belirlemek ve en aza indirmek için bir metot geliştirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, CASA Modeli ile üretilen NBÜ değerleri kullanılarak, Amazon ormanlarının verimliliği modellenmiştir.

İklimdeki değişimler, Amazon tropik yağmur ormanlarının fonksiyonlarını etkilemektedir. Son yıllarda yapılan analiz modelleri, yağış ve sıcaklık anomalilerine cevaben bölgedeki karbon dinamiklerinin yıl içinde değişikliğe uğradığını göstermektedir. Fakat, atmosferik yapı etkisindeki NOAA AVHRR uydu verisi, iklimsel değişimin Amazon Ormanları'nın fenolojisi ve üretimi üzerindeki etkilerini gösteren nicel kanıt sağlayamamaktadır.

Kanopideki fenolojik kayıplar, kurak sezon döneminde toprak suyunun derin köklere girişini azaltmaktadır (Nepstad ve ark., 1994; Asner ve ark., 2000). Bununla beraber, arazi ölçümleri sonucunda, Amazon Ormanları'nın kurak periyotta döküntü miktarını % 10-35 yükseltip, YAI'ini ise % 15-25 düşürerek yanıt vermekte olduğunu göstermiştir (Jipp ve ark., 1998; Smith ve ark., 1998; Asner ve ark., 2000). YAI indeksindeki azalma ise NDVI verisine etki etmektedir.

Asner ve ark. (2000), çalışmalarında ayrıca, AVHRR NDVI verisi üzerindeki sınırlayıcıların etkisini azaltmak için, vejetasyon ve atmosferik transfer modellerini kullanarak, NDVI değerlerini normalize etmek için bir algoritma geliştirmişlerdir. Sonuçta, Amazonlarda kurak sezonda yıl içinde NBÜ değerlerinde 4,2-4,8 Pg C $yıl^{-1}$ değerinde düşüşler olmaktadır.

Amazon yağmur ormanları, dünya üzerindeki karasal karbon stoğunun 70-80 x 105 gr'ına ve yıllık NBÜ'in yaklaşık % 10'una sahiptir (Fearnside, 1997; Asner ve ark., 2000). Bölge, büyük karbon havuzu ve akışına sahip olması nedeni ile orman

örtüsü ve karbon stoğu çalışmalarının ilgi odağı olmuştur (Houghton ve Hackler, 2000). ENSO (El Niño Southern Oscillation) olarak bilinen, Amazon Bölgesi'nde kurak sezonun uzayıp, yağışlı sezonun kısalması olayının etkileri de bu bölgeye olan ilgiyi artırmaktadır (Marengo, 1992). Potter ve ark., (1998), bölgedeki kurak sezonun (Haziran-Kasım) orman üretimine etkilerini, modelleme çalışmaları ve ölçümleri ile belirlemeye çalışmışlardır.

Çalışmada, CASA Modeli için, NDVI metriğine ek olarak, yağış, sıcaklık, solar radyasyon ve toprak tekstürü metrikleri üretilmiştir. Ancak, AVHRR NDVI metriği, bulutluluk, su buharı ve tanecikleri ve solar aydınlanma gibi atmosferik özelliklere karşı çok hassastır (Tanre ve ark., 1992; Privette ve ark., 1995).

Plummer (2000), çalışmasında, ekolojik model ve uzaktan algılama literatürlerinde açıklanan, çeşitli alansal ve zamansal ölçekteki, uzaktan algılama ve ekolojik modelleri bağdaştıran yaklaşımları tekrar gözden geçirmiştir. Genel olarak, dört alternatif stratejinin altını çizmiştir. Bu stratejiler; (1) ekolojik süreç modelleri için uzaktan algılanmış verileri kullanmak, (2) ekolojik süreç modellerinin tahminlerini geçerli kılmak ve test etmek için uzaktan algılanmış veri kullanmak, (3) ekolojik süreç modellerinin sınırlarını çizmek için uzaktan algılanmış verileri kullanmak, ve (4) uzaktan algılanmış verinin yorumu için modelden yardım almak şeklindedir.

Steininger (2000), Brezilya ve Bolivya'da LANDSAT uydu görüntülerini kullanarak ikincil ormanlarda yaptıkları biyokütle üretim tahmin çalışmasında, bantlar ve verimlilik arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmış ve orta kızıl ötesi bantta en iyi değerleri elde etmiştir. Ayrıca, aynı alandaki benzer meşcereler arasındaki kızılötesi yansımaya kanopi farklılıklarının etkisi tespit edilmiştir.

Clark ve ark. (2001), orman NBÜ tahminlerini geliştirme doğrultusundaki çalışmalara rehberlik etmek için, kavramsal bir çatı oluşturmuşlardır. Çalışmada, NBÜ miktarı tanımlanmış, toprak üstü ve altı elemanları ve arazi ölçüm yöntemleri tartışılmıştır. Geçmişteki ve güncel NBÜ tahmin çalışmaları karşılaştırılarak, gelecekteki çalışmalar için kriterler belirlenmiştir.

Coops ve Waring (2001), ABD-Güney Oregon'da yer alan çeşitli alanlardaki iğne yapraklı ormanların üretkenlik kapasitesini tahmin etmek için, 3-PGS Modeli

(Development of a Physiological Model Structure)'ni kullanmışlardır. 3-PGS Modeli, aylık olarak transpirasyon, fotosentez ve NBÜ tahmini yapmaktadır. Modelin güvenirliliğini tespit etmek için CBS kullanılmıştır. Çalışmada, sırası ile, topoğrafik ve iklimsel değişimi yansıtmak için aylık iklim verileri ortalaması hesaplanarak, tüm eyaletleri kapsayan toprak haritaları, toprak verimliliği ve su depolama hacmi tahmininde kullanılmıştır. Ayrıca, yaz süresince vejetasyon tarafından yansıtılan ışık miktarı uydu verisi kullanılarak tahmin edilmiştir.

Lefsky ve ark. (2001), meşcere alanlarında biyokütle tahmininde farklı algılayıcı tiplerinin yeteneğini test etmiştir. Sonuçta, çok daha ucuz olması ve diğer uzaktan algılama verilerine göre işlem azlığı nedeni ile çok bantlı LANDSAT uydu görüntüsünde karar verilmiştir. Biyokütle tahmini için yaz mevsimine ait LANDSAT uydu görüntüsü kullanılmıştır. Geri adım regresyon analizini kullanarak, biyokütle tahmin modeli ile varyasyonun % 60'ını açıklamışlardır.

Potter ve ark. (2001), çalışmalarında, Amazon Bölgesi'ndeki su, karbon ve Azot gaz akışı kapasitesini tahmin yöntemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla, Brezilya'da Para ve Rondonia eyaletlerinde yer alan iki Amazon Orman alanında tropikal ekosistem biyokimyası için, NASA-CASA Modeli'nin performansını denemişlerdir. Bu ekosistem modeli, meşcere su denge denklemi, amazon orman topraklarının saflık derecesi, nem tutma kapasitesi ve ormansızlaşma dinamiğini kapsamaktadır. Evapotranspirasyon ve toprak su içeriği için model tahminleri, tüm sezonsal değişimler ve oranlar açısından tutarlı sonuçlar vermiştir. Modelden tahmin edilen 200 g C m^{-2} lik yıllık net ekosistem üretimi değeri ile el değmemiş orman ekosistemleri karbon bilançosunun, atmosferik karbon için büyük net havuz olabileceğini ifade etmiştir.

Çalışmada, CASA Modeli'nin günlük versiyonu kullanılmıştır. Bu sayede, iklim, toprak durumu ve gaz akışı gibi ölçümlerdeki değişimler karşılaştırılabilmektedir (Potter ve ark., 1998).

Potter ve ark. (2002), (2003), çalışmalarında, Brezilya Amazonları için biyokütle kullanmı sonucu oluşan günlük gaz emisyonları birikintisini ölçmeye çalışmışlardır. Bu amaçla, 8 km çözünürlüğe sahip, NOAA/AVHRR görüntüsü ve vejetasyon yeşillik görüntüsü birleştirilerek, ekosistem biyokütle modeline veri seti

oluşturulmuştur. Bu analiz, birincil ve ikincil orman alanları, savanalar ve meralardan oluşan geniş Amazon Ormanları'nın biyokütle kullanımına tepkisini belirlemiştir. Ayrıca, bölgenin günlük biyokütle kullanımı miktarını da içine alan vejetasyon biyokütlesinin coğrafik dağılımı ve Amazon Ormanları'nda biyokütle kullanımı sonucu oluşan gaz emisyonları konulu daha önceki çalışmaların ötesine geçmiştir.

Çalışmada Amazon Orman ekosisteminin bölgesel karbon döngüsü dizaynı için, S (solar yüzey yansıması), fPAR, ε (maksimum gün ışığı şiddeti), T (düzeltilmiş normalize sıcaklık değerleri), W (nem baskı skalalarını) kullanarak net birincil üretimi tahmin eden, NASA-CASA Modeli kullanılmıştır. Ayrıca, NBÜ tahminin yanı sıra, biyokütle kullanımı sonucu atmosfere verilen gaz akışı emisyonlarının, günlük ve yıllık tahminleri yapılmıştır. Bu amaçla, toprak tipi ve tekstürü, gübreleme, zamansal ve alansal veri setleri ile detaylandırılan bilgisayar modelleri ve tropikal bölgeler için geçerli troposferik kimyasal analizler kullanılmıştır.

Amazonlardaki biyokütle kullanımı ve ormansızlaşma gibi olaylar sonucunda, atmosfere verilen yıllık emisyon miktarları; 1990 yılı sonrası için, 102 T g gün^{-1} karbon monoksit ve 3.5 T g yıl^{-1} azotoksit şeklindedir. En yüksek günlük emisyon değerleri, 3 T g gün^{-1} karbon monoksit ve 0.1 T g yıl^{-1} azotoksit ile 1992 yılı Eylül ayı içinde olmuştur. Brezilya Amazon Bölgesi, atmosfere küresel emisyon akışı kaynakları sıralaması içinde, 13. sıradadır.

Sun ve Zhu (2001), NOAA/AVHRR, NDVI ve iklim veri setini kullanan, kanopi-fotosentez modeli ile Çin'de alansal NBÜ tahmininde bulunmuşlardır. NOAA uydusu üzerindeki AVHRR algılayıcısı, günlük, küresel, kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantlara ait yansıma değerlerini sağlaması nedeni ile bitki verimliliği çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Baez-Gonzalez ve ark. (2002), gıda güvenliği açısından geniş ölçekte görüntüleme ve ürün deseni çalışmalarına ihtiyaç duyulan Meksika'da, uydu görüntüleri ve yersel verilerle mısır (*Zea mays L.*) bitkisine ait rekolte tahmini ve görüntüleme metodu geliştirmişlerdir. Meksika'da mısır tarımı yapılan alanlarda, 1999 sonbahar-kış ve 2000 bahar-yaz döneminde, sulanan ve sulanmayan durumdaki

8 alan GPS ile konumlandırılmış ve her 15 günde bir örneklenmiştir. PAR, YAI, ürün gelişme devresi (DVS), büyüme sezonu ve rekolte değerleri gibi veriler arazi çalışmaları sayesinde elde edilmiştir. NOAA/AVHRR görüntüleri ile NDVI değerleri elde edilmiş ve bu veriler ile PAR verileri birlikte kullanılarak, NBÜ değerleri hesaplanmıştır. Gelişme Modeli, uydu ve yersel verilerin birlikte kullanımı ile elde edilmiştir. Sonuç olarak, sulanan alanlardaki çeşitliliğin % 89'u ve sulanmayan alanlardaki çeşitliliğin % 76'sı belirlenerek, ürün deseni ve verimlilik tahminlerinde bulunulmuştur.

Hicke ve ark. (2002), Kuzey Amerika'da son 17 yıla ait yüksek çözünürlü uydu görüntülerini CASA Modeli ile yorumlayarak, NBÜ tahmininde bulunmuşlardır. Aynı alan ile ilgili geçmişte yapılmış çalışmalarda dikkate alınarak mevcut durum ortaya konulmuştur.

Lu ve ark. (2002), çalışmalarında yalnızca LANDSAT uydu görüntüsü bantlarının ya da bantlardan oluşturulan vejetasyon indislerinin tek başlarına toprak üstü biyokütle tahmininde efektif olarak kullanılamayacağını ve çoklu regresyon modelinin en uygun model olduğunu vurgulamışlardır.

Steinbach ve ark. (2002), küresel iklimde okyanusların etkisini tahmin etmek için, bilim adamları, seçili okyanus alanlarının davranışlarını özetleyen zaman serili, Okyanus İklim İndisleri'ni (OCI-Ocean Climate Indices) geliştirmişlerdir. Örneğin El Nino ile ilişkili OCI, bir Okyanus İklim İndisi'dir. Geçmişte, bilim adamları gözlemleri ve Eiguenvalue Analiz tekniklerini kullanarak okyanus iklim indislerini hesaplamaktaydılar. Çalışmada, Okyanus İklim İndisleri için alternatif bir model geliştirilmiştir. Bu model, diğer tekniklerin sınırlamalarını gidermektedir.

Çalışmada ayrıca, karasal ekosistemlerin NBÜ tahmininde kullanılan CASA Modeli'nin etkilerini artırmak için, karasal iklim üzerinde OCI'nin etkileri araştırılmıştır.

LANDSAT ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) görüntüsü, geniş alanlarda daha iyi tayfsal ve konumsal çözünürlüğe sahip bir veri olması nedeni ile doğal kaynakların tespiti ve yer yüzeyini izleme de önemli rol oynamaktadır. Yomralıoğlu ve Reis (2002), çalışmalarında, Trabzon ili ve çevresinin, spektral band çeşitliliği arazi örtüsü türlerinin ayırt edilmesinde çok etkili olan, 2000 yılına ait LANDSAT

ETM+ görüntüsü ile arazi kullanım haritası oluşturulmuş ve ayrıca yersel ölçümler yapılmıştır. Uygulanan Kontrollü Sınıflandırma sonucunda sınıflandırmanın toplam doğruluk yüzdesi, % 84.68 ve Kappa 0.829 olarak elde edilmiştir. ARC/INFO ve ARCVIEW kullanılarak bölge ve ülkemiz tarım ekonomisi için önem taşıyan fındık bitkisi rekolte tahminleri ve ekilebilir potansiyel fındık alanları tespit edilmiştir.

Zagolski ve ark. (1996), kıyıda alanlarında yayılım gösteren 2-48 yaş arasındaki çam meşcerelerinden seçilen homojen parsellerin kanopi kimyası hakkında bilgi elde edebilmek amacı ile orman ekosistem modellemesi konusunda çalışmışlardır. Bu amaçla, kimyasal analizler ile AVIRIS (Atmospheric Water Mapping With the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer) ve ISM (Imaging Spectrometer) spektrometrelerini kullanarak laboratuar ortamında spektroskopik ölçümler yapmışlardır. Spektrometrik uzaktan algılamanın potansiyeli, AVIRIS ve ISM algılayıcıları ile araştırılmıştır. AVIRIS, 210 bantta, 400-2500 nm spektral aralığında, ISM ise, 128 bantta 800-3200 nm spektral aralıkta kayıt yapar.

Çam meşcerelerinden alınan yaprak örnekleri, Azot, lignin ve selüloz içeriğini ölçmek üzere kimyasal olarak analiz edilmiştir. Azot, lignin ve selüloz konsantrasyonlarının ilişki tahminleri, laboratuardaki spektral ölçümlerde, kademeli regresyon analiz yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Zhong ve ark. (2002), Orta Kanada'da üç farklı eyalette yer alan ormanlarda net birincil üretimi belirlemişlerdir. Çalışmada, Kanada Orman Sektörü'nün, orman envanter tabanlı ekosistem simülasyon modeli olan Karbon Bütçe Modeli (CBM-CFS2) kullanılmıştır. Model, ormanlardan toplanan veriler ve yağış eğrisi üzerinden biyokütle hesaplamak için yapılan ekosistem simülasyon modelidir. Deneysel olarak, ağaç biyokütlesini açıklayan ilişkileri kullanır ve ölü organik madde (DOM-Dead Organic Matter) dinamiklerini simüle eder.

DOM havuzları, organik toprak karbonu, kalın ağaç döküntüsü (toprak altı ve üstü içeriği ile) ve döküntü dinamiklerini sunmakta kullanılır. Sonuç olarak, Orta Batı Kanada'nın üç eyaletindeki ormanların NBÜ tahminlerini belirlemek, arazi çalışmalarından elde edilen değerler ile yapılan tahminleri karşılaştırmak ve CBM-CFS2 Modeli'nin NBÜ tahminindeki performansı çalışmanın kapsamını oluşturmuştur.

Junbang ve ark. (2003), NOAA/AVHRR verisine dayalı CASA Modeli ile Çin'deki karasal ekosistemlerde NBÜ tahmininde bulunmuşlardır.

Yang ve ark. (2003), Çin-Yunnan'daki tropik ormanlarda biyokütle tahmini için LANDSAT TM görüntüsünü kullanmışlardır. Öncelikle, arazi çalışması sonucu ile elde edilen tarla envanter verisi kullanılarak, her örneklem alanında biyokütle hesaplanmıştır. Sonra, LANDSAT TM verisi üzerinden BI (Bright Index), Green Vegetation Index (GVI) ve WI (Wetness Index) gibi vejetasyon indisleri bulunmuştur.

Awaya ve ark. (2004), büyüme sezonu boyunca alınan solar radyasyon ile üretilen NDVI ile Chikugo Modeli tarafından tahmin edilen NBÜ arasındaki ilişkiye dayandırılarak, NBÜ tahmin modeli geliştirmişlerdir. Chikugo Modeli, modellemede referans verisinin oluşturulmasında kullanılmıştır. Bu model, sıcaklık, yağış ve solar radyasyonu kullanarak, NBÜ'i üretir. İklim verileri, meteorolojik istasyonlardan alınmıştır. NDVI metriği, vejetasyon çalışmalarında kullanılan NOAA AVHRR uydu verisinden alınan görüntüler kullanılarak oluşturulmuştur. NDVI görüntüleri kullanılarak, NBÜ'nün yıl içindeki değişimleri küresel ölçekte haritalandı. NDVI görüntüleri üzerindeki atmosferik etkilerden kaynaklanan anomaliler, basit bir atmosferik düzeltme ile giderilmiştir. Ayrıca, model, sıcaklık etkileri ve toprak su baskısını içermektedir. Geliştirilen model, LUE (Light Use Efficiency) (Monteith, 1972), absorbe edilen ışığı ve NDVI metriklerini kullanmaktadır.

Lu ve ark., (2004), çalışmalarında, Meteo-Fransa'dan aldıkları 2002 yılına ait 1 km çözünürlüğe sahip SPOT 4/VEJETASYON görüntüsü ile 4.45 milyon km² alana sahip Çin'in batı kesiminde yer alan karasal ekosistemlerin NBÜ tahmini için Monteith Parametrik–C Fix Modelini kullanmışlardır. C Fix Modeli, sıcaklık, solar radyasyon ve fPAR veri setini kullanarak, karbon kütle akışını tahmin eden, Monteith Tip Parametrik bir modeldir.

Daha önceden Avrupa ve Afrika kıtalarında da uygulanmış olan model,

$NBÜ_d=(p(T_{atm})*CO_2fert*\varepsilon*fAPAR*c*S_{g,d})*(1-A_d)$

denklemi ile ifade edilmektedir. Denklemde, $p(T_{atm})$; sıcaklığı, CO_2fert; atmosfer üzerindeki CO_2 oranına bağlı olarak karbon asimilasyonundaki yükselmeyi, ε, 1.1 eşitliğini kullanan radyasyonu, fAPAR, NDVI verisinden oluşturulan veriyi, c,

global radyasyon için PAR oranını veren klimatik etkiyi ve $S_{g,d}$ ile A_d ise, brüt birincil üretimteki ototrofik solunumu tanımlar.

Çalışma sonucunda toplam yıllık NBÜ değeri, 168 g C m^{-2} $yıl^{-1}$ olarak bulunmuş ve orman, mera, açık alan, tarım gibi farklı ekosistem tipleri içinde NBÜ hesaplamaları ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Ayrıca aylara göre NBÜ değerleri de belirlenmiştir. Batı Çin, geniş bir alana sahip olmasına rağmen, NBÜ değerleri, zor iklim ve çevre şartları ile antropojenik etkiler sebebi ile düşük çıkmış ve NBÜ kontrolü için su kaynaklarının iyileştirilmesinin gerekliliğini belirlemişlerdir.

Mallinis ve ark. (2004), Akdeniz Bölgesi'nde yaptıkları çalışma da, R^2 değerlerinin düşük olmasına rağmen, 2. (yeşil), 3. (kırmızı) ve 7. (kızılötesi) bantların biyokütle tahmin çalışmaları için en uygun bantlar olduğuna karar vermişlerdir.

Turner ve ark. (2004), NASA Yer Gözlem Sistemi'nin bir parçası olan, MODIS algılayıcısından alınan görüntülere dayalı, yıllık küresel net birincil üretim tahmininde bulunulmuştur. Çalışmayı geçerli kılmak, 1 km kaba çözünürlü NBÜ verisi ile arazi ölçümleri sonucu oluşturulan NBÜ verisi arasındaki ölçek farkı sebebi ile güç olmuştur. Bu amaçla, NBÜ'deki alansal farklılıkları gidermek için 3 farklı yaklaşım geliştirmişlerdir.

Zheng ve ark. (2004), LANDSAT uydu görüntüsünden alınan yansıma değerleri ile yer verilerinin çoklu regresyon analizlerini kullanarak, alansal olarak toprak üstü biyokütle haritası ve meşcere yaş haritasını üretmişlerdir. Wisconsin-Amerika'da yaptıkları çalışmada, orman örtüsünü sert ve yumuşak yapılı odun olmak üzere 2 sınıfa ayırmışlardır. Sert odunlu ağaç toprak üstü biyokütlesi sıkı bir şekilde yakın kızıl ötesi bantla, yumuşak odunlu ağaç toprak üstü biyokütlesi ise NDVI ile ilişkilidir. Topraküstü biyokütle tahmini için geliştirdikleri denklemde (R^2= 0.82), 4 değişken bulunmaktadır. Bu değişkenler; yakın kızılötesi bant yansıması, kırmızı bant yansıması, meşcere yaşı ve modifiye edilip düzeltilmiş toprak indeksidir. Yumuşak odunlu ağaç denklemi için, NDVI'ın fonksiyonu % 86, sert odunlu ağaç denklemi için de yakın kızıl ötesi yansıma değeri ve meşcere yaşının fonksiyonu % 95 olarak bulunmuştur.

Zhu ve ark. (2004), çalışmalarında, coğrafik bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknolojisine dayalı olan bir net birincil üretim modeli sunmuşlardır. Meteorolojik ve uzaktan algılama verisi ile çalıştırılan model, Çin-Mongolia'da iğne yapraklı ormanlarda NBÜ tahmini için denenmiştir.

Chen ve ark. (2005), NBÜ tahmini için gün ışığına dayalı modeli kullanmışlardır. YAI, $fPAR$ ve albedo gibi parametrelerin büyük çoğunluğu MODIS görüntülerinden üretilmiş, günlük meteorolojik veriler ise meteoroloji istasyonlarından elde edilmiştir. MODIS verisine dayalı NBÜ tahminini değerlerini geçerli kılmak için, ayrıca, Jiangxi eyaletindeki Qianyangzhou Akış Kulesi'nde 39 m yükseklikten co-varyans tekniği ile NBÜ ölçümü yapılmıştır. Sonuçta, ölçülen NBÜ ile model sonucu ortaya konan NBÜ değerleri birbiri ile tutarlı çıkmıştır.

Chiesi ve ark., (2005) ve Maselli ve Chiesi (2005), çalışmalarında, İtalya-San Rossore'nin baskın türü ***Pinus pinaster*** olan çam ormanları ile kaplı kıyı alanlarında karbon akışını simule etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla, orman ekosistem işleyiş modeli olan ve farklı coğrafyalarda uygulanan, FOREST-BGC Modeli test edilmiştir. Model, yer verileri ile uzaktan algılama veri setini kullanmaktadır. FOREST-BGC Modeli, Kuzey Amerika'daki karışık konifer ormanlarının mevcut durumunu araştırmak için Montana üniversitesi'nde geliştirilmiştir (Running ve ark., 1988, Running ve ark., 1991). Seçilen ekosistemle ilgili, iklim verileri, meşcere verileri, toprak karakteristikleri ve çeşitli eko-fizyolojik parametrelere ihtiyaç duyan model, farklı zamansal ölçekte, orman ekosistemlerinden oluşan biyo-jeokimyasal döngüleri hesaplamakta ve belirlemektedir (Battaglia ve Sands, 1998).

Çalışma kapsamında, 1992–2001 yılları arası ilkbahar ve yaz aylarına ait LANDSAT TM ve ETM+ görüntüleri kullanılmıştır. Model ayarı, son 40 yıl boyunca ağaç gövdelerinde biriken karbon miktarına dayanılarak hesaplanan NBÜ değerleri kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, meşceredeki karbon miktarı ve odunsu biyokütlenin yıllık artışının ölçülmesi ile bulunan dendrokronolojik ölçümler de modele dahil edilmiştir.

Evrendilek ve ark. (2006b), Türkiye-Doğu Akdeniz'de yer alan herdemyeşil iğne yapraklı ormanlardan, Kızılçam (***Pinus brutia***), Karaçam (***Pinus nigra***),Sedir (***Cedrus libani***), Ardıç (***Juniperus excelsa***) ve karışık meşcerelere (% 17 ***P.nigra***, %

28 *C. libani,* %55 *Abies cili*cica) ait toprak üstü biyokütle, toprak üstü döküntü ve yaprak çürüme değerlerini tespit etmişlerdir. Bu değerler, orman ekosistemlerinin değişimi ve karbon stoklarının tahmini için bölgesel ölçeğe çevrilmiştir. Sonuçta, iğne yapraklı ormanların toprak üstü biyokütlesi 83.0 ± 67 Mg C ha^{-1}, toprak altı biyokütlesi 14.8±12 Mg C ha^{-1}, toplamı ise 97.8 ± 79 Mg C ha^{-1} bulunmuştur. Aylık döküntü ortalaması ise 376 ± 191.3 Mg C ha^{-1} ortalama ile 641 ± 385 Mg C ha^{-1} (*Pinus brutia)*'den 286±12 $MgCha^{-1}$(*Cedrus libani*)'e sıralanmaktadır. Toprak ve döküntü C/N oranları, toprak ve döküntü kalitesinin indikatörleri olarak kabul edilir. Bununlar birlikte, C/N oranları düşerken, toprak organik madde ayrışma oranları yükselir. Bu çalışma da, *J. excelsa* dışında, toprak C/N oranlarının iğne yapraklı ormanlarda *k* değerleri ile negatif ilişkili olduğu gözlenmiştir. Ayrışma hızı sabitleri (*k*), Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Ardıç (*Juniperus excelsa*) için gün 0.0005 $gün^{-1}$, Karaçam (*Pinus nigra*) için 0.0009 $gün^{-1}$, Sedir (*Cedrus libani*)için 0.0016 $gün^{-1}$ ve karışık meşcere (% 17 *P.nigra,* % 28 *C. libani,* %55 *Abies cili*cica) için de 0.0006 $gün^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Çalışma alanındaki iğne yapraklı ormanlarda toprak üstü ve toprak altı biyokütle oranları, IPCC tarafından verilen 0.2 değerine yakın, 0.18 olarak bulunmuştur. Net ekosistem verimliliği toplamı, 134.2 km²'lik çalışma alanı için, atmosferden alınan karbon miktarı, 98.4 ± 54.1 Gg CO_2 $yıl^{-1}$ olarak bulunmuştur.

Freitas ve ark. (2005), çalışmalarında, var olan vejetasyon yapısında bazı korelâsyonların olup olmadığını bulmak için, yağışlı ve kurak sezona ait 2 adet LANDSAT uydu görüntüsünü kullanarak, 3 farklı vejetasyon indisi geliştirmişlerdir.

NDVI'ın kuru ve yapraklı meşcerelerde en iyi sonucu verdiği gözlemlenirken, nem indislerinin ise sık ve nemli yapılı meşcerelerde iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Lu ve ark. (2005), Brezilya'da yaptıkları çalışmada, LANDSAT uydu görüntüsü yansımalarına dayalı biyokütle tahmin modellerinin, kompleks meşcere yapısı ve kanopi gölgesi yüzünden kötü performans sergilediğine karar vermişlerdir.

Magnusson ve Fransson (2005), İsveç'te yaptıkları çalışmada meşceredeki yansıma değerlerinin ortalamasına bakarak, meşcere ağaç hacmi tahmininde bulunmuşlardır.

Rahman ve ark. (2005), Bangladeş'in güneydoğusunda, uydu görüntüsünden biyokütle tahminindeki varyasyonları açıklamaktaki yeteneğini yükseltmek için regresyondaki değişkenleri göstermişlerdir. Çalışmada vejetasyon tiplerinin tanımlanmasında eğitimli sınıflamanın doğruluğu, % 86 olarak hesaplanmıştır. Yansıma transformasyonu da yansıma ve biyokütle arasındaki korelasyonu düzeltmemiştir. Yansıma bantları ve biyokütle arasındaki basit doğrusal regresyon, düşük R^2 değeri göstermiştir.

Yan ve ark. (2005), çalışmalarında, bölgesel ölçekte yarı kurak meraların NBÜ değerini tahmin eden, PEM'i geliştirmeyi amaçlamışlardır. Model, gün ışığı şiddeti ve APAR parametreleri ile çalışmaktadır. Sıcaklık, bitki su kaybı, solunum ve gün ışığı şiddetinin yararlı bir şekilde kullanımını düşürmektedir. YAI, fPAR, toprak suyu ve biyokütle gibi model açısından anahtar parametreler, modeli geliştirmek için üretilmiştir. Çalışmanın birinci kısmında, model parametreleri geliştirilmiş, ikinci kısmında ise, Çin-Moğolistan'daki yarı kurak alanlarda aylık süreçler ile NBÜ tahmininde bulunulmuştur.

Bettinger ve Hayashi (2006), dünya genelinde orta çözünürlü uydu görüntüleri kullanılarak yapılmış toprak üstü biyokütle tahmin çalışmaları hakkında literatür taraması yapmışlardır.

Feng ve ark. (2006), çalışmalarında 1 km çözünürlü uzaktan algılama görüntülerine dayalı süreç temelli bir model kullanarak, NBÜ tahmininde bulunmuşlardır. Bu amaçla, öncelikle, ülke çapında YAI, alan örtüsü, meteorolojik veriler, vejetasyon ve toprak gibi verilerden oluşan bir veri seti oluşturmuşlardır. Bu veri seti ve karbon-su ikilisi modeli diye de bilinen BEPS (Boreal Ecosystem Productivity Simulator)'i kullanılarak, Çin'de karasal ekosisteme ait NBÜ değerleri ile brüt birincil üretim ve ototrofik solunumu da tahmin etmişlerdir.

Hayashi (2006), Georgia-ABD'deki küçük bir alanda, toprak üstü biyokütle tahmini için kullandığı modelde, LANDSAT uydu görüntüsünün biyokütle tahmini için uygunluğunu araştırmıştır. Modelin yöntemi piksel bazında olup, geri adım regresyon analizi (R^2=0.70) ile doğruluğu desteklenmiştir. Alana ait yaz mevsiminde alınmış uydu görüntüsü kullanılarak, orman varlığı, sert ve yumuşak odunlu olmak

üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Çalışmada az sayıdaki deneme parseli ile yüksek doğrulukta biyokütle tahmini yapmaya çalışılmıştır.

Ito ve Sasai (2006), farklı iklim veri setlerinde, karasal karbon döngüsü simülasyonlarının nasıl tepki gösterdiğini araştırmışlardır. 1982-2001 periyodunda, meteorolojik, ekolojik ve bio-jeokimyasal çalışmalara ve 2 farklı modele (BEAMS ve Sim-CYCLE) altlık veri oluşturacak, 3 farklı iklim veri setine (NCEP/NCAR, NCEP/DOE AMIP-II ve ERA 40) dayalı sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kullanılan modeller, fotosentetik ve fenolojik süreçlerin parametreleri açısından farklılıklar içerirken, iklim (solar radyasyon, sıcaklık ve yağış), vejetasyon, toprak ve topoğrafya gibi verileri aynıdır. 3 farklı iklim seti farklı klimatik ortamlar yaratarak modelin sonuçlarını direkt etkilemiştir. Küresel net birincil üretim simülasyonları, farklı iklim veri setlerinde, % 16-43 arasındaki doğruluk oranlarında değişmektedir.

Jhingou ve ark. (2006), Çin-Kuzey Hebei Eyaleti sınırları içinde yer alan Bashang Platosu ve Havzası ile Yanshan Dağı olmak üzere 3 farklı alanda NBÜ tahmini için CASA Modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, uzaktan algılama verisi olarak MODIS verisi seçilmiş ve vejetasyonlara ait $fPAR$'ın alansal dağılımı ve gün ışığı etkisi analiz edilmiştir. Sonuçta çalışma alanındaki toplam NBÜ, 2001 yılında, $25,1877 \times 10^6$ g C/(m² a) olarak bulunmuş ve 337.516 g C/(m² a) ortalamaya sahip NBÜ değerlerinin 2 ile 608 g C/(m² a) arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bulunan NBÜ değerlerinin, yıl içerisindeki dağılımda, Mayıs ile Eylül ayları arasında yükselirken, Haziran sonu-Ağustos arasında en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Berberoğlu ve ark. (2007a), çalışmalarında iklim değişikliğinin etkisi altındaki Seyhan Havzası'nın orman verimliliğini Envisat MERIS (300 m) verileri kullanarak modellemeyi amaçlamışlardır. Verimliliğin belirlenebilmesi için, NASA-CASA Modeli yaklaşımı kullanılmıştır. Karasal net birincil üretimdeki yıllık döngüler ve değişimler havza bazında ortaya konmuştur. Yıllık karasal NBÜ hesaplanması, ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış ve solar radyasyon değerlerine dayandırılmıştır. Bununla birlikte, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin arazi örtüsü ve toprak tekstür haritaları ve NDVI girdileri modelin oluşturulması için kullanılmıştır. Sonuç verileri olarak mevcut durum ve 2070 yılı için tahmin edilen aylık NBÜ

haritaları elde edilmiştir. Bu haritalarda, bölgesel orman verimliliğinin yakın gelecekte özellikle yaz aylarında azalacağı görülmektedir.

Chirici ve ark. (2007), çalışmalarında, İtalya'da orman NBÜ'sünü büyük ölçekli alanlara uygulamak için Monteith Parametrik–C Fix Modeli'ni kullanmışlardır. Model, bitki kanopisi tarafından absorbe edilen PAR ile biyokütle arasındaki ilişkiye dayalı, parametrik bir modeldir ve ormanların ortalama üretim seviyesini belirlemek için uygundur.

Michealsen ve ark. (1994), çalışmalarında, regresyon ağacı modeli kullanarak, ağaçsız alanlardaki çim türlerinin ekolojik sınıflamasını elde etmişlerdir. Çalışmada ekolojik sınıflama, sayısal arazi modeli, arazi örtüsü ve alan kullanım haritası ile tek tarihli ve çok zamanlı uydu verilerinden elde edilmiş metriklerin kullanılmasıyla üretilmiştir.

Huang ve Homer (2001), çalışmada, farklı peyzaj ve ekolojik yapı gösteren Amerika Birleşik Devletleri'nin Utah, Virginia ve Oregon eyaletlerinde ağaç kapalılık yüzdesini saptamıştır. Bu amaçla, 30 m çözünürlü LANDSAT 7 ETM+ görüntüsü ve yüksek çözünürlü (1m) DOQ (Digital Orthophoto Quadrangle) verilerini kullanmışlardır. Çalışmada uygulanan yöntem 3 adımdan oluşmuştur; (i) yüksek çözünürlü görüntülerden referans veri oluşturmak, (ii) referans verisini kullanarak kanopi sıklığı model kalibrasyonunu yapmak ve (iii) 30 m çözünürlü görüntüleri kullanan modelleri yorumlamak. Sınıflamada karar ağacı yöntemi kullanılmıştır. Karar ağacı yöntemi, kategorik veri sağlar ve parametrik olmayan sınıflama yöntemleri gibi sınıfların istatistiksel dağılımı tarafından sınırlandırılmamıştır (Hansen ve ark., 1996; Friedl ve Brodley, 1997).

Tunay ve Ateşoğlu (2002), Bartın-Yenihan Orman İşletme Şefliği sınırları içindeki orman alanlarında, meşcere kapalılık yüzdelerinin belirlenmesi amacı ile bir test alanı seçmişlerdir. Çalışmada, 12/07/2000 tarihli LANDSAT 5 TM uydu görüntüsü kullanılmış ve meşcere kapalılık yüzdeleri arasındaki ilişkinin belirlenmesinde, TM 5/4, TM 3/4, TM 5/2 ve TM 3/7 bantlarının birbirine oranı ile oluşturulan görüntülerden yararlanılmıştır. Her bir görüntü değişkenine ait üç ayrı kapalılık derecesindeki tayfsal değerleri arasında istatistiki anlamda farklılık olup olmadığının belirlenmesi amacıyla varyans analizi yapılmışlardır. Yapılan varyans

analizi sonuçlarına göre, kapalılık yüzdelerini belirleyen yansıma değerleri arasında anlamlı bir farkın bulunduğu tespit edilmiş ve bu görüntüler üzerinde sınıflandırma yapılarak test alanı için meşcere kapalılık haritası oluşturulmuştur.

Hansen ve ark. (2002b), çalışmalarında, ağaç (iğne yapraklı, geniş yapraklı, herdemyeşil, yaprak döken), otsu bitki ve açık alan gibi genel bitki özelliklerini içeren ağaç kapalılık yüzdesi haritası oluşturmuşlardır. 500 m çözünürlü MODIS görüntüleri ile ağaç kapalılığının tüm kısımlarında sürekli eğitim verisi kullanma yöntemine dayalı, yeni bir yaklaşım olan regresyon ağacı yöntemini kullanmışlardır. Yüksek çözünürlüden kaba çözünürlüğe kadar sürekli eğitim veri seti toplanmış ve tüm yılı içeren kaba çözünürlü uydu görüntülerine dayalı çok zamanlı metrikler kullanılmıştır.

Hansen ve DeFries (2004), çalışmalarında kaba çözünürlü AVHRR uydu görüntülerini kullanarak, küresel ölçekte, 1982-1999 yılları arasında orman örtüsünde meydana gelen değişimleri hesaplamışlardır. Çalışmada, ağaç kapalılığının belirli bir zaman serisi içerisinde hesaplanabilmesi için regresyon ağacı yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO-Food and Agriculture Organisation)'nun raporlarının tam tersine, küresel orman kapalılık yüzdesinde azalma olduğu ortaya konulmuştur. Özellikle, Latin Amerika ülkeleri ve Asya'nın tropik bölgelerinde ormansızlaşma hızının giderek arttığı tahmin edilmiştir.

Berberoğlu ve Dönmez. (2007b), çalışmalarında, 300 m çözünürlü 19 Ağustos 2003 tarihli Envisat MERIS verisini kullanarak, regresyon ağacı yöntemi ile Seyhan Havzası ormanlarında ağaç kapalılık yüzdesini haritalamışlardır. Çalışmada ağaç kapalılığının tahmini için regresyon ağacı yöntemi kullanılmıştır. Envisat MERIS görüntüsünden üretilen metrikler (NDVI, Karasal Klorofil İndeksi, $fPAR$, YAI), çalışmada kullanılan modelin doğruluğunu artırmak için kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan regresyon ağacı yönteminin sonuç verisi olarak, ağaç kapalılık yüzdesi 0 ile 100 arasında değişmektedir. Havzanın kuzey kesimlerinde kapalılık değerlerinin % 0-30 aralığında olduğu gözlemlenirken, güney kesimlerde kapalılık % 100'e ulaştığı görülmüştür. Ağaç kapalılığının tahmini için model içerisinde tüm veriler kullanıldığında, korelasyon katsayısı 0.67 iken, geri-adım doğrusal regresyon

kullanılarak seçilen yararlı değişkenler kullanıldığında sonuç verisinin korelasyon katsayısı, 0.76 olmuştur.

Tottrup ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada, regresyon ağacı modelini kullanarak, Güney Asya'daki yüksek alanlar, olgun orman, ikincil orman ve ağaç bulunmayan alanlar olarak sınıflanmıştır. Çoklu zamansal MODIS (250 m) verileri açıklayıcı değişken, arazi örtüsü haritası ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Sonuç haritalarındaki standart sapma, olgun orman haritası için % 14.6, ikincil orman için % 21.6 ve ağaç bulunmayan alanlar için % 17.1 bulunmuştur.

Schwarz ve Zimmermann (2007), yaptıkları çalışma ile GLM (Generalized Linear Model)'i kullanarak, Avrupa Alp'lerindeki kompleks topografyada, ağaç kapalılığını en iyi şekilde kullanmak için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Model kalibrasyonu için MODIS görüntüsü kullanılmıştır. Modelin doğruluğunu test etmek için regresyon ağacı modeli kullanılmıştır. GLM Model sonuçları, yüksek doğruluk (% 91) ve düşük eğimli (-1.2) çıkmıştır. Sonuç görüntüsü, 1 km çözünürlü TERRA-MODIS görüntüsü ve 3 km çözünürlü NOAA-AVHRR görüntü setleri ile karşılaştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çalışma Alanının Konumu

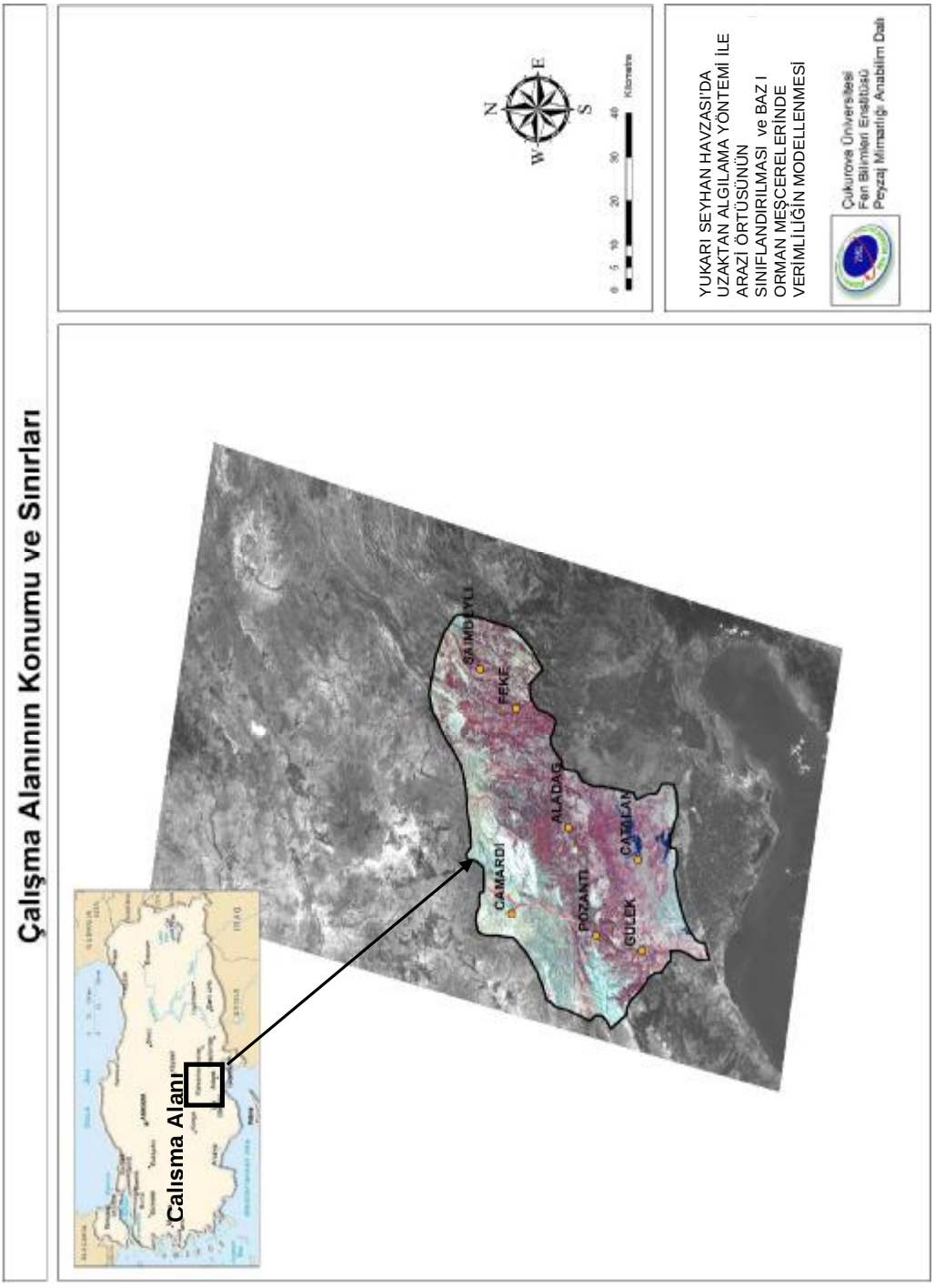
Doğu Akdeniz Bölgesi'nde 560 km uzunluğundaki Seyhan Nehri ile Göksu ve Zamantı Nehirleri kollarının su toplama havzalarını da içine alan Seyhan Havzası'nın Seyhan Barajı'na kadar olan kısmı Yukarı Seyhan Havzası, Baraj mansabı ile Tarsus ve Yüreğir Ovalarını kapsayan kısmı da Aşağı Seyhan Havzası olarak tanımlanmaktadır.

Net birincil üretim modelleme çalışmalarının yürütüldüğü çalışma alanı, Adana İli'nin kuzeyinde Yukarı Seyhan Havzası içinde, UTM koordinat sistemine göre, 36. zonda yer almaktadır (Şekil 3.1). 12 260 km^2'lik bir alana sahip çalışma alanı havza dahilindeki orman alanlarını kapsamaktadır. Alanın kuzeydoğusunda Saimbeyli ve Feke İlçeleri, kuzeybatısında Pozantı ilçesi, güneyinde Seyhan ve Çatalan baraj gölleri yer almaktadır.

3.1.2. Yersel ve Uzaktan Algılama Verilerinin Genel Özellikleri

Vejetasyon örtüsü, bünyesinde karbon depolaması açısından, biyokütle ve net birincil üretim çalışmalarının odağında yer almaktadır. Çalışmalarda vejetasyona ait zamansal ve alansal dinamiklerin kesin bilgilerini içeren yersel veri setini oluşturmak modelleme için gereken girdiler açısından çok önemlidir.

Çalışma kapsamında Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), karışık meşcere (% 17 Karaçam (*Pinus nigra*), % 28 Sedir (*Cedrus libani),* %55 Göknar (*Abies cilicica*)), Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşcerelerinde ağaç kapalılık yüzdesi haritaları oluşturulmuş ve meşcere bazında verimlilik modellemesi yapılarak NBÜ tahmininde bulunulmuştur. Bu amaçla yersel ve uzaktan algılama verilerini kapsayan geniş bir veri seti oluşturulmuştur.



Şekil 3.1.Çalışma Alanının Konumu ve Sınırları (17 Ağustos 2003 LANDSAT ETM+)

Uzaktan algılanmış veri kullanılarak yapılan toprak üstü biyokütle tahmin çalışmalarının büyük çoğunluğu, orta çözünürlü uydu görüntüleri kullanılarak yapılmaktadır.

Çalışma alanına ait uzaktan algılama verilerini, 12 Aralık 2002, 5 Mayıs 2003, 30 Haziran 2003, 17 Ağustos 2003 ve 4 Ekim 2003 tarihlerinde alınmış 5 adet 30 m çözünürlü LANDSAT ETM+ görüntüleri ile alanda orman örtüsünün yoğun olarak bulunduğu alanlardan seçilmiş 3 adet 4 m çözünürlü IKONOS görüntüleri oluşturmaktadır.

3.1.2.1. Yersel Veriler

Verimlilik modelleme çalışmalarında kullanılan yersel veri setini, Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) ve karışık meşcereden (% 17 Karaçam (*Pinus nigra*), % 28 Sedir (*Cedrus libani),* %55 Göknar (*Abies cilicica*)) oluşturmaktadır. Bu meşcerelerde, ağaç boyu, yaşı gövde çapı, kapalılık yüzdesi, bitki sıklığı ve ağaç döküntüleri gibi değişkenlere ait ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 5 farklı meşcereyi temsil eden örnek parseller tespit edilmiştir. Alanlardan Kızılçam örnek parseli, Aladağ POS Orman İşletme Deposu içinde, diğer dört örnek parsel ise Aladağ-Katran Çukuru Mevkii'nde yer almaktadır (Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6).

Örnek parseller seçilirken, antropojenik etkilerin en az düzeyde olmasına ve temsil ettikleri meşcereler bakımından yüksek kapalılık yüzdesine sahip olmalarına dikkat edilmiştir.

Ancak örnek parseller bu özelliklerinin yanı sıra, bulundukları çevrenin zor iklim koşullarının ve keçi zararlısının olumsuzluklarına maruz kalmaktadır. Bu nedenler, yapılan arazi çalışmalarını ve veri alımını zorlaştırmıştır.



Şekil 3.2. Katran Çukuru Mevkii'nden Bir Görünüş



Şekil 3.3. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşcere Parseli Genel Görünüşü



Şekil 3.4. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresi Parseli Genel Görünüşü



Şekil 3.5. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresi Genel Görünüşü



Şekil 3.6. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresi Genel Görünüşü



Şekil 3.7. Karışık Meşcere Parseli Genel Görünüşü

3.1.2.2. Uzaktan Algılanmış Veriler

3.1.2.2.(1). LANDSAT ETM+ Uydu Görüntüleri

1972 yılından bu yana hizmet veren LANDSAT uyduları geniş arşiv olanağına sahip olması ve çok bantlı görüntü alabilme özelliği nedeni ile birçok uzaktan algılama çalışmasında kullanılmaktadır. İlk LANDSAT uydusunun 1972 yılında uzaya gönderilmesinden sonra, 5 adet LANDSAT uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. LANDSAT 7 uydusu diğer uydulardan farklı olarak, ETM+ tarayıcı taşımaktadır. Bu tarayıcı önceki LANDSAT uydularında bulunan uydularında bulunan Tematik Haritalayıcı (TM) tarafından elde edilen Standart 7 banda ek olarak, 15 m çözünüre sahip pankromatik (0.50-0.90 µm) veri alma kapasitesine sahiptir. Tarayıcı üzerindeki termal algılayıcılar ise, 60 m yer çözünüründe veri elde edebilmektedir. LANDSAT 7 ETM+ uydusu, güneşle uyumlu yakın kutupsal yörüngeye yerleştirilmiştir. Uydu, deniz seviyesinden 705 km yüksekliktedir ve tarama genişliği, 185 km'dir. Görüntü boyutu, 185x172 km'dir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. LANDSAT 7 ETM+ Uydusunun Algılayıcı Özellikleri (Anonymous, 2006).

Elekromanyetik Alan	Bant Genişliği (µm)	Yersel Çözünür	Radyometrik Çözünür
Görünür Mavi	1. bant (0.45 – 0.52)	30m	8bit
Görünür Yeşil	2. bant (0.52 – 0.60)		
Görünür Kırmızı	3. bant (0.63 – 0.69)		
Yakın Kızıl Ötesi	4. bant (0.76 – 0.90)		
Orta Kızıl Ötesi	5. bant (1.55 – 1.75)		
Termal	6. bant (10.4 – 12.5)	60m	
Orta Kızıl Ötesi	7. bant (2.08 – 2.35)	30m	
Pankromatik	(0.52 – 0.90)	15m	

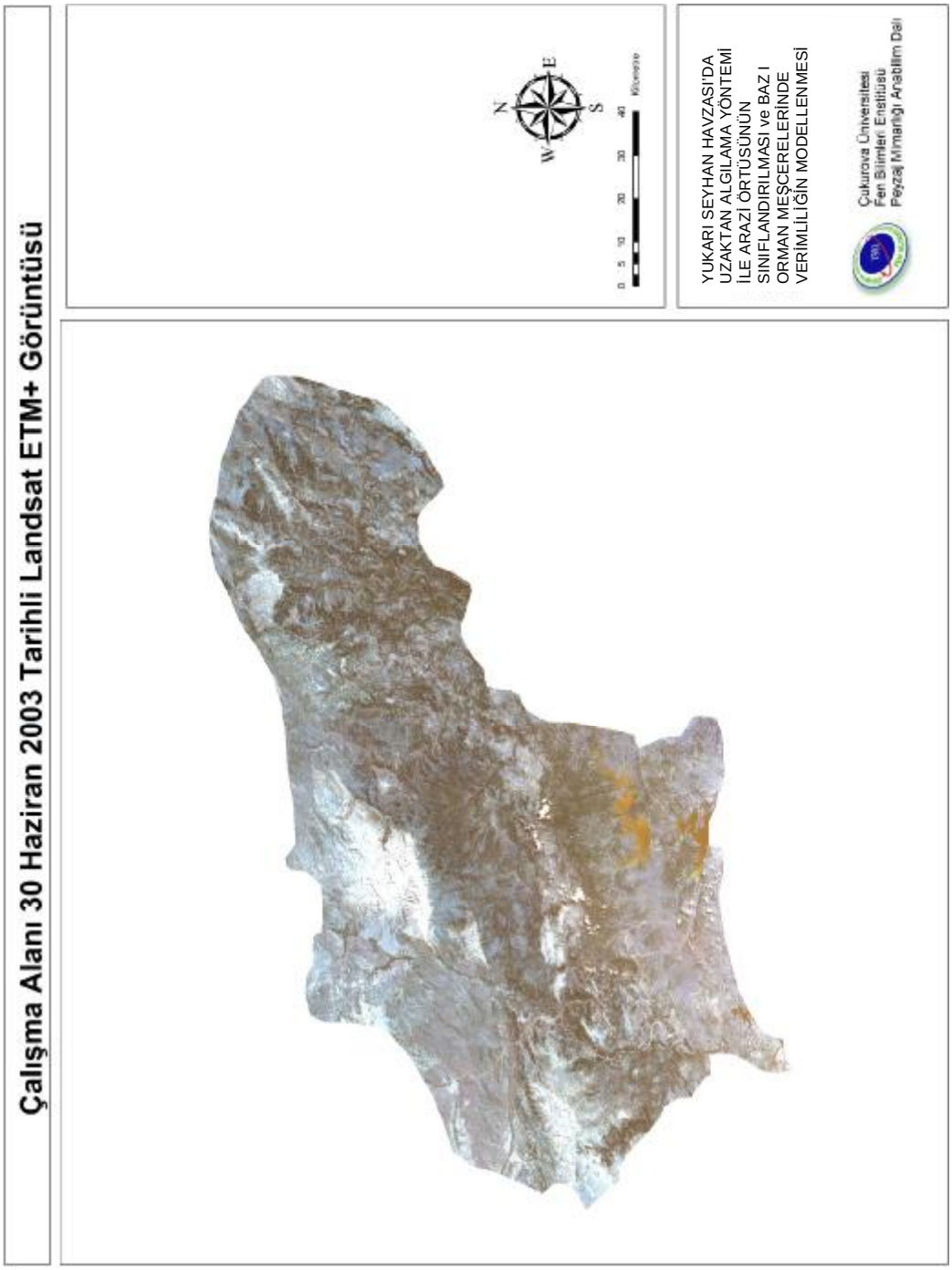
Çalışma kapsamı içinde arazi örtüsü sınıflama ve ağaç kapalılık yüzdesi tahmin çalışmalarında, 12 Aralık 2002, 5 Mayıs 2003, 30 Haziran 2003, 17 Ağustos 2003 ve 4 Ekim 2003 tarihlerinde alınmış, Seyhan Havzası'na ait LANDSAT ETM+ görüntüleri kullanılmıştır (Şekil 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12).



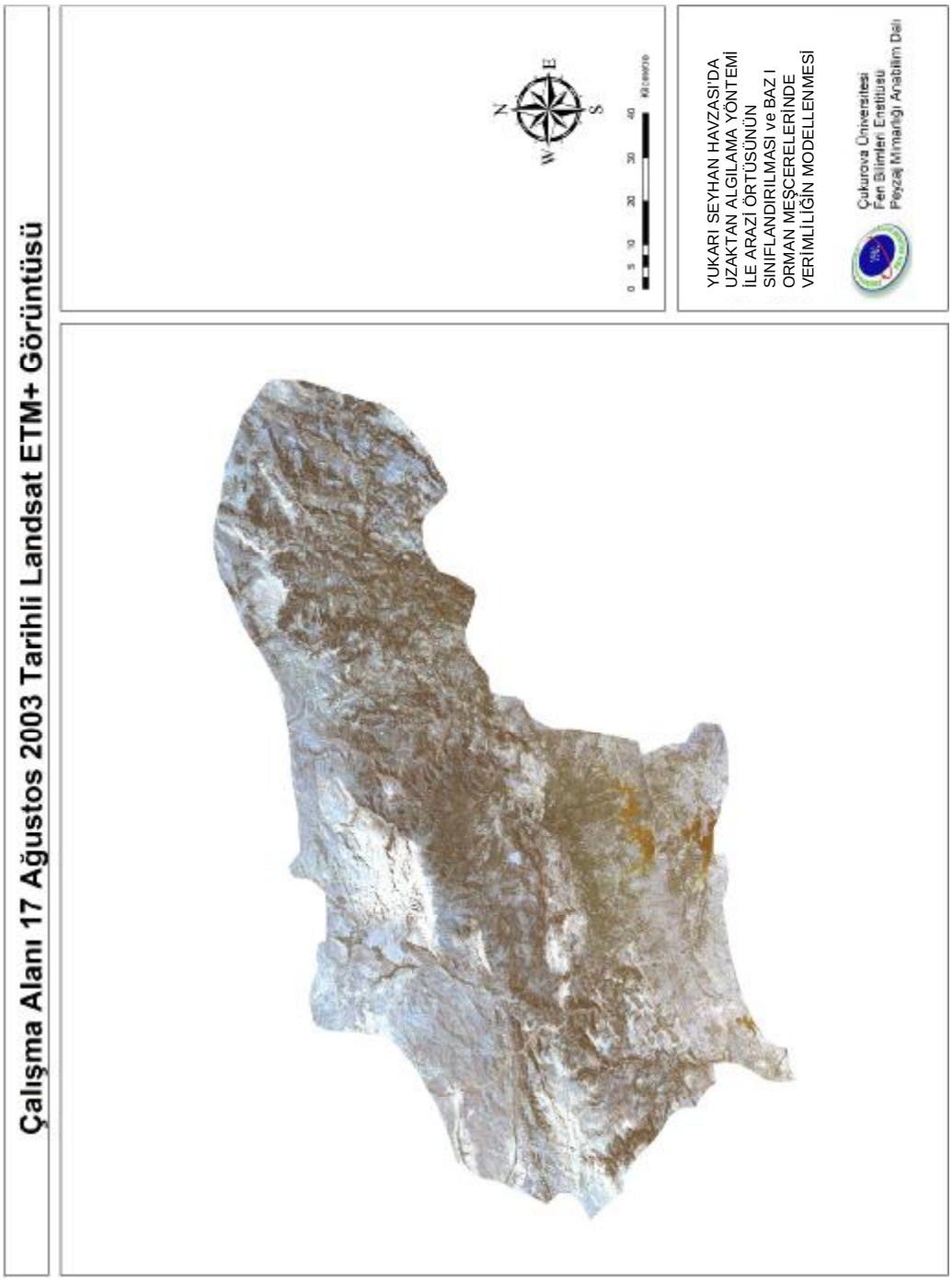
Şekil 3.8. 12 Aralık 2002 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü



Şekil 3.9. 5 Mayıs 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü



Şekil 3.10. 30 Haziran 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü



Şekil 3.11. 17 Ağustos 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü



Şekil 3.12. 4 Ekim 2003 Tarihli LANDSAT ETM+ Görüntüsü

3.1.2.2.(2). IKONOS Uydu Görüntüleri

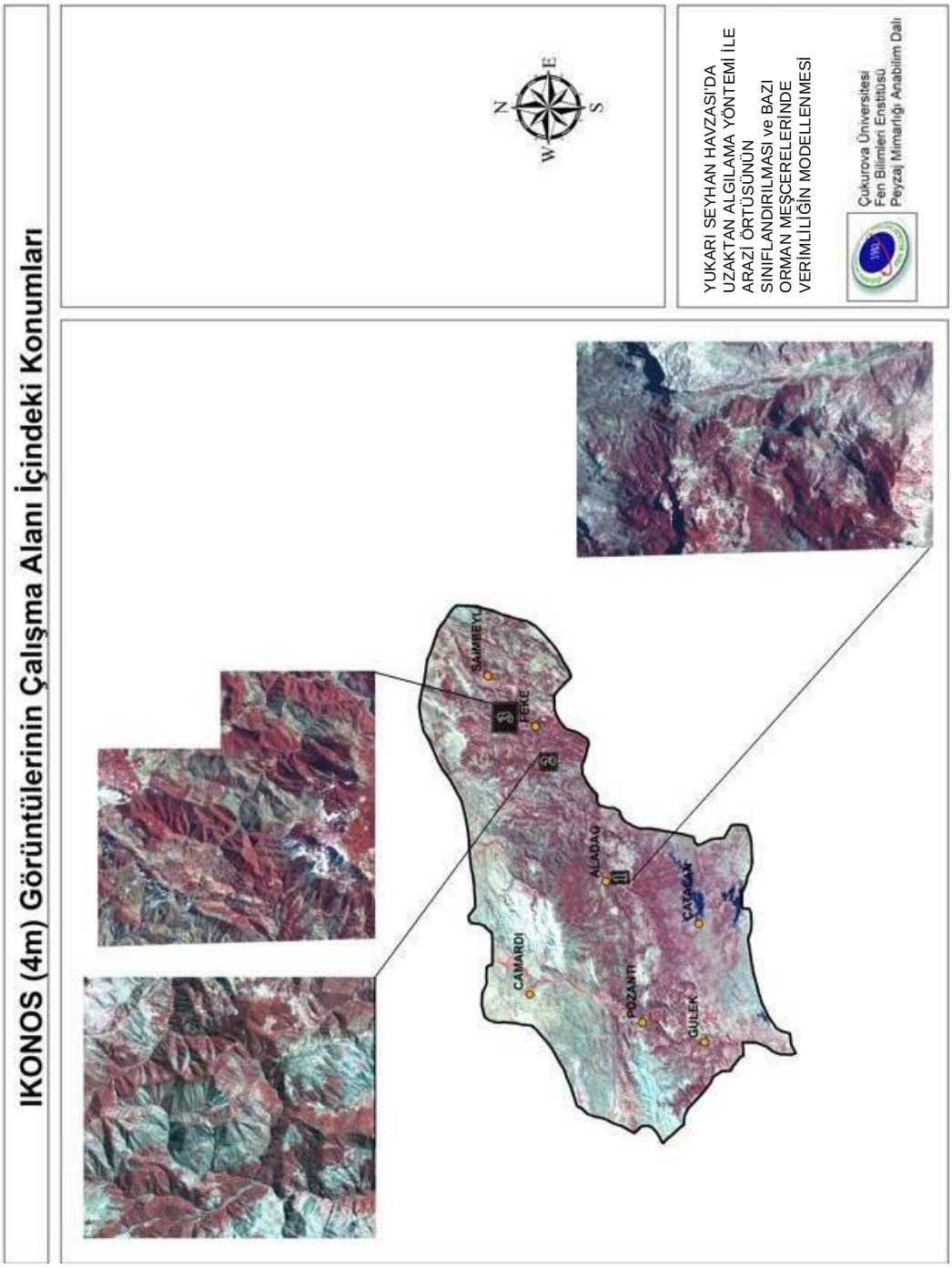
IKONOS uydusu, 24 Eylül 1999 yılında, Kaliforniya Vanderberg Hava Üssü'nden Space Imaging şirketi tarafından uzaya fırlatılmıştır. IKONOS gibi yüksek yer çözünürüne sahip, çok bantlı, renkli, pankromatik (siyah-beyaz), üç boyutlu (stereo) özelliklere sahip uydu görüntülerinin yer kontrol noktalarıyla birlikte kullanımı, kesin yer tayini ve haritalama çalışmaları için kusursuz bir kaynak oluşturmaktadırlar (Anonymous, 2007e).

IKONOS uydusu 82 cm çözünürlü pankromatik (siyah-beyaz) ve 4 m çözünürlü çok bantlı görüntü kaydı yapmaktadır. Uydunun deniz seviyesinden yüksekliği 681 km ve yörünge açısı 98.1°'dir (Anonymous, 2007e) (Çizelge 3.2). IKONOS uydusu 681 km irtifada 26 000 km/saat hızla ilerleyerek dünyayı 98 dakikada bir, güneş eş zamanlı bir yörüngede dönmekte ve dünyanın çevresini günde 14 defa dolaşmaktadır. IKONOS uydusu iz düşümü boyunca 700 km eninde bir şerit içinde 82 cm çözünürlü görüntü alabilmektedir. Alınan asgari görüntü 100 km alanında olup bir geçişte 10 000 km² ye kadar görüntü toplanabilmektedir (Anonymous, 2007f).

Çizelge 3.2. IKONOS Uydusunun Algılayıcı Özellikleri (Anonymous, 2007e).

Elekromanyetik (EM) Alan	Bant Genişliği	Yersel Çözünür	Radyometrik Çözünür	Tarama Genişliği
Görünür Mavi	1. bant (0.45 – 0.53)	4 m	11bit	11 km
Görünür Yeşil	2. bant (0.53 – 0.61)			
Görünür Kırmızı	3. bant (0.64 – 0.72)			
Yakın kızılötesi	4. bant (0.77 – 0.88)			
PAN	1. bant (0.45 – 0.90)	1 m		

Çalışma alanı içerisindeki 3 farklı orman alanına ait Mayıs 2002 tarihli 4 m çözünürlü IKONOS görüntüleri, ağaç kapalılık yüzdesi haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. IKONOS Görüntülerinin (Mayıs 2002) Çalışma Alanı İçindeki Konumları

3.1.2.2.(3). Orman Meşcere Haritaları

Orman meşcere haritaları, Orman Genel Müdürlüğü'nün 1/25000 ölçekte hazırladığı ve ormanlık alanlardaki ağaç türleri, ziraat alanları, çıplak toprak alanları, meraları, yerleşim alanlarını ve su yüzeylerini gösteren haritalardır. Bu haritalar, çeşitli rumuzlarla arazi örtüsünü tanımlar. Ayrıca meşcere tipleri hakkında detaylı bilgi verir. Bu haritalar sayesinde, özellikle, meşcerenin kapalılığı ve yaş (çap) bilgileri ile ilgili genel bilgi sahibi olmak mümkündür (Şekil 3.14).

Meşcere haritalarında meşcere tipi adlandırılırken:

A- Meşcereler önce ağaç türlerine göre ayrılarak sembolleştirilir.

Kızılçam (Çz), Karaçam (Çk), Sedir (S), Göknar (G), Ardıç (Ar), Duglaz (D), Kayın (K), Meşe (M),

B- Ağaç türü sembolü ya da sembollerinden sonra meşcerenin gelişim çağı**,** 0, a, b, c veya d harfleri ile gösterilir.

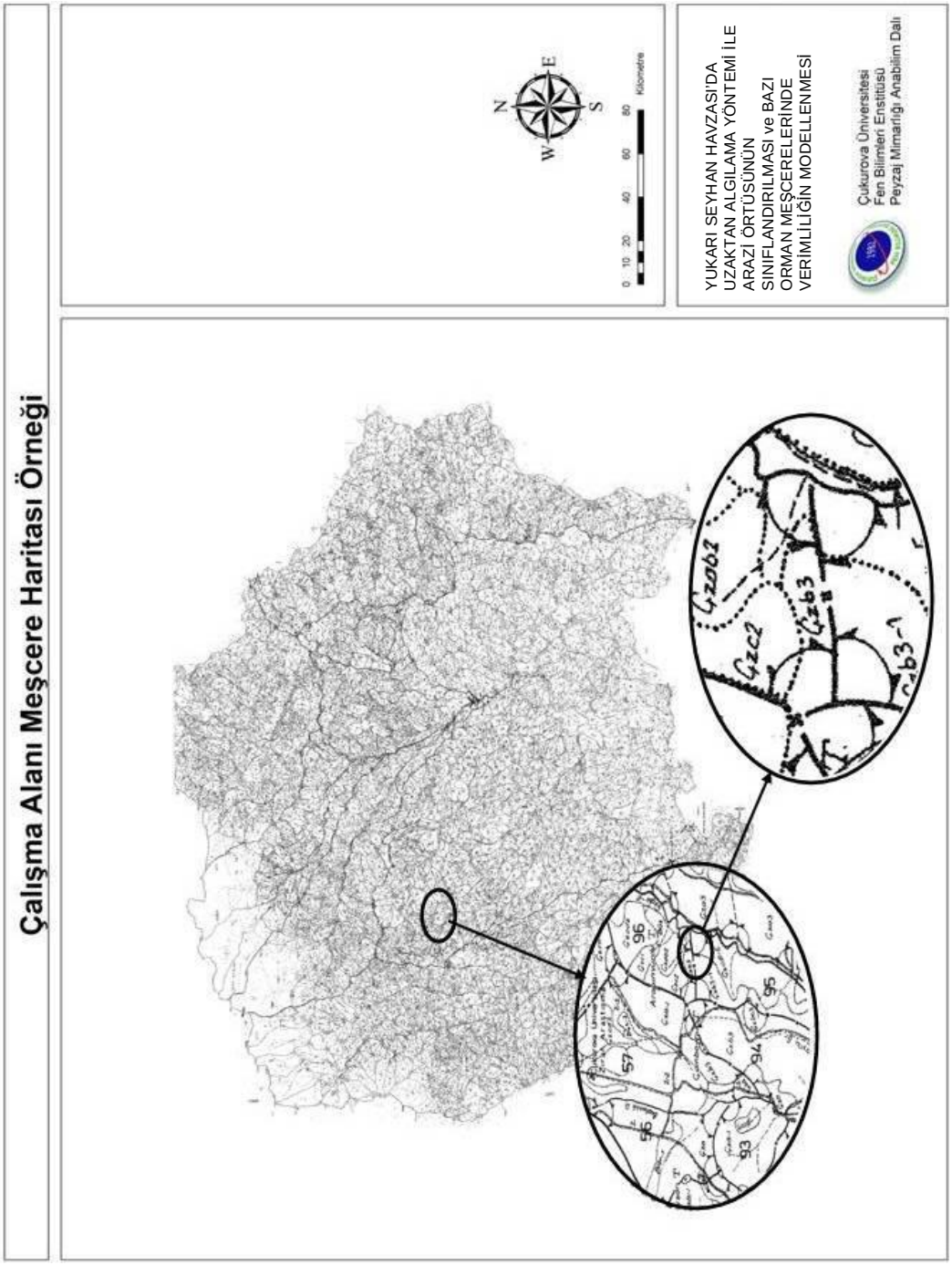
C- Meşcereler kapalılıklarına göre tiplere ayrılır ve rumuzlandırılır. Örneğin;

ÇzÇkcd3: Tam kapalı (% 71-100), ağaçların çoğunluğu ince ağaçlık, bir kısmı da ağaçlık ve kalın ağaçlık çağında Kızılçam- Karaçam karışık koru ormanıdır

D- Plan ünitesindeki ormansız alanlarda belirlenen arazi tipleri aşağıdaki sembollerle tanımlanır.

Ağaçsız orman toprağı (OT), erozyonlu saha (E), orman fidanlığı (F), kayalık-taşlık (T), kum (Ku), bataklık, sazlık (Ba), sulak alanlar (göl, bent, baraj, nehir) (Su), mer'a, otlak, yayla, çayır, bozkır (Me), iskan sahası, mezarlık (İs), orman deposu ve istif yeri (Dp), tarım arazisi (Z) (Anonymous, 2007g).

Çalışma kapsamında arazi örtüsü haritasındaki arazi örtüsü sınıflarının oluşturulmasında kullanılan orman meşcere haritaları (POS, Feke, Karaisalı, Kadirli, Kozan), Adana Orman Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Meşcere haritaları, arazi sınıfları haritası oluşturulurken Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*), Meşe (*Quercus spp*.), Kayın (*Fagus orientalis*) ve otluk-taşlık alanların sınırlarını belirlemede yer gerçeği verisi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.14. Çalışma Alanı Orman Meşcere Haritası (Anonymous, 2000)

3.2. YÖNTEM

Literatür tarama, LANDSAT ETM+ ve IKONOS uydu görüntülerinin seçilmesi, çalışma alanının sınırlarının belirlenmesi gibi ön çalışmaların dışında, araştırmanın üç temel yöntemi bulunmaktadır:

(i) Arazi ve laboratuar çalışmaları ile yersel veri setinin oluşturulması,

(ii) Arazi örtüsü sınıflaması,

(iii) Alana ait mevsimsel karbon miktarı ve aylara göre net birincil üretim tahmini.

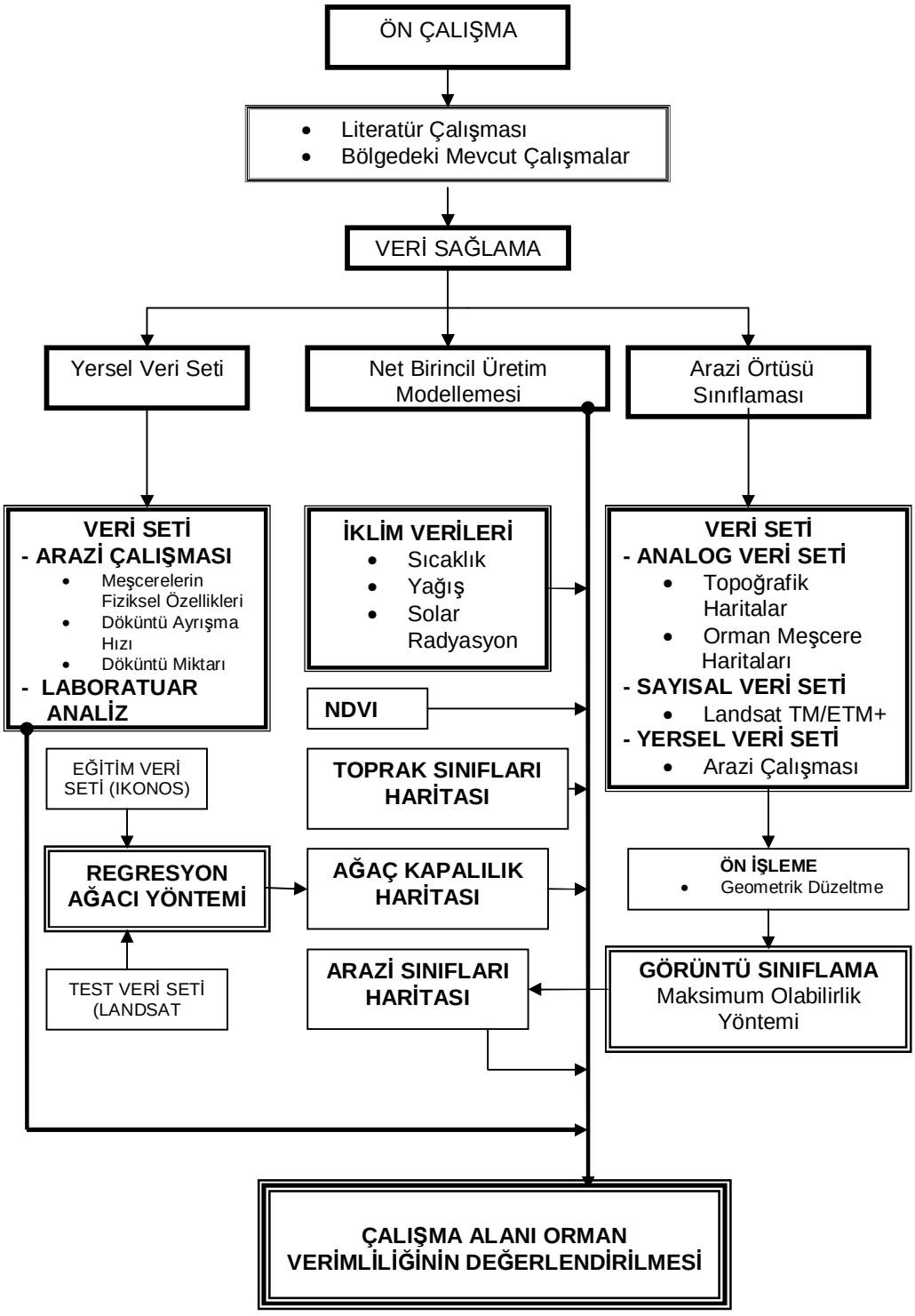
Bu üç yöntem sonucu üretilen veriler, CBS ortamında entegre edilerek, geniş bir vejetasyon çeşitliliğine sahip çalışma alanı için, CASA Modeli yaklaşımı ile orman meşcerelerindeki mevsimsel karbon miktarı ve net birincil üretim miktarları tahmin edilmiştir.

Çalışmaya ait akış diyagramı, Şekil 3.15'te verilmektedir.

3.2.1. Yersel Veri Setinin Hazırlanması

Ağaçların toprak üstü biyokütle hesabı için genellikle, tahribatlı ölçüm yöntemi (allometrik ilişki denklemleri) ve tahribatsız ölçüm yöntemi (biyokütle artım faktörleri) olmak üzere iki tip yöntem kullanılır. Çalışma alanımızda, tahribatsız ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Toprak üstü biyokütlesi, örnek parsellerde gerçekleştirilen ölçümlerden faydalanılarak hesaplanmıştır.

Meşcere verimliliğinin modellenmesi aşamasında gereken biyotik özellikleri içeren yersel veri setini oluşturmak için yapılan arazi çalışmaları, 20x20 m boyutlarında 400 m²'lik bir alandan oluşan örnek parsellerde yürütülmüştür. Örnek parseller içerisinde gövde çapı 8 cm den büyük ve her bir türe ait en az 10 birey bulunmaktadır.



Şekil 3.15. Çalışmaya Ait Akış Diyagramı

Veri seti oluşturulması için, ağaç yaşı, örtü oranı, bitki sıklığı, eğim, bakı, yükseklik değerleri ve alanlara ait GPS koordinatları alınmış, ağaç boyu, ağaç çapı, ağaç döküntüleri miktarı ve döküntü çürüme hızı ölçülmüştür.

Çap ölçümü, 130 cm göğüs yüksekliğinde (dbh), kumpas kullanılarak yapılmıştır. Boy ölçümü, boy ölçer cihazı ile yaş ölçümü ise, artım burgusu ile ağaçtan alınan gövde kesitinden yaş halkalarını sayarak yapılmıştır. Parseller ile ilgili genel bilgiler ve yapılan tüm ölçümler sistematik bir şekilde analiz kartlarına işlenmiştir.

3.2.1.1. Döküntü Miktarı Ölçümü

Döküntüler, aylık aralıklarla beş orman meşceresinin her birine yerleştirilen 50x50 cm ebatlarındaki tuzaklardan (0.25 m^2) toplanmıştır. Tuzaklar, paslanmaz tel kullanılarak hazırlanmış ve yerden 10 cm yukarıda hava sirkülasyonu olacak şekilde toprağa sabitlenmiştir (Şekil 3.16, 3.17). Döküntü tuzaklarının örnek parsellere 15 Ekim 2003 tarihinde, her meşcereye 6 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. 09.11.2003, 14.12.2003, 15.05.2004, 17.06.2004, 25.07.2004, 13.08.2004, 20.09.2004, 23.10.2004, 17.11.2004 ve 24.12.2004 tarihlerinde yapılan arazi çalışmaları ile tuzaklarda biriken döküntüler toplanmıştır. Ancak, iklim koşullarının elvermemesi nedeni ile yılın ilk dört ayı arazi çalışmaları gerçekleştirilememiştir.

Toplanan döküntü bileşenleri, yapraklardan, üreme yapılarından (örn., çiçek, kozalak ve tohum), küçük odunsu materyallerden (örn., kabuk, odun ve dallar < 2 cm çap) ve sınıflandırılamayan materyallerden (örn., 2 mm'lik elekten geçen herhangi bir materyal).

Analiz için, tartımdan önce, örnekler sabit bir kuru ağırlık elde edilinceye kadar, laboratuar ortamında, kese kağıtları içerisinde, 70 °C sıcaklıkta 48 saat süre ile fırınlanarak kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında hassas terazi kullanılarak, ayrıştırılan döküntülerin kuru madde ağırlıkları tespit edilmiştir. Karbon tayini, kuru madde ağırlığı üzerinden yapılmaktadır(Şekil 3.18, 3.19).



Şekil 3.16. Karışık Meşcere Parseli İçine Yerleştirilen Tuzak Örneği



Şekil 3.17. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresi İçine Yerleştirilen Tuzaklar



Şekil 3.18. Döküntülerin Fırınlarda Kurutulma İşleminden Bir Görüntü



Şekil 3.19. Döküntülerin Kuru Ağırlıklarının Tartım İşleminden Bir Görüntü

Arazide kaybolan örneklerin yerine, o dönem için miktarlar, bir önceki ve bir sonraki değerlerin ortalaması alınarak tahmin edilmiştir. Toprak üstü döküntülerin kuru madde (DW) ağırlığı, karbona dönüştürülürken, 0,45 C/DW katsayısı kullanılmıştır ve böylelikle döküntülerin içerdiği karbon miktarı tahmin edilmiştir (UN-ECE/FAO, 2000, Evrendilek ve ark., 2006b).

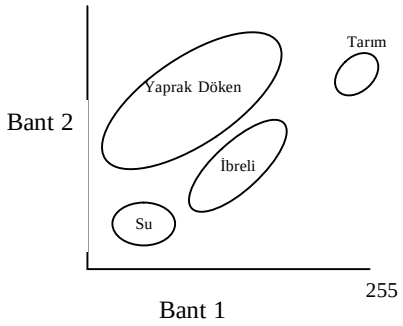
3.2.2. Arazi Örtüsü Sınıflaması

Yeryüzünün uzaktan algılanmış görüntü verileri ile sınıflandırılma sonucu oluşturulan tematik haritalar, tanımlanabilir yeryüzü özelliklerinin konumsal dağılımını gösterir. Bütün sınıflandırma işlemlerinde amaç, dijital görüntü verisini farklı yüzey materyallerini ve durumlarını birbirinden ayıran açıklayıcı etiketlere dönüştürmektir (Schowengerdt, 1997).

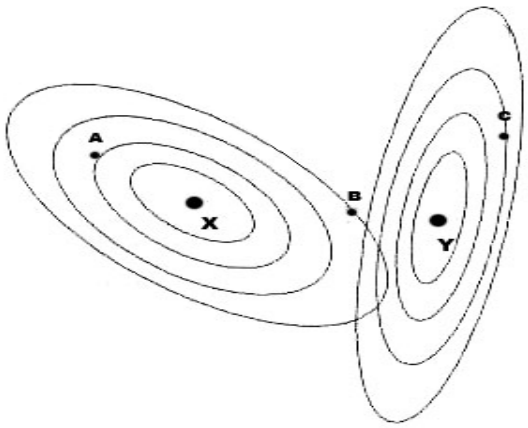
Arazi örtüsünün belirlemesi ve haritalaması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Çeşitli arazi sınıflama teknikleri ile sınıflandırma işleminde başlıca iki yaklaşım vardır; (i) kontrollü sınıflandırma ve (ii) kontrolsüz sınıflandırma. Kontrollü sınıflandırmada, kategorileri temsil eden görüntü pikselleri toplanır ve ayırt edici karar fonksiyonları bu eğitim örneklerinden hesaplanır. Kontrolsüz sınıflandırmada ise, kategorileri temsil eden örnekler bilinmeksizin yansıma özellikleri olarak ayrılabilen kümeler oluşturulur.

Maksimum Olabilirlik (MO) Yöntemi, Bayesian Olasılık Teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir kontrollü sınıflama yöntemidir. Bu yöntemde, piksellerin varyans-kovaryans ve ortalama değerleri, sınıfların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Eastman, 2001). Yöntemle bandlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır (Şekil 3.20).

MO Yöntemi'nde, her sınıfa ait olan istatistiksel değerler sınıflar arasındaki sınırları belirler. Buna göre, her bir piksel, parlaklık değerine göre, kendisine en yakın istatistiklere sahip sınıfa atanır (Campell, 1996) (Şekil 3.21).



Şekil 3.20. Maksimum Olabilirlik Yöntemi'nde Yansıma Karakteristiklerine Göre Sınıfların Dağılımına Bir Örnek.



Şekil 3.21. X ve Y Ortalamalarına Piksellerin Uzaklığı.

Çalışmada, LANDSAT ETM+ görüntülerine uygun koordinatların girilmesi ile geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. LANDSAT ETM+ verilerinin geometrik düzeltmeleri, veri setindeki 17 Ağustos 2003 tarihli LANDSAT ETM+ verisine göre yapılmış ve projeksiyonları UTM koordinat sistemine göre (WGS 84, 36. Zon) kaydedilmiştir. Daha sonra, LANDSAT ETM+ görüntüleri kontrollü olarak, Maksimum Olabilirlik algoritmasıyla 18 farklı arazi sınıfına ayrılmıştır. Sınıflamada, LANDSAT ETM+ görüntüsünün yanı sıra, Devlet Su İşleri Müdürlüğü arazi örtüsü kayıtları, orman meşcere haritaları ve çalışma alanından toplanmış yersel verilerden

faydalanılmıştır. Alanda çok özel yayılım göstermiş olan saf kayın (*Fagus orientalis*), saf-bozuk meşe (*Quercus spp.*) ve saf-bozuk Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*) meşcerelerinin yayılım alanları, orman meşcere haritaları kullanılarak saptanmıştır.

Bu arazi sınıfları, Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*), Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) karışık meşceresi, Kızılçam-Ardıç (*Pinus nigra-Juniperus excelsa*) karışık meşceresi, Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) karışık meşceresi, Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) karışık meşceresi, Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*), Kayın (*Fagus orientalis*), Meşe (*Quercus spp.*) meşcereleri ile kuru tarım alanları, sulu tarım alanları, açık alanlar, kayalık (kireçtaşı) alanlar, otluk-taşlık alanlar, yerleşimler ve su yüzeyleri şeklinde sıralanmaktadır.

3.2.3. CASA Modeli Veri Setinin Hazırlanması

Çalışma alanı aylık net birincil üretim döngüsü, vejetasyon tarafından emilen net karbonun belirlenmesi ile CASA Modeli (Carnegie-Ames-Stanford-Approach) içerisinde ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanmıştır.

CASA Modeli, ekosistemdeki azot ve karbon dönüşümlerini üretir. Besin alt tabaka varlığı, toprak nemi, sıcaklık, tekstür ve mikrobiyal aktiviteler gibi gaz akış kontrollerinin birbirleri ile ilişkilerini kapsar. Model, karbon tespiti, besin dağılımı, döküntü, toprak-azot mineralizasyonu, CO_2 değişimi, ek olarak N_2O ve NO üretimi, CH_4 tüketimini günlük ve mevsimsel olarak simüle etmek için tasarlanmıştır (Potter ve ark., 2001). CASA Modeli, gün ışığı şiddeti, PAR (fotosentetik yönden aktif radyasyon-her ay için her metrekareye düşen megajoule cinsinden miktarı) ve NDVI (Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi) kullanarak fPAR verisini hesaplayarak, aylara göre NBÜ değerlerini tahmin etmektedir (Hicke ve ark., 2002).

$$NBÜ = f(NDVI)\ PAR\ \varepsilon^* T_{\varepsilon}\ W_{\varepsilon}$$

Formülasyonda, ε* = maksimum gün ışığı şiddetini, T_{ε}= sıcaklığı ve W_{ε}= yağışı temsil etmektedirler (Potter ve ark., 1993; Field ve ark., 1995; Knyazikhin ve ark, 1998; Evrendilek ve ark., 2006b; Berberoğlu ve ark., 2007b). Modelin kalibrasyonu ve aşamalarında atmosferik CO_2'in yükselmesi ile birlikte ε* değerinde oluşabilen yükselme, NBÜ değerinin yükselmesinde etkiye sahiptir. Sıcaklık ve yağış verileri ile de T_{ε} ve W_{ε} değerleri hesaplanmıştır.

Modelde aylık NBÜ döngüsü, vejetasyon tarafından emilen net karbonun belirlenmesi ile bir çok modelde ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanmıştır. Bu model kullanılarak bölgesel ve küresel ölçekte, karasal net birincil üretimdeki değişimler, farklı iklim değerleri ile geleceğe dönük olarak tahmin edilebilir. Modelin oluşturulabilmesi için, ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin arazi örtüsü ve toprak tekstür haritaları ve NDVI değerleri, girdi verileri olarak kullanılabilir (Berberoğlu ve ark., 2007a).

Verilen "x" alanda "t" zamanda NBÜ için, "fPAR" ve "ε" parametrelerini üretmek mümkündür (Field ve ark., 1995, Potter ve ark., 1993). Modelde, ölçülebilir en yüksek ışık kullanım etkinliği (ε) önemli bir metriktir. Model;

$$\varepsilon(x,t) = T\varepsilon_1(x,t) * T\varepsilon_2(x,t) * W\varepsilon(x,t) * \varepsilon^*$$

şeklinde formüle edilir. Formüldeki, sıcaklığın bitki büyümesine etkisi ile ilişkili olan $T\varepsilon_1(x,t)$, düşük bölgesel sıcaklığın etkisini, $T\varepsilon_2(x,t)$ ise optimum sıcaklık koşullarından sapmanın etkisini hesaplamaktadır. T değerleri, enlem ve boylama göre değişkenlik göstermekte (Potter ve ark., 2003, Priestly ve Taylor, 1972) ve aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir.

$$if\,(T(x,t) \geq -10)$$
$$T\varepsilon 1(x,t) = 0.8 + 0.02 \cdot Topt(x) - 0.0005 \cdot (Topt(x))^2$$
$$if\,(T(x,t) < -10) \Rightarrow T\varepsilon 1(x,t) = 0$$

$$\text{Topt}(x) : T(x,t) \text{ for t at } VI(x,t) = \max(VI(x))$$

$T\varepsilon_2(x,t)$, a ve b değerleri, x alanda ve t zamandaki sıcaklık değerleri ile optimum sıcaklık değerlerinin birbirlerine oranınıdır. Aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$T\varepsilon 2(x,t) = \frac{1.814}{a \cdot b}$$

$$a - [1 + \exp(0.2 \cdot (Topt(x) \quad 10 + T(x,t)))]$$

$$b \quad [1 + \exp(0.3 \cdot (-Topt(x) - 10 + T(x,t)))]$$

Topt(x) :T(x, t) for t at VI(x')=max(VI(x'))

Formüllerde, "Topt" maksimum NDVI değerine sahip aya ait sıcaklık ortalamasını göstermektedir (Field ve ark., 1995). $W\varepsilon_{(x,t)}$ ise, suyun etkisini hesaplamaktadır.

$$W\varepsilon(x,t) = 0.5 + 0.5\frac{EET(x,t)}{PET(x,t)}$$

$$0.5 < W\varepsilon(x,t) < 1$$

Formülde, EET: evapotranspirasyonu, PET: potansiyel evapotranspirasyonu temsil etmektedir. W_ε, 0.5'ten büyük değer almaktadır. Model içinde evapotranspirasyon (EET), yağış (PPT), toprak (SOILM), toprak kuruma oranı (RDR) ve toprak tekstürü (WPT) gibi değerler kullanılarak aşağıdaki denklemler ile hesaplamaktadır. Evapotranspirasyonun hesaplanmasında iki durum söz konusudur, eğer yağış değerleri, potansiyel evapotranspirasyondan küçük ise a ve b değerleri dikkate alınarak, büyük eşit ise potansiyel evapotranspirasyona eşit kabul edilerek hesaplanmaktadır.

```
If (PPT(x,t) < PET(x,t))
        EET(x,t) = min(a, b)
        a = PPT(x,t) + RDR(x,t)*(PET(x,t) – PPT(x,t))
        b = PPT(x,t) + (SOILM(x,t-1) – WPT(x))
If (PPT(x,t) ≥ PET(x,t)
        EET(x,t) = PET(x,t))
```

Ayrıca denklemler ile yağışın x alan ve t zamanda, potansiyel evapotranspirasyondan büyük eşit olduğu durumlarda ve küçük olduğu durumlardaki toprak verisinin modeldeki etkisini tahmin etmektedir.

If (PPT(x,t) ≥ PET(x,t)
SOILM(x,t) = SOILM(x,t-1) + (PPT(x,t) – PET(x,t))

If (PPT(x,t) < PET(x,t))
SOILM(x,t) = SOILM(x,t-1) – RDR(x,t)*(PET(x,t) – PPT(x,t))

Su alım kapasitesini temsil eden W_ε değeri, evapotranspirasyon ile potansiyel evapotranspirasyonun aylık değerlerinin birbirine oranıdır ve minimum 0.5 değerini alır (Potter ve ark., 2002, Field ve ark., 1995). Toprak profilindeki su içeriği ile bağlantılı evapotranspirasyon, buharlaşma yoluyla toprak yüzeyinden (evaporasyon) veya terleme, solunum (transpirasyon) yoluyla bitkiler tarafından kaybedilen suyu ifade etmek için kullanılmaktadır. Evaporasyon ve transpirasyon gibi ayrı işlemler, aynı anda da olabildiğinden bu değer her ikisinin bir kombinasyonudur (Potter, 1999).

Evapotranspirasyonda etkili olan faktörler, sıcaklık, rüzgar, güneşlenme süresi ve oransal nem gibi iklim faktörleri yanında bitki türü ve bitkinin yetişme süresidir. Evapotranspirasyon; tarla denemeleri, lizimetre gibi geleneksel yöntemlerle ve yaygın olarak da, iklim parametrelerine dayalı olarak geliştirilen amprik metotlarla saptanmaktadır. Tarla denemeleri hem zaman alıcı ve hem de pahalı yöntemlerdir. Meteorolojik verilere dayalı olarak geliştirilen amprik yöntemler ise genellikle geliştirildikleri yörelerde daha sağlıklı sonuçlar vermektedir.

CASA Modeli ile NBÜ hesaplanırken, CASA'ya özgü NBÜ formülasyonun çalışması ve modelin oluşturulabilmesi için, ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin arazi örtüsü ve toprak tekstür haritaları ve NDVI değerleri, girdi verileri olarak kullanılmıştır. Bu girdiler, model algoritması içinde kullanılarak sonuç haritaları elde edilmiştir.

3.2.3.1. İklim Verilerinin Oluşturulması

NBÜ mekanizması solar radyasyon ile çalışır ve yağış, sıcaklık ve ışık şiddeti değişkenlerine bağımlıdır (Lieth ve Whittaker, 1975). Model içinde kullanılan iklim verileri, Seyhan Havzası ve yakın çevresinde bulunan 50 iklim istasyonundan 1994-2003 tarihleri arasında ölçülmüş aylık sıcaklık, yağış ve solar radyasyon değerlerini içermektedir. Model içerisinde kullanılmak üzere, istasyonlara ait güncel ve geleceğe ait iklim değerleri, co-kriging yöntemi kullanılarak, aylık olarak haritalanmıştır.

3.2.3.2. Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksinin Oluşturulması

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

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

NDVI, bulutluluk, su buharı ve tanecikleri ve solar aydınlanma gibi atmosferik özelliklere karşı çok hassastır (Tanre ve ark., 1992; Privette ve ark., 1995; Asner ve ark., 2000). NDVI, -1 ile +1 arasında değer almaktadır, NDVI'ın pozitif değerleri, alanın kapalı bir örtülülüğe ve sağlıklı bir vejetasyona sahip olduğunu gösterirken, negatife doğru inen değer ise, bulut, kar, su ve çıplak alanları

göstermektedir (Baez-Gonzalez ve ark., 2002; Yin ve Williams, 1997). Görüntülerdeki bulut yoğunluğu NDVI değerlerini düşürmektedir. Bu nedenle, sürekli zaman serili günlük NDVI görüntüleri, büyüme sezonunda vejetasyonun durumunu tam doğrulukta temsil etmemektedir. Bulut kirliliğini en aza indirmek gerekmektedir (Baez-Gonzalez ve ark., 2002).

Kırmızı bant, bitkisel doku içerisindeki klorofile duyarsız, kızıl ötesi bant ise klorofile hassas, dolayısı ile yansıma değerinin yüksek olduğu bir banttır. NDVI değerleri hesaplanırken, kızıl ötesi banttan kırmızı bant çıkarılmış ve bulunan değer kızıl ötesi bant ile kırmızı bandın toplamından elde edilen veriye bölünmüştür. Aşağıdaki formülle gösterilir (Bannari ve ark., 1995).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

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

NDVI = (Band 4 - Band 3) / (Band 4 + Band 3)

NDVI, fonksiyonel olarak YAI'ne bağlı $fPAR$'ın bir parçası olan ve bitki kanopisindeki değişimlerle ilişkili bir metriktir (Asner ve ark., 2000; Tucker ve Sellers, 1986; Myneni ve Williams., 1994). Yapılan önceki çalışmalar, NDVI ile vejetasyonların kanopisi tarafından absorbe edilen $fPAR$ arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermiştir (Kumar ve Monteith; 1982, Sellers, 1985; 1987; Goward ve ark., 1994; Coops ve Waring, 2001).

Biyofiziksel bir parametre olan $fPAR$, model içerisinde, NDVI metriği kullanılarak hesaplanmıştır. Fotosentetik yönden aktif radyasyon (PAR) (0.4 – 0.7 µm) güneşten gelen kısa dalga radyasyonun bir parçasıdır. Modelde, maximum ve minimum NDVI, maximum ve minimum $fPAR$ ile ilişkilendirilmiş ve NDVI,

Simple ratio (SR) ya dönüştürülmüştür (Sellers ve ark., 1996, Los ve ark., 2000, Arora, V., 2006). Bu formül aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

SR = (1 + NDVI)/(1 − NDVI) şeklindedir.

$SR_{range} = SR_{max} - SR_{min}$

3.2.3.3. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Tahmini

Bölgesel ölçekten küresel ölçeğe kadar yapılabilen alan örtülülüğü ve verimlilik çalışmaları ekolojik ve çevresel süreçlerin modellenmesi, gözlemlenmesi ve gelecekteki durumları hakkında tahmin yürütülebilmesi açısından önemlidir. Orman örtüsüne ait standartlaştırılmış haritalar, biyokimyasal model uygulamalarında, mevcut durumun tespiti ve ormanların ekolojik ve doğal süreçlerini gözlemlemekte kullanmak için gerekli parametreleri tahmin etme yeteneği gibi bir çok amaca hizmet etmektedir (Matthews, 2001; Bonan ve ark., 2002; Hansen ve ark., 2003).

Karbon dinamiklerinin anlaşılmasını destekleyen karbon modelleri ile birlikte kullanılan ağaç kapalılık parametresi, bitki yapraklarının, alan yüzeyinde yatay izdüşümdeki yayılışı ile yeryüzü alanı örtülülüğünün yüzde cinsinden miktarıdır (Rokhmatuloh, 2005b). Ağaçlar, farklı ağaç kapalılık yüzdelerinde farklı miktarlarda karbon depolamakta ve bu karbon miktarları, karbon değişimlerini hesaplayan modellerde veri olarak kullanılmaktadır. (Myneni ve ark., 2001; Houghton ve Hackler, 2000). Bu nedenle, atmosfere giden ve gelen karbonun miktarını ölçülmesi ve kontrol altında tutma çalışmaları açısından küresel ekosistemlerin mevcut durumlarını gösteren ağaç kapalılık haritalarının kullanımı önemlidir. Çalışma da bonitet değerleri dikkate alınmamıştır.

Ağaç kapalılık yüzdesinin bulunmasında kullanılan ve doğrusal olmayan en etkin yöntem, regresyon ağacı yöntemidir. Regresyon ağacı yöntemi, “Karar Ağacı”

denilen sınıflama ağacı yöntemlerinden birisi olup parametrik olmayan bir metottur. Herhangi bir objenin sınıf üyeliğini bir veya daha fazla bağımsız değişken kullanarak tahmin etmeye yarayan ağaç algoritmasında bağımlı değişken sürekli ise, regresyon ağacı ismini alır. İncelenen veri seti üzerinde hiçbir varsayım gerektirmemesi nedeni ile regresyon ağacı yöntemi, bağımlı değişkenleri ve bu değişkenlerin modeldeki önemini basit bir ağaç yapısı ile görsel olarak sunabilmektedir (Temel ve ark., 2005).

Çalışma alanı içinde, uzaktan algılanmış veriler kullanılarak, ağaç kapalılık tahmini için karar ağacı yöntemlerinden biri olan, regresyon ağacı yöntemi kullanılmıştır. Regresyon ağacının avantajı, tek bir cevap değişkeni tahmin etmek için çok sayıdaki açıklayıcı değişkeni kullanmasıdır.

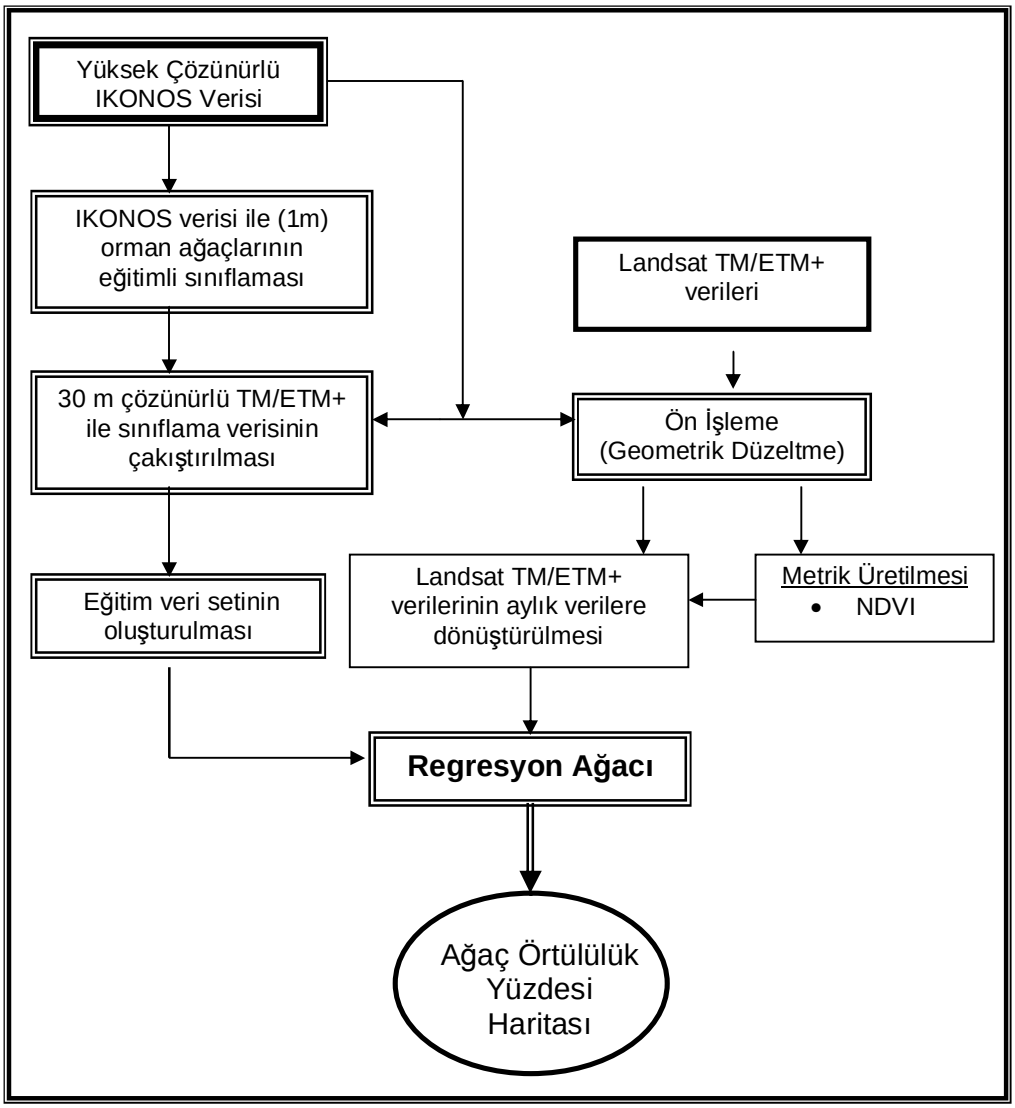
Yöntem, karar düğümleri, dallar ve yapraklardan oluşur. Karar düğümleri gerçekleştirilecek testi belirler ve testin sonucunda veri kaybetmeden dallara ayrılmasına neden olur. Her düğümde test ve dallara ayrılma işlemleri ardışık olarak gerçekleşir ve bu ayrılma işlemi üst seviyedeki ayrımlara bağlıdır. Ağacın her bir dalı sınıflama işlemini tamamlamaya adaydır. Eğer bir dalın ucunda sınıflama işlemi gerçekleşmiyorsa, orada bir karar düğümü oluşur. Ancak belli bir sınıf oluşuyorsa, o dalın sonunda yaprak vardır. Bu yaprak, veri üzerinde belirlenmek istenen sınıflardan biridir. Regresyon ağacı, işleme kök düğümünden başlar ve yukarıdan aşağıya doğru yaprağa ulaşana dek ardışık düğümleri takip ederek gerçekleşir (Özekes, 2005).

Regresyon ağacı yöntemi ile ağaç kapalılık yüzdesinin belirlenebilmesi için geniş bir veri seti hazırlanmıştır. Bu veri setini, 12 Aralık 2002, 5 Mayıs 2003, 30 Haziran 2003, 17 Ağustos 2003 ve 4 Ekim 2003 tarihleri arasında kaydedilmiş 5 adet, 6 bandlı (termal dışında), 30 m piksel çözünürdeki LANDSAT ETM+ görüntüleri ile yüksek yersel çözünürlü IKONOS (4 m) algılayıcısından elde edilmiş görüntüler oluşturmaktadır.

Regresyon ağacı yönteminde kullanılan verilerin piksel bazında çakışması, modelin sonuçlarının doğruluğu için önemlidir. Model oluşturulmadan önce, verilerin projeksiyonlarının belirlenmesi ve her bir verinin birbiriyle çakışması için geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Bu sayede her bir veriye, alanın dünya üzerindeki konumunu belirten harita projeksiyonu girişi yapılır. Çalışmada kullanılan

LANDSAT ETM+ verilerinin geometrik düzeltmeleri, veri setindeki 17 Ağustos 2003 tarihli LANDSAT ETM+ verisine göre yapılmış ve projeksiyonları UTM koordinat sistemine göre ayarlanmıştır. IKONOS verilerinin geometrik kaydı ise, geometrik düzeltmesi yapılan LANDSAT ETM+ verilerine göre yapılmış ve piksel bazında çakışma sağlanmıştır.

Çalışma da uygulanan yöntemin akış şeması Şekil 3.22'de verilmektedir.



Şekil 3.22. Çalışmada Kullanılan Regresyon Ağacı Modeli Akış Şeması

Çalışmada kullanılan regresyon ağacı modeli, dört ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar;

i) IKONOS verisi ile referans ağaç kapalılık yüzde verisinin oluşturulması,

ii) LANDSAT ETM+ verisinden metriklerin (dönüşümler) (NDVI) elde edilmesi,

iii) Geri adım regresyon yöntemi ile tahmin edici verilerin seçilmesi,

iv) Eğitim seti kullanarak doğruluk analizi yapılması ve Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritasının Oluşturulması.

İlk aşamada, çalışma alanına ait, ağaç oranını gösteren güvenilir bir yersel verinin hazırlanması için, havzanın farklı bölümlerinde tür çeşitliliğinin yoğun olarak bulunduğu alanlara ait 3 adet 4 m çözünürlü IKONOS verisi, siyah beyaz pankromatik band ile birleştirilerek 1 m çözünür sağlanmıştır. Her bir IKONOS verisi, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösterecek biçimde, eğitimli sınıflama tekniğiyle sınıflanmıştır. IKONOS verilerinden elde edilmiş, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösteren sınıflama verileri, LANDSAT ETM+ verileri ile ilişkilendirilmiş ve bu veriler eğitim seti olarak kullanılmıştır (Şekil 3.23).

İkinci aşamada her bir görüntü için, LANDSAT ETM+ standart bant düzeni (6 bant) ile birleştirilmek üzere 1 er adet NDVI metriği oluşturulmuştur. Bu metrik, ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için LANDSAT ETM+ bantlarına eklenmiş ve tahminlerin doğruluğunu artırmada yardımcı olmuştur. Üçüncü aşamada regresyon ağacı yöntemi içinde kullanılabilecek en iyi tahmin edici bantların seçimi, geri adım doğrusal regresyon yöntemi ile belirlenmiştir.

Üçüncü aşamada, temel amaç, tüm veri seti içinden model için en yararlı olan değişkenlerin seçilmesidir. Geri-adım yöntemi, tahmin edici değişkenin bir önceki adımda tekrarlı olarak eklenmesi ya da çıkarılmasıyla, modeli etkileyen tahmin edici değişken içinde en yararlı verileri seçen istatistiksel yaklaşımdır. Geri-adım fonksiyonu Cp istatistiği ile ifade edilir.

$$Cp = p + \frac{(n-p)(s_p^{\,2} - s^{\,2})}{s^{\,2}}$$

Formülasyonda;

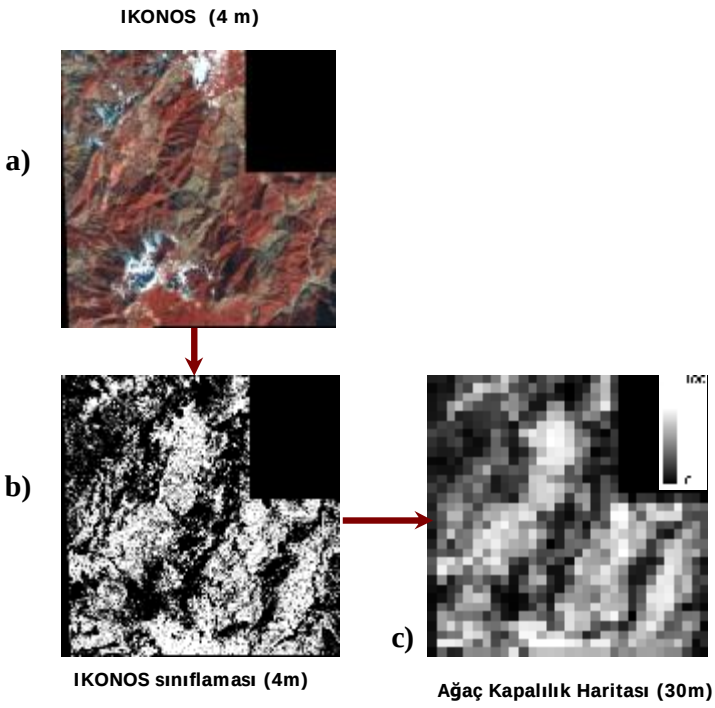
n- eğitim verisinin sayısı,

p- tahmin edici değişkenlerin sayısı,

Sp^2- tahmin modeli için ortalama kare hatası,

σ2-tahmin modeli için minimum kare hatası hazırlanmıştır (Hansen ve ark., 2002 a, 2002b).

Cp formülasyonu, ağaç kapalılık yüzdesi tahmini için hangi değişkenin kapalılık yüzdesi ile ilişkili olduğunu belirler ve o değişkenin seçilmesini sağlar. Geri-adım regresyon yöntemi ile seçilen değişkenler, tüm veri seti içerisinde en iyi sonucu verecek değişkenlerdir.

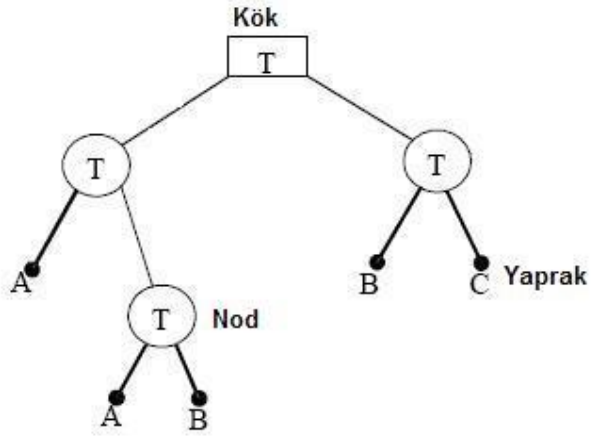


Şekil 3.23. **a)** IKONOS Görüntüsü (4 m), **b)** Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (ağaç bulunan-bulunmayan alanlar) (4 m), **c)** Ağaç Kapalılık Referans Haritası (30 m).

Dördüncü ve son aşamada, regresyon ağacı yöntemi ile, havzaya ait 30 m çözünürlü ağaç kapalılık yüzde haritası üretilmiştir. Ağaç kapalılık haritasının doğruluğu, IKONOS verisinden elde edilen eğitim verileriyle test edilmiştir.

Ağaç kapalılığının belirlenebilmesi için geri adım regresyonu ile seçilen en yararlı tahmin edici değişkenler ile regresyon ağacı modelinin yapılandırılmasında kullanılmış, uygun bir regresyon ağacı ve kural seti hazırlanmıştır (Hansen ve ark., 2002 a, 2002b).

Regresyon ağacı yöntemi, ağaçtaki her bir nodda (düğüm), her bir bağımsız değişken için gelişim skoruna dayalı olarak en iyi kesim noktası (sürekli değişkenler için) ya da en iyi kategori grupları (kategorik değişkenler için) oluşturulur (Şekil 3.24). En iyi kestirici değişken seçimi, sürekli bağımlı değişkenler için en küçük kareler sapması indeks hesaplamalarına göre yapılmaktadır. Burada amaç, bağımlı değişkenle ilgili verinin mümkün olduğunca homojen alt kümelerin meydana getirilmesidir (Kurt ve ark., 2007; Breiman ve ark., 1984).



Şekil 3.24. Regresyon Ağacının Basit Bir Gösterimi (Kurt ve ark., 2007).

Regresyon ağacı, homojen alt kümelerine veri setini böler, bölünmüş veri seti, hedef değişkenlerin (Y_{bar}) ortalamasındaki sapmayı düşürme yöntemine dayalıdır. (Y_i) ise, her verinin hedef değişkenidir. Süreç, bütün tahmin edicilerin ve sapmayı düşüren olası kesme noktaları üzerinde çalışır. D, sapmayı ifade eder ve aşağıdaki formülle açıklanır (Rokhmatuloh, 2005a).

$$D(\text{toplam}) = \sum (Y_{i} - Y_{bar})$$

Regresyon ağacı içerisinde verilerin bölünerek ilerlemesi, değerlerdeki sapmaları en aza indirgeyerek iki yeni bölüm oluşmasını sağlamış ve böylece ağacın diğer dallarının oluşturulması sağlanmıştır (Hansen ve ark., 2003).

Regresyon ağacı algoritması içinde,

$$D = \sum_{(j)} (y_j - u_j)^2$$

D değişkeni, *y*' nin tüm *j* bileşeninden ve bu bileşenlerin ortalama değeri olarak *u*' nun kullanılmasından hesaplanır. Bu metodoloji içinde model, tüm değerleri kullanarak analizi gerçekleştirir.

Regresyon ağacı oluşturulduktan sonra, modelin kalitesi ve doğruluğunu ölçmek için, ağacın ortalama hatası belirleyicidir (Majid, 2006);

$$R(T) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n} | y_i - g(\vec{x}_i) |$$

g; veri setinden regresyon düzeyini, N; ağacı oluşturan örnek sayısını, y_i; tahmin edilen değişkenin gerçek değerini temsil eder.

Regresyon ağacı sonuçları, korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Ağaç kapalılığının tahminiyle ilgili çalışmalar için yapılan değerlendirmelerde korelasyon katsayısının 0.70 ve üzeri olması beklenir. Regresyon ağacı yönteminin sonucu genellikle, 0-0.49 arasında ise korelasyon zayıf, 0.5-0.74 arasında ise orta derecede, 0.75-1 arasında ise modelin çıktı verisinin yüksek doğrulukta olduğu anlaşılabilmektedir. Sonuç verisinin korelasyon katsayısı 100 ile çarpıldığında, piksel bazında kapalılık değerleri yüzde olarak elde edilmiş olur (Kurt ve ark., 2007).

Regresyon ağacı yöntemi ile üretilen ağaç kapalılık yüzdesi haritası ile eğitimli sınıflama yöntemi ile elde edilmiş arazi örtüsü haritası birleştirilerek, meşcere tiplerine göre ayrı ayrı 30 m çözünürlü ağaç kapalılık yüzdesi haritaları da üretilmiştir. Haritada tüm meşcerelerin alan içerisinde dağılım alanları ve kapalılık yüzdeleri verilmiştir.

3.2.3.4. Arazi Örtüsü Haritası Oluşturulması

Modeli oluşturmak için kullanılan diğer bir girdi verisi ise, arazi örtüsü haritasıdır. Devlet Su İşleri arazi örtüsü kayıtları, arazi yüzeyinden toplanmış yersel veriler ve orman meşcere haritaları, Ağustos 2003 tarihli LANDSAT ETM+ görüntüsünün eğitimli sınıflamasında kullanılmıştır.

21 arazi sınıfından oluşan mevcut arazi örtüsü haritasının modelde girdi olarak kullanılabilmesi amacı ile CASA modeli için belirlenmiş 7 ana sınıfa göre gruplandırılmıştır.

3.2.3.5. Toprak Sınıfları Haritası Oluşturulması

Toprak Tekstür Haritası, FAO'nun 7 toprak tekstür sınıflamasını baz alarak üretilmiştir. Bunun için 1:25000 ölçekli bölgesel toprak haritaları kullanılarak, arazideki toprak sınıfları FAO'nun ölçütlerine göre Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü hocaları tarafından tahmini kil miktarları baz alınarak belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

4.1.1. İklim

Akdeniz kıyı şeridinden başlayıp İç Anadolu'da Erciyes Dağı'na kadar uzanan Seyhan Nehri havzası, ana su kaynaklarına göre, Aşağı (2211.9 km²) ve Yukarı Seyhan Havzası (21 750 km²) olmak üzere 2 kısıma ayrılmaktadır. Çukurova ve Toros Dağları eşik alanlarındaki Aşağı Havza'da, yazlar sıcak ve kurak, kışlar, ılık ve yağışlıdır. Ulukışla'dan Pınarbaşı'na ve daha kuzeye uzanan Yukarı Seyhan Havzası ise soğuk ve karlı kışlar ile İç Anadolu karasal iklim tipi özelliklerini yansıtmaktadır. Kurak kuzey kesimiyle güney kesimi arasında kalan ve kuzeydoğu yönüne uzanan Toros Dağları'nın sırtlarını içine alan kesim daha yağışlı ve soğuktur (Anonymous, 2005a). Yukarı Seyhan Havzası sınırları içinde yer alan çalışma alanında da karasal iklim tipi hüküm sürmektedir.

Havza içerisinde yıllık yağış, 640 mm/m² ve ortalama sıcaklık, 18.8 ºC dir (Kanber, 2006). Havzada yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C'nin üzerindedir. Adana merkezine göre en soğuk ay (Ocak) ortalaması, 9,4 °C, en sıcak ay (Ağustos) ortalaması, 28.8 °C'dir. Yıllık sıcaklık farkı, 19,4 °C'dir. Yıllık en düşük aylık sıcaklık ortalaması 14,1 °C, aylık en yüksek sıcaklık ortalaması ise 25,1 °C'dir. Arada 11 °C fark vardır. Çalışma alanının bulunduğu kuzeyde ve dağlık orta bölümde yıllık sıcaklık ortalaması 11 °C ve daha düşüktür (MİGM, 1997).

Çalışma alanında en fazla yağış 180 mm m^{-2} ile Aralık ayında, en az yağış ise 19 mm m^{-2} ile Eylül ayı içinde olmaktadır.

Havza içinde ve çevresinde Adana, Karsantı, Gülek, Ulukışla, Karaisalı, Pozantı, Pınarbaşı, Feke, Tomarza, Tarsus, Seyhan Barajı ve Uzunpınar meteoroloji istasyonları olmak üzere 11 adet meteoroloji istasyonu bulunmaktadır. Tümünde günlük yağış gözlemleri yapılan bu istasyonların bir kısmında ek olarak sıcaklık, buharlaşma, rüzgar ve nem gibi gözlemler de yapılmaktadır.

4.1.2. Topoğrafik Yapı

560 km uzunluğundaki Seyhan Nehri ile Göksu ve Zamantı Nehirleri kollarının su toplama havzalarını da içine alan Seyhan Havzası'nın yukarı kesimi İç Anadolu, orta ve aşağı kesimleri Akdeniz Bölgesi sınırları içindedir (Altan ve ark., 2004). 23 961.9 km²'lik bir alan kaplayan havza, 37° 13'-40° 12' kuzey enlemleri ile 35° 03'-37° 56' doğu boylam dereceleri arasında yer almaktadır. Havza, batıdan Kızılırmak ve Konya kapalı havzası ile doğudan Ceyhan ve Fırat Nehri havzalarına komşudur.

Toros Dağları'nın kuzeydoğu uzantısının büyük bölümü Havza'nın içinde yer almaktadır. Kuzeydoğu güneybatı uzantılı Havza, topoğrafik anlamda, ova, eşik alanlar ve dağlık alanlar biçiminde bir dizilim gösterir. Deniz seviyesinden başlayıp bazı bölgelerde 3614 m'ye kadar yükselen havzanın önemli bir bölümü yüksek araziden oluşmaktadır (Tezcan ve ark., 2007).

4.1.3. Hidrolojik Yapı

Su toplama alanı, 21 750 km² olan Yukarı Seyhan Havza'nın batısında yer alan, Aladağlar'ın engebeli arazisinde kuzeybatı yönünden gelen Çakıt, Zamantı ve kuzeydoğu yönünden gelen Göksu Nehirleri dar ve derin vadiler boyunca akar ve kavşakta birleşerek, Seyhan Nehri'ni oluştururlar (Anonymous, 1980). Birleştikleri noktada +295 m kotunda olan bu iki vadiden Zamantı Vadisi'nin Büyükçakır yakınlarında kotu +650 m, Göksu Vadisi'nin ise Feke'de kotu +525 m.'dir Seyhan Nehri, oluştuğu noktadan sonra Kirizli'ye kadar kuzey-güney doğrultusunda dik kayalıklardan akarak, Çukurova'dan geçer ve Akdeniz'e dökülür.

Yıllık su hacmi yaklaşık 6 milyar m³ olan havza topraklarının, 314 625 hektarlık bölümü sulanabilecek niteliktedir.

Seyhan Nehri Havzası yıllık su potansiyel değerleri, ortalama yıllık akış 8.01 km³, potansiyel iştirak oranı % 4.3, yıllık ortalama debi 349.2 mm ve ortalama yıllık verim 122.3 l sn km^{-2}'dir (DSİ, 1994).

4.1.4. Toprak Yapısı

Havza toprakları büyük toprak gruplarına göre değerlendirildiğinde alanda 3 büyük toprak grubu ve bir arazi tipi saptanmıştır. Bu grupları, Kolüvyal Topraklar (K), Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları (N), Kahverengi Orman Toprakları (M) ve geri kalan kısmını ise topraksız Çıplak Kayalık araziler oluşturmaktadır.

Havza sınırları içinde yer alan çalışma alanı genelinde ise, Kırmızı Akdeniz Toprağı, Hidromorfik Topraklar ve Kırmızımsı Kahverengi Toprak grupları hâkimdir. Kırmızı Akdeniz Toprak Grubu, alanın orta kesimleri ile kuzey batısında, Hidromorfik Toprak Grubu da kuzey, kuzeybatı ve güneyinde yayılım göstermektedir. Ayrıca, alanda Kırmızımsı Kahverengi Topraklar, Kahverengi Orman Toprakları, Kırmızı Kahverengi Orman Toprakları, Kestanerengi Orman Toprakları, Kolüvyal Topraklar ve Alüvyal Topraklar da yayılım göstermektedir.

Kırmızı Akdeniz Toprakları'nın bulunduğu yerlerde yıllık ortalama yağış, 800-1250 mm olup profilde bir yıkanma söz konusudur. Ana maddeleri, ikinci zamanın gri çatlaklı kalkerleri ile üçüncü zamanın denizsel miosen kalkerleri, kuaterner travertenlerinden ibaret kolüvyal depozitlerdir. Bu toprakların çok yıllık doğal bitki örtüsü, orman ağaç ve ağaççıkları ile Akdeniz maki örtüsüdür. Orman ağacı olarak, iğne yapraklılarda Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Göknar (*Abies cilicica*) ve Ardıç (*Juniperus excelsa*), geniş yapraklı türlerden ise meşe (*Quercus spp.*) bulunur. Orman ve maki örtüsü, muhtelif genişlikteki kalker çatlaklardan tutunmuş ve gelişmiştir. Topoğrafya esas olarak arızalıdır. Bu toprakların büyük ekseriyeti orman ve fundalık çok az kısmı ise kuru ve sulu tarım, mera veya bağ-bahçe olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2004).

Kırmızı Kahverengi Topraklar, zonal topraklar grubunun bir üyesi olup üst tabaka kırmızımsı kahverengi ile açık kahverengi arasında bir renk tonu gösterirken, alt tabaka kırmızımsı kahverengi ile kahverengi arasında bir tonlamaya sahiptir. Toprağın 60 cm. derininde kalsiyum karbonat birikmesi vardır. Toprağın ana malzemesi tınlı toprak veya bazalttır. İşte bu ana malzeme erozyonla taşınarak gelmiştir. Bu toprakların vejetasyonu çok seyrek, kısa ve orta boyda ottan oluşur. Kuru ziraata uygunluk gösterir. Ancak, buralarda yapılan ziraattan alınacak verim

yağışlara bağlı olarak değişmesine rağmen doyurucu bir verim değildir. Ama bu toprakların üzerinde hayvan otlatmak tercih edilir (Anonymous, 2005b).

Hidromorfik Topraklar ise, Akarsu yataklarının çok az derin olduğu vadi ve havzalardaki bazı geniş ve hemen hemen düz yerlerde bulunmaktadır. Drenajının da az olması nedeniyle renkleri gri ile açık gri arasındadır. Üzerinde ağaç, bodur ağaç ve çayırdan meydana gelen karışık bitki örtüsü görülür. İçinde ise her türlü alüvyon çeşidinden bulundurmalarına rağmen münhal tuz bulundurmazlar. Ama göze batan genellikle killi ve genç olmalarıdır (Anonymous, 2005b).

Bu toprak grupları dışında alanda, Çıplak Kayalıklar (ÇK) da bulunmaktadır. Çıplak kayalıklar, genel olarak üzerinde toprak örtüsü bulunmayan, parçalanmamış veya kısmen parçalanmış sert kaya ve taşlar ile kaplı sahalardır.

4.1.5. Jeomorfolojik Yapı

Aladağlar, Seyhan Havzası orta kesiminin yüksek dağlık alanlarını oluşturmaktadır. Oldukça değişken jeomorfolojik bir yapı gösteren bu dağ sırası, Orta Toroslar'ın en yüksek kütlesi olup, kuzey-kuzeydoğu, güney-güneybatı doğrultusunda uzanır. Doğuda, Seyhan Nehri'nin önemli bir kolu olan Zamantı ırmağı tarafından Tahtalı dağlarından, batıda ise Ecemiş koridoru tarafından Kırkpınar ve Pozantı Dağları'ndan ayrılmaktadır. Güneybatıda Bolkar Dağları, kuzeyde ise Sultan Sazlığı'nın merkezinde bulunduğu ova arazisi ile çevrilidir. Bu konumuyla Aladağlar, 40 km'ye yakın bir uzunluk üzerinde 3000 m'den yüksek bir set oluşturan ve toplam uzunluğu 100 km'ye ulaşan bir dağ sırasını teşkil eder (Uzun ve ark., 2000).

Aladağların morfolojik yapısı derin vadiler, sarp yamaçlar, yüzey akışlarının oluşturduğu ondüleli topografya ile biçim kazandığından eğim açısından da oldukça değişken bir karaktere sahiptir.

Alan genelinde derin vadi ve boğazların doğu-batı doğrultusunda biçimlenmesi nedeniyle, dağların yamaç bakıları kuzey ve güney yönlerinde yoğunluk kazanmıştır. Bu bakılar topoğrafik yapıdaki kıvrılmalara paralel olarak

kuzeybatı-güneydoğu ya da kuzeydoğu-güneybatıya doğru değişebilmektedir (Uzun ve ark., 2000).

4.1.6. Jeolojik Yapı

Havza, jeolojik yapı açısından, değişik zamanlara ait formasyonlarla temsil edilmekle birlikte, en yaygın formasyon mezozoik yaşlı kireç taşlarıdır. Bunun yanında Havza'da paleozoik seri, entrüsif volkanizmanın ürünü olan gabro, piroksenit gibi kayaçlara, subofiolitik metamorfitlere ve daha geniş dönemleri karakterize eden tersiyer ve kuaterner oluklarına da rastlanılmaktadır. Havza'nın güneyinde, Karsantı'nın doğusu ve batısında, Şeyhli, Tomarza ve Tahtalı Dağı etrafında triyas yaşlı neritik kireçtaşları genişçe görülmektedir. Paleozoyik yaşlı mermer Elbaşı'nın batısında, Saimbeyli'nin doğusunda ve Göksu Irmağı'nın doğusunda değişik şistler, mermer ve mostralar görülmektedir. Ordovisyen, Siluriyen ve Devoniyen yaşlı kırıntılar ve karbonatlar Sarız'dan güneybatıya Tufanbeyli, Saimbeyli, Feke ve Mansurlu'dan Karsantı'ya kadar uzanan dağlık arazide geniş yer kaplamaktadır (KHGM., 2007).

Seyhan Nehri Havzası, hidrojeolojik olarak, karstlaşmanın ileri derecede gelişmesine uygun jeolojik yapı ve iklimsel koşullara sahiptir. Yüksek kesimlerde, çok sayıda polye, dolin, düden ve mağara gelişmiştir. Çalışma alanı hidrojeolojik açıdan yarı, zayıf ve çok geçirgen olmak üzere 3 farklı yapıdan oluşmaktadır (KHGM., 2007).

4.1.7. Tarım

Alandaki tarım alanlarının büyük çoğunluğu çok eğimli arazilerde bulunmaktadır. Düşük eğime sahip tarım alanları çok sınırlı olup, mevcut tarım alanları erozyona oldukça duyarlıdır (Altan ve ark., 2007). Bu mevcut ve kısıtlı su kaynakları yörenin tarımsal yapısını etkilemektedir. Alanda tarımsal çalışmalar, dere yatakları ve vadiler boyunca, yaygın olarak bahçe tarımı şeklindedir. Köy yerleşimleri yakınındaki bahçelerde meyve ve sebze üretimi sınırlı ölçekte

olmaktadır. Bahçe tarımının yapılmadığı alanlarda buğday ve arpa üretimi tarla tarımının ana hatlarını belirler.

Sulu alanlarda sebze yetiştiriciliği (fasulye, domates, biber, kabak, salatalık), sulanmayan tarlalarda ise tahıl ve baklagil (buğday, arpa, nohut) yetiştiriciliği yapılmaktadır. Sulanabilen yerlerde, yem bitkileri üretimi özellikle, yonca yetiştiriciliği yerel ahır hayvancılığının gelişmesinde önemli bir yer alır.

4.1.8. Bitki Örtüsü

Altan ve ark. (2007)' de yaptıkları çalışma da, Havza'da vejetasyon analizleri yaparak, yaşam formlarını belirlemişlerdir. Yukarı Seyhan Havzası, bitki coğrafyası bakımından, İran-Turan Bölgesi'ne, Aşağı Seyhan Havzası ise, Akdeniz Bölgesi'ne girmektedir. Havza doğal bitki örtüsü bakımından, Güney Anadolu Akdeniz Bitki Topluluğu, Güney Anadolu Sedir-Göknar Dağ Ormanları ve Alp Bölgesi Bitki Toplulukları'ndan oluşmaktadır.

Seyhan Havzası, özellikle, dağlık bölgede zengin bir floristik yapıya sahiptir. Orman üst sınırı olan, 2000 m. üstündeki yükseltilerde yer alan meralarda, *Astragalus spp.* ve *Acantholimon spp.*'nin dikenli yastık türleri baskındır. Ancak bu biyotop aşırı otlatmanın etkisi altındadır. 1200-1900 m yükseltiler arasındaki Montan kuşakta, *Cedrus libani* ve *Abies cilicica* subsp. *cilicica* türleri baskın olmakla birlikte *Juniperus excelsa*, *Juniperus oxycedrus* ve *Juniperus drupacea* türleri de eşlik etmektedir. *Pinus brutia* ormanı üst sınırı olan 1200 -1900 m yükseltilerde, *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* hakimdir. 700-1200 m yükseltiler arasında, baskın türleri *xerophyll* olan çalı formasyonu, 700 m yükseltiye kadar maki formasyonu görülmektedir. Maki formasyonu içinde *Quercus coccifera* en bilinen türdür. *Ceratonia siliqua* ve *Pistacia lentiscus*'da bu formasyonun önemli üyelerindendir. Ancak, Akdeniz vejetasyonundaki bozulma makinin yerini garig formasyonuna bırakmasına yol açmaktadır. Bu formasyonu, *Cistus salviifolus*, *Sarcopoterium spinosum* ve *Lavandula stoechas* temsil etmektedir. Maki formasyonun hakim olduğu kıyı kesiminde, özellikle, Yumurtalık Körfezi'nde, *Pinus halepensis*

yaygındır (Yılmaz ve ark., 2004). Havza'da belirgin olarak yapraklı orman formasyonunu temsil eden bir kuşak bulunmamaktadır.

Tüm Havza'da, 52 familyaya ait 149 cins ve 241 tür ve tür altı vasküler bitki taksonu belirlenmiştir. Bu taksonların 3'ü Pteridophyta, 10'u Gymnospermae, 228'i Angiospermae'dir. Angiospermae taksonun, 190'ı Dicotyledones ve 38'i Monocotyledone üyesidir (Altan ve ark., 2007).

Çalışma alanı içerisindeki herdemyeşil iğne yapraklı saf meşcereler, Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*), Göknar (*Abies cilicica*) meşcereleridir. Karışık meşcereler ise, Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*), Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra)*, Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) ve Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*)'dır. Alanda herdemyeşil iğne yapraklı meşcerelere ek olarak, iğne yapraklı başka bir tür olan Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*)'da saf-bozuk şekilde yer almaktadır. Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*), geçmişte alana Amerikalılar tarafından deneme amaçlı dikilmiş bir tür olup, doğal bitki örtüsü kapsamında değildir. Alanda ayrıca geniş yapraklı türler grubunda yer alan *Carpinus* türleri, *Quercus* türleri ve Kayın (*Fagus orientalis*)'da bulunmaktadır. Ancak Kayın (*Fagus orientalis*) çok sınırlı bir alanda saf meşcere olarak, Meşe (*Quercus spp*.) ise hem saf ve hem de diğer türlerle karışık ve bozuk şekilde görülmektedir.

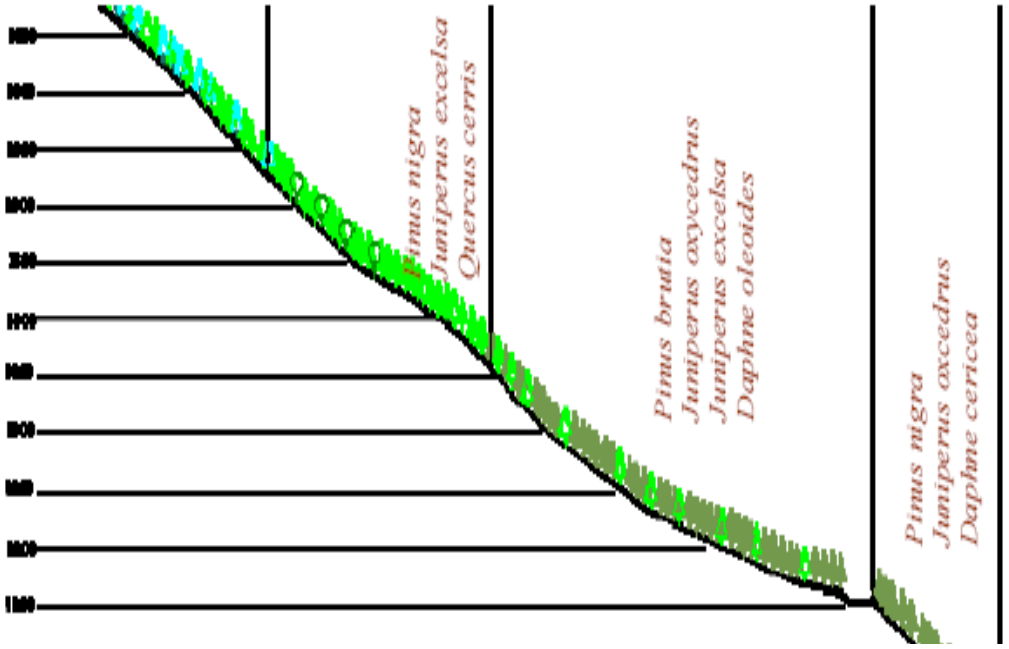
Çalışma alanındaki orman örtüsünü temsil eden örnek parsellerin kurulu olduğu, Katran Çukuru Mevki 1150 m.'de Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları ile başlayarak, Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) karışık ormanları ile devam etmektedir. Baskın türler, Karaçam (*Pinus nigra*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) ve Dafne (*Daphne oleoides*)'dir. 1400 rakımlarda Karaçam (*Pinus nigra*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) ve Meşe (*Quercus cerris*), 1500 m.'den sonra Karaçam (*Pinus nigra*) formasyonu görülür (Şekil 4.1) (Altan ve ark., 2007).

4.1.9. Yaban Hayatı

Çalışma alanı ve yakın çevresi yaban yaşamı yönünden kendine has özelliklere sahiptir. Yazları sıcak, kışları soğuk ve kar yağışlı olup yüksek kesimlerde

kar örtüsü oldukça kalınlaşır ve geniş bir alanda etkili olur. Havza ve yakın çevresinde yer alan bitki örtüsü ve doğal yönden görülen çeşitlilik, birçok hayvan için önemli habitatlar ortaya koymaktadır. Alanda 1000-1500 metre yükseltide, genelde Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları içinde atmaca kartalı, yılan kartalı, atmaca ve delice gibi kuşlar yaşamaktadır. 2000 metre yüksekliğin üzerindeki alanlar ise, ur keklik ve geyiğin üreme ve barınma alanlarıdır. Bu bölge aynı zamanda, kral kartalın egemenlik alanı durumundadır. Ayrıca, yaban keçisine de üreme, barınma ve beslenme zamanlarına göre her yerde rastlanabilmektedir.

Çalışma alanı ve çevresinde 41 familyaya ait 161 kuş türünün varlığı söz konusudur. Alanda 28 memeli hayvan türünün varlığı tespit edilmiştir. Bu türler, yaban keçisi, Sansar, Samur, Porsuk, Gelincik, Tilki, Çakal, Tavşan, Yarasa, Fare, Yaban Domuzu ve Boz Ayıdır. Yeryüzünde hayvanlar aleminin yaklaşık olarak dörtte üçünü oluşturan böcekler, havza içerisinde de çeşitlilik gösterirler (Uzun ve ark., 2000).



Şekil 4.1. Katran Çukuru Doğal Bitki Örtüsü Düşey Kesiti (Atik ve ark., 2007).

4.2. Yersel Veri Seti

Çalışmada uzaktan algılanmış veriler kullanılarak yapılan toprak üstü NBÜ tahmini çalışmasına paralel olarak, meşcerelerin gelişim periyotları hakkında bilgi edinmek, fiziksel gelişimlerini gözlemlemek ve döküntüler yoluyla toprağa karışan karbon miktarlarını belirlemek amacı ile yersel çalışmalar yapılmıştır. 15 Eylül 2003 tarihinde yapılan arazi çalışması ile çalışma alanı içerisindeki mevcut orman örtüsünü tür çeşitliliği bakımından en iyi şekilde temsil eden, yüksek kapalılığa sahip ve antropojenik etkilere en az düzeyde maruz kalmış alanlar belirlenerek, örnek parseller kurulmuştur.

Arazi çalışmalarının başlaması ile tüm parsellerde boy, çap, yaş ve sıklık gibi fiziksel özellikler ölçülmüştür. 09.11.2003, 14.12.2003, 15.05.2004, 17.06.2004, 25.07.2004, 13.08.2004, 20.09.2004, 23.10.2004, 17.11.2004 ve 24.12.2004 tarihlerinde 5 meşcereye ait örnek parsellerde gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile 360 günlük periyotta meşcerelerin boy, çap, sıklık ve birim alandaki döküntü miktarları gibi fiziksel özelliklerinde meydana gelen değişimler hakkında veriler toplanmış ve analiz kartlarına işlenmiştir (Çizelge 4.1, 4.2).

Çizelge 4.1. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşceresine Ait Analiz Kartı Örneği.

Parsel Adı	Ağaç No	Boy (m)	Tür	Çap (cm)	Yaş	Yükseklik (m)	GPS	Kapalılık (%)	Sıklık (gövdesay/ha)	Parsel (m²)	Eğim (%)	Bakı
Pinus brutia												
	1	10,5	*P. brutia*	42		690			525	400	20	D
	2	10,5	"	21								
	3	21	"	37								
	4	18	"	32								
	5	21	"	35								
	6	16,5	"	25								
	7	16	"	28								
	8	21	"	50								
	9	23	"	38								
	10	21	"	35								
	11	17	"	25								
	12	19	"	32								
	13	18	"	31								
	14	18	"	19								
	15	17	"	25								
	16	17,5	"	22								
	17	20,5	"	39								
	18	21	"	30								
	19	19,5	"	22								
	20	21,5	"	57								
	21	21	"	37								

Çizelge 4.2. Karışık (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*) Meşcereye Ait Analiz Kartı Örneği.

Parsel Adı	Ağaç No	Boy (m)	Tur	Çap (cm)	Yaş	Yukseklik (m)	GPS	Kapalılık (%)	Sıklık (gövdesay/ ha)	Parsel (m²)	Eğim (%)	Bakı
Karışık(*Abies cilicica, Cedrus libani,Pinus nigra*)												
	16	6	C. libani	12						400		
	17	8	"	18								
	18	7,5	"	14								
	19	11	"	18								
	20	10	"	20								
	21	12,5	"	41								
	22	17,5	"	34								
	23	17	"	30								
	24	15	"	24								
	25	14	"	21								
	26	15	"	24								
	27	9	"	16								
	28	10	"	18								
	29	6	"	8,0								
	30	9,5	"	11								
	31	22	P. nigra	45								
	32	17	"	24								
	33	20	"	41								
	34	9	"	15								
	35	7	"	10								
	36	21	"	30								

1345 m ile 1555 m arasındaki yükseltilerde yer alan meşcereler içinde, büyük gövde çapı ortalamasına ve en yüksek boy ortalamasına, 22 m ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi sahiptir. Meşcereler içinde en çok gövde sayısı, 900 gövde/ha ile karışık meşcere içinde yer almaktadır. En yaşlı bireyler 114 yaş ortalaması ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresinde yer alırken, en genç bireyler 92 yaş ortalaması ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi içindedir. Meşcereler ile ilgili genel bilgiler ve ortalama değerleri, Çizelge 4.3.'de verilmektedir.

Çalışma kapsamında meşcerelerin boy gelişimi ile gövde çapının birbiri ile ilişkisi, en iyi uyumu gösteren regresyon denklemleri oluşturularak ortaya konulmuştur. İki değişken arasındaki ilişki yüksek doğrulukla matematiksel bir denklem yardımıyla ifade edilebilir. İlişkiyi en iyi biçimde belirten matematiksel fonksiyon iki parametreli doğrusal bir denklem olabileceği gibi, iki veya daha çok sayıda parametre içeren eğri fonksiyonlar da olabilir (Efe ve Bek, 2000). İki seri arasındaki ilişkinin matematiksel bir fonksiyonla ifadesi değişkenlerden birinin "bağımlı" diğerinin "bağımsız" değişken olarak kabul edilmesi ile mümkündür. Bu

şekilde oluşturulacak fonksiyon bir regresyon doğrusunun veya eğrisinin denklemi olacaktır. İlişkiyi ifade edebilen bir denklemin ortaya çıkarılmasının ilişkinin yönünü ve şeklini belirleyebilmenin yanı sıra diğer bir yararlı yönü vardır ki bu, Y= a+ bX şeklinde denklem ile, bir X değeri verildiği takdirde buna karşılık gelen Y değerinin de bulunabilmesi ve dolayısıyla "tahmin yapabilmenin" mümkün olmasıdır.

Çizelge 4.3. Katran Çukuru Mevkiindeki Orman Meşcerelerinin Ortalama Karakteristik Değerleri (ortalama±SS) (Evrendilek ve ark., 2006).

TÜRLER	Boy (m)	Çap** (cm)	Yaş (yıl)	Gövde sıklığı (gövde/ha)	Yükseklik (m)
Pinus nigra	22 ±4	45.6 ±8.1	92 ±14	300	1555
Cedrus libani	20 ±6	31.5 ±11.3	114 ±7	500	1500
Karışık meşcere *	13 ±5	23.2 ±11.7	103 ±6	900	1460
Juniperus excelsa	8 ±2	23.7 ±7.8	~100	625	1345
Pinus brutia	19 ±2	33.5 ±11.6	~100	525	660

*Karışık meşcere (*Abies cilicica-P. nigra-C. libani*), **dbh: göğüs yüksekliğindeki (1.30 m) ağaç çapı

Örnek parsellerdeki orman meşcerelerinin ağaç boyu ile göğüs yüksekliğindeki (dbh) ağaç çapı arasındaki basit doğrusal regresyon modelleri Çizelge 4.4.'de verilmektedir. Meşcereler içinde iki değişken arasındaki en iyi uyumu Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi gösterirken, Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi en az uyumu göstermektedir.

Çizelge 4.4. Beş Meşcereye Ait Yanıt Değişkeni "Göğüs Yüksekliğindeki Ağaç Çapı (dbh, cm)" ile Açıklayıcı Değişken "Ağaç Boyu (m)" Arasındaki Basit Doğrusal Regresyon Modelleri (Evrendilek ve ark., 2006)

MEŞCERELER	n	katsayı	eğim	r^2 (%)	*p*
Pinus nigra	12	18.70	1.21	42	*
Cedrus libani	20	0.92	1.51	58	***
Karışık meşcere (*Abies cilicica-P. nigra-C. libani*)	36	1.89	1.69	50	***
Juniperus excelsa	25	1.08	3.01	38	**
Pinus brutia	21	12.8	2.42	27	*

*, ** ve *** sırasıyla, $p < 0.05$, $p < 0.01$ ve $p < 0.001$ anlam düzeylerine tekabül etmektedir.

r^2, kullanılan X değişkenlerinin Y deki toplam varyasyonu açıklayabilme oranını verir ve $0<r^2<1$ arasında değer alır. r^2 eğeri 1 e yaklaşması modelin değerini iyi yönde arttırmaktadır. İki değişken arasında ilişki olup olmadığı eğer ilişki varsa bunun yönü ve derecesi belirlenir. Eğer iki değişken arasında ilişki varsa regresyon analizi ile X değişkeninin alacağı değere bağlı olarak Y değişkeni tahmin edilebilir. (Anonymous, 2003).

4.3. Arazi Örtüsü Sınıflaması

Çalışma da, geometrik düzeltmeleri yapılmış 30 m çözünürlü 17 Ağustos 2003 tarihli LANDSAT ETM+ görüntüsü eğitimli olarak, Maksimum Olabilirlik algoritmasıyla 18 farklı arazi sınıfına sınıflanmıştır (Çizelge 4.5) (Şekil 4.2).

Çizelge 4.5. Çalışma Alanı İçerisinde Yer Alan Arazi Sınıfları ve Kapladıkları Alanlar

ARAZİ SINIFLARI	ALAN (%)
Kızılçam (*Pinus brutia*)	14.01
Karaçam (*Pinus nigra*)	5.42
Sedir (*Cedrus libani*)	2
Ardıç (*Juniperus excelsa*)	4.84
Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) karışık meşceresi	2.08
Kızılçam-Ardıç (*Pinus nigra-Juniperus excelsa*) karışık meşceresi	6.47
Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) karışık meşceresi	1.88
Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) karışık meşceresi	0.67
Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*)	0.11
Kayın (*Fagus orientalis*)	0.002
Meşe (*Quercus spp.*) meşcereleri	0.69
Kuru tarım alanları	1.7
Sulu tarım alanları	8.83
Açık alanlar	10.56
Kayalık (kireçli) alanlar	4.61
Otluk-taşlık alanlar	19.88
Yerleşimler	0.05

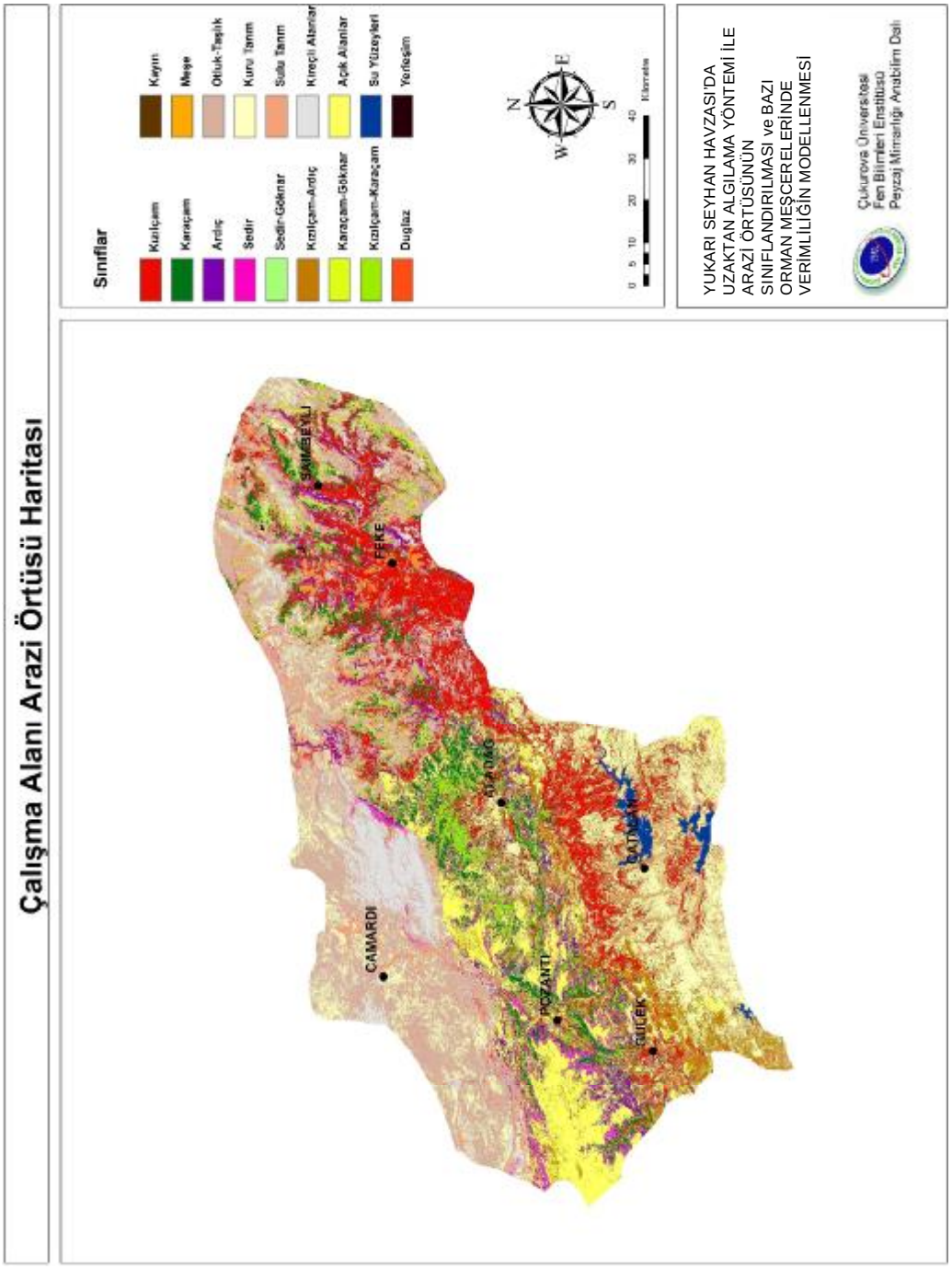
Alanda baskın tür olan Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, özellikle, Saimbeyli ve Aladağ İlçeleri arasındaki dağlık kesimde ve Çatalan Baraj Gölü'nün kuzey kesimlerinde yayılım göstermektedir.

Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi, alanın kuzeyinde, Pozantı, Aladağ ve Saimbeyli İlçelerinin üst kesiminde yayılım gösterirken, Ardıç (*Juniperus excelsa*) ve Sedir (*Cedrus libani*) meşcereleri, alanda güneybatıdan kuzeydoğuya doğru geniş bir yayılım göstermektedir. Yoğun olarak, Ardıç (*Juniperus excelsa*) alanın orta kesimleri ve Pozantı İlçesinin kuzey ve batı kesimlerinde, Sedir (*Cedrus libani*) ise Pozantı İlçesinin kuzeybatısında yayılmaktadır. Meşcereler alanda hem saf halde hem de karışık olarak bulunmaktadır.

Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*) meşceresi, Çatalan Baraj Gölü'nün kuzeyindeki Kızılçam (*Pinus brutia*) meşcerelerinin üst kesimlerinde saf-bozuk olarak yayılmaktadır.

Kayın (*Fagus orientalis*) meşceresi ise alanda Aladağ İlçesi'nin kuzeybatısında çok küçük bir alanda yayılmaktadır. Meşe (*Quercus spp.*) meşceresi ise, özellikle, Feke ve Saimbeyli İlçelerinin yakınlarında, alanın kuzeybatı kesimlerinde görülmektedir.

Kuru tarım alanları özellikle, kuzey, kuzeybatı ve güney bölümlerinde yer almaktadır. Sulu tarım alanları ise kuzeydeki nehir yatakları boyunca görülmektedir. Alanda kireçli alanlar kuzeybatıya doğru yayılım göstermektedir. Alan sınırları içinde su yüzeylerini Çatalan ve Seyhan Baraj Gölleri ile Seyhan Nehri oluşturmaktadır.



Şekil 4.2. Çalışma Alanı Arazi Örtüsü Haritası

4.4. Ağaç Kapalılık Haritası

Ağaç kapalılık haritası, CASA Modeli veri seti içinde yer almakla birlikte, arazi çalışmaları sonucu oluşturulan yersel veri setinin alana yaygınlaştırılması ve ilgili değişkenlerin konumsal dağılımlarının ortaya konmasında ihtiyaç duyulan çalışmanın önemli bir verisidir. Çalışmanın bu aşamasında, regresyon ağacı yöntemi ile ağaç kapalılık yüzdeleri hesaplanmış ve çalışma alanındaki her tür için ayrı ayrı ağaç kapalılık yüzdesi haritası oluşturulmuştur. Son yıllarda özellikle, sınıflama çalışmalarında ve ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için yaygın bir şekilde kullanılan regresyon ağacı yöntemi tercih edilmiştir.

Regresyon ağacı yöntemi, farklı ölçeklerdeki sürekli tahmin edici veri setlerini etkin bir şekilde kullanma yeteneği sayesinde ağaç kapalılık yüzdesinin bulunmasında kullanılan ve doğrusal olmayan etkin bir yöntemdir (Gallant, 1987).

Regresyon ağacı yönteminde de tüm görüntü işleme çalışmalarında olduğu gibi veri seti hazırlanması aşamasında öncelikle, veri setinin geometrik olarak düzeltilmesi gerekmektedir. Tüm görüntülere harita projeksiyon girişi yapılarak, görüntülerin UTM projeksiyon sistemine göre dünya üzerinde WGS 84 datumu ve 36. Zon'a konumlandırılması sağlanmıştır.

Görüntülerin geometrik düzeltmelerinde, 17 Ağustos 2003 tarihli LANDSAT ETM+ verisi altlık olarak kullanılmış ve diğer tüm görüntülere bu görüntü üzerinden koordinat girişi gerçekleştirilmiştir. Geometrik düzeltme sırasında elde edilen hata (RMSE), hem yatay hem de düşey eksende ¼ pikselden daha azdır. RMSE değerinin 1 den az olduğu durumlar, geometrik düzeltmenin kabul edilebilir olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır.

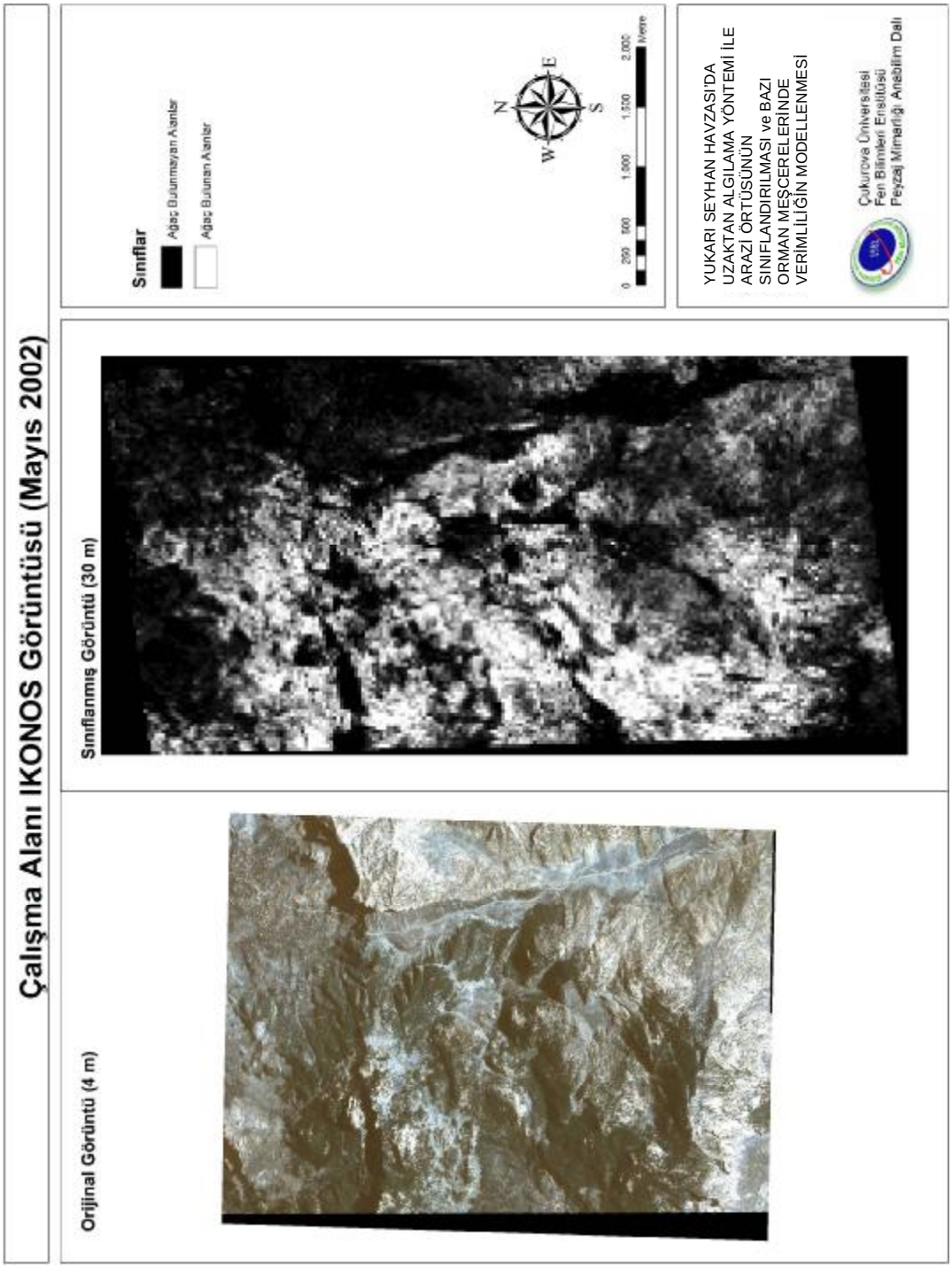
4.4.1. Referans (Test) Verisinin Oluşturulması

Regresyon ağacı yönteminin doğruluğu, kullanılan test verileri ile hesaplanmaktadır. Test verisine uygulanan bir modelin doğruluğu, yaptığı sınıflamanın test verisindeki tüm sınıflara oranıdır. Her test örneğinde bilinen sınıf, model tarafından tahmin edilen sınıfla karşılaştırılır. Eğer modelin doğruluğu kabul

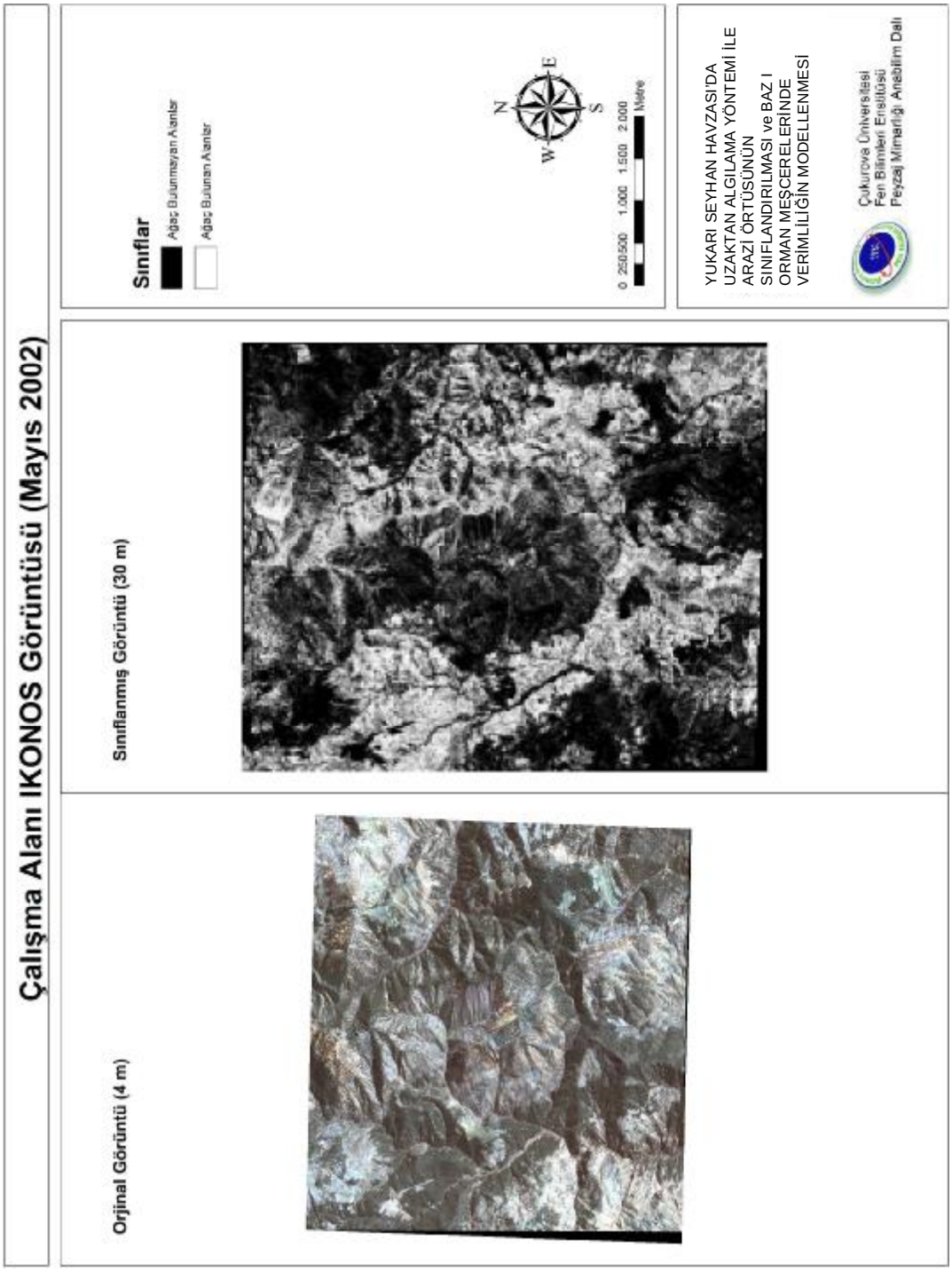
edilebilir bir değer ise model, sınıfı bilinmeyen yeni verileri sınıflamak amacı ile kullanılabilir (Özekes, 2005). Regresyon ağacı modelinde kabul edilebilir doğruluk oranı; % 70 ve üzeridir. Çalışmada veri setini, 12 Aralık 2002, 5 Mayıs 2003, 30 Haziran 2003, 17 Ağustos 2003 ve 4 Ekim 2003 tarihlerinde alınmış çalışma alanının tümünü kapsayan, 30 m çözünürlü 5 adet LANDSAT ETM+ görüntüsü oluşturmaktadır.

Ağaç kapalılık yüzdesi tahminin doğruluğunun test edilmesi ve modelin oluşturulabilmesi için yersel veri seti gerekmektedir. Çalışmanın bu aşamasında, yersel veri seti olarak, havzanın farklı bölümlerinde tür çeşitliliğinin yoğun olarak bulunduğu ve yüksek kapalılık yüzdesine sahip alanlardan alınan toplam alanları 120 km^2 toplam 3 adet IKONOS görüntüsü kullanılmıştır. Geometrik düzeltmeleri yapılmış 4m çözünürlü çok bandlı IKONOS görüntüleri, siyah beyaz pankromatik band yardımıyla 1 m çözünür sağlanmıştır. Her bir IKONOS verisi, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösterecek biçimde, eğitimli sınıflama tekniğiyle sınıflanmıştır. Sınıflamada ağaç bulunan alanlara ait piksellere 1, ağaç bulunmayan alanlara ait piksellere de 0 değeri verilmiş ve böylece 2 sınıf oluşturulmuştur. Daha sonra görüntülerin çözünürü, LANDSAT ETM+ görüntüleri ile aynı çözünüre dönüştürülmüştür. Sınıflanan ve 30 m çözünüre dönüştürülen 3 adet IKONOS verisi, birleştirilmiş ve her bir grid hücresinin sahip olduğu kapalılık değeri ile birlikte çalışmada test verisi olarak kullanılmıştır (Şekil 4.3, 4.4, 4.5).

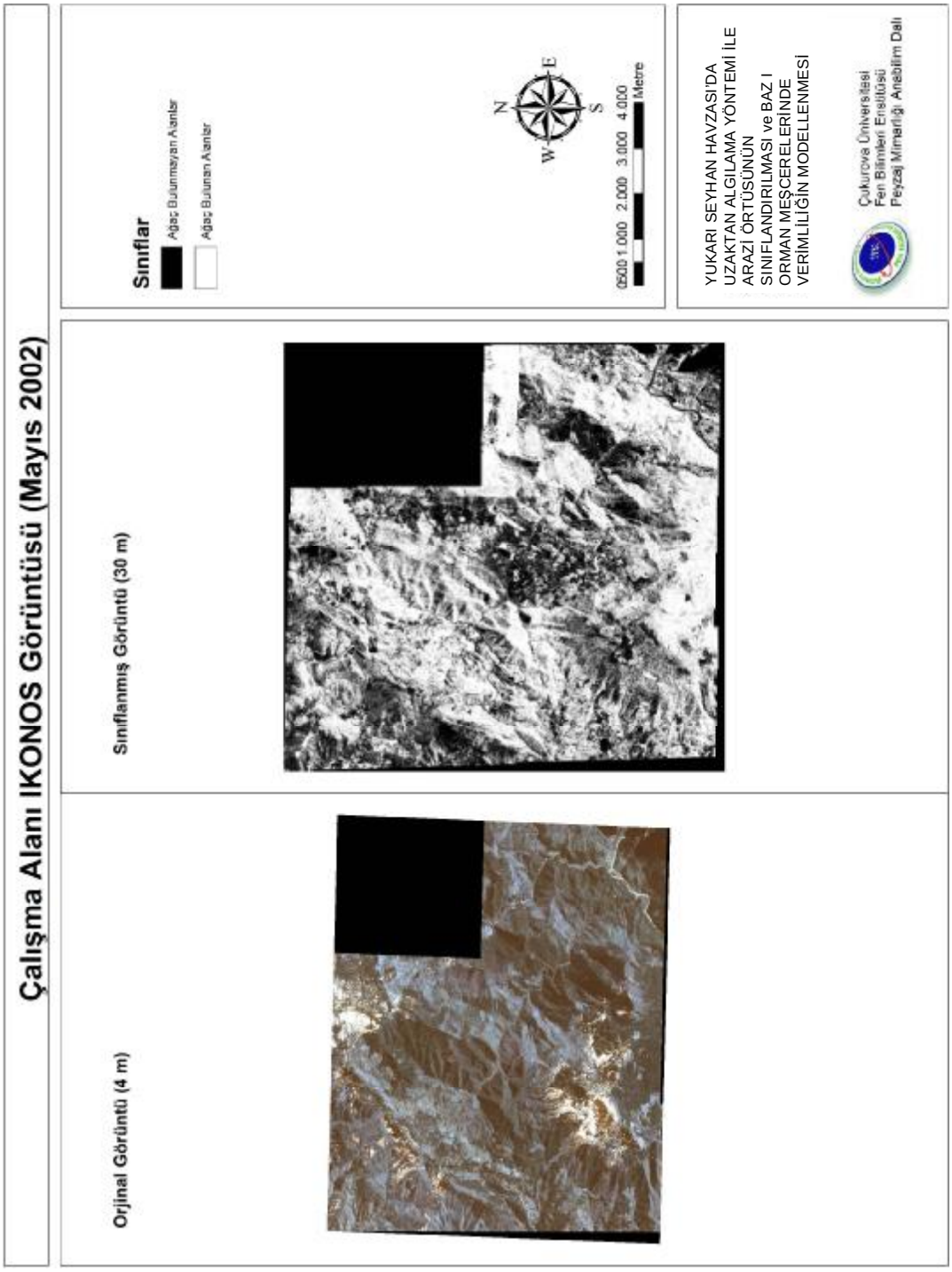
Sınıflamaya ek olarak, çalışmada regresyon ağacı yönteminin doğruluğunu artırmak amacı ile her bir LANDSAT ETM+ görüntüsü için ayrı ayrı NDVI metriği üretilerek, LANDSAT ETM+ bandlarına eklenmiştir. Test veri setinin hazırlanmasındaki son aşamada, NDVI metriğinin de eklenmesi ile band sayısı 7 ye yükselen LANDSAT ETM+ görüntüleri birleştirilerek, 35 bandlı tek bir görüntü oluşturulmuştur.



Şekil 4.3. Orijinal IKONOS Görüntüsü (4 m) ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (30 m).



Şekil 4.4. Orijinal IKONOS Görüntüsü (4 m) ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (30 m).



Şekil 4.5. Orijinal IKONOS Görüntüsü (4 m) ve Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (30 m).

4.4.2. Tahmin Edici Değişkenlerin Seçilmesi

Çalışmanın bu aşamasında, modele daha fazla katkıda bulunan değişkenlerin seçilmesi ve üretilen sonucun doğruluğunun artırılması amacı ile Geri adım doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak, tüm veri seti içerisinden yararlı değişkenler seçilmiştir. 35 bandlı LANDSAT ETM+ görüntüsünden SLR yöntemi ile 23 adet en yararlı tahmin edici değişken seçilmiştir. SLR yöntemi ile 35 band içerisinden seçilen 23 band, Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Geri adım doğrusal yönteminin sonucundaki korelasyon katsayısı, regresyon ağacı modelinin doğruluğunu ifade etmektedir. Belirlenen korelasyon katsayısı yüz ile çarpıldığında yöntem sonucunun doğruluk yüzdesi bulunmaktadır. Çalışmada yöntemin doğruluğunu ifade eden, çoklu r^2 % 71 olarak bulunmuştur. Seçilen bu 23 band, ağaç kapalılık tahmini için regresyon ağacı yönteminde tahmin edici değişken olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.6. SLR Yöntemi ile Seçilen Bandlar

Tahmin Edici Değişken	Aylar
Yüzey Yansımaları	*17 Ağustos 2003 (b1, b2, b3, b4, b5), 12 Aralık 2002 (b10, b11, b12, b14),30 Haziran 2003 (b15, b16, b18, b19, b21), 5 Mayıs 2003 (b23, b24, b25, b 26, b27, b28, 4 Ekim 2003 (b31, b33, b35)*

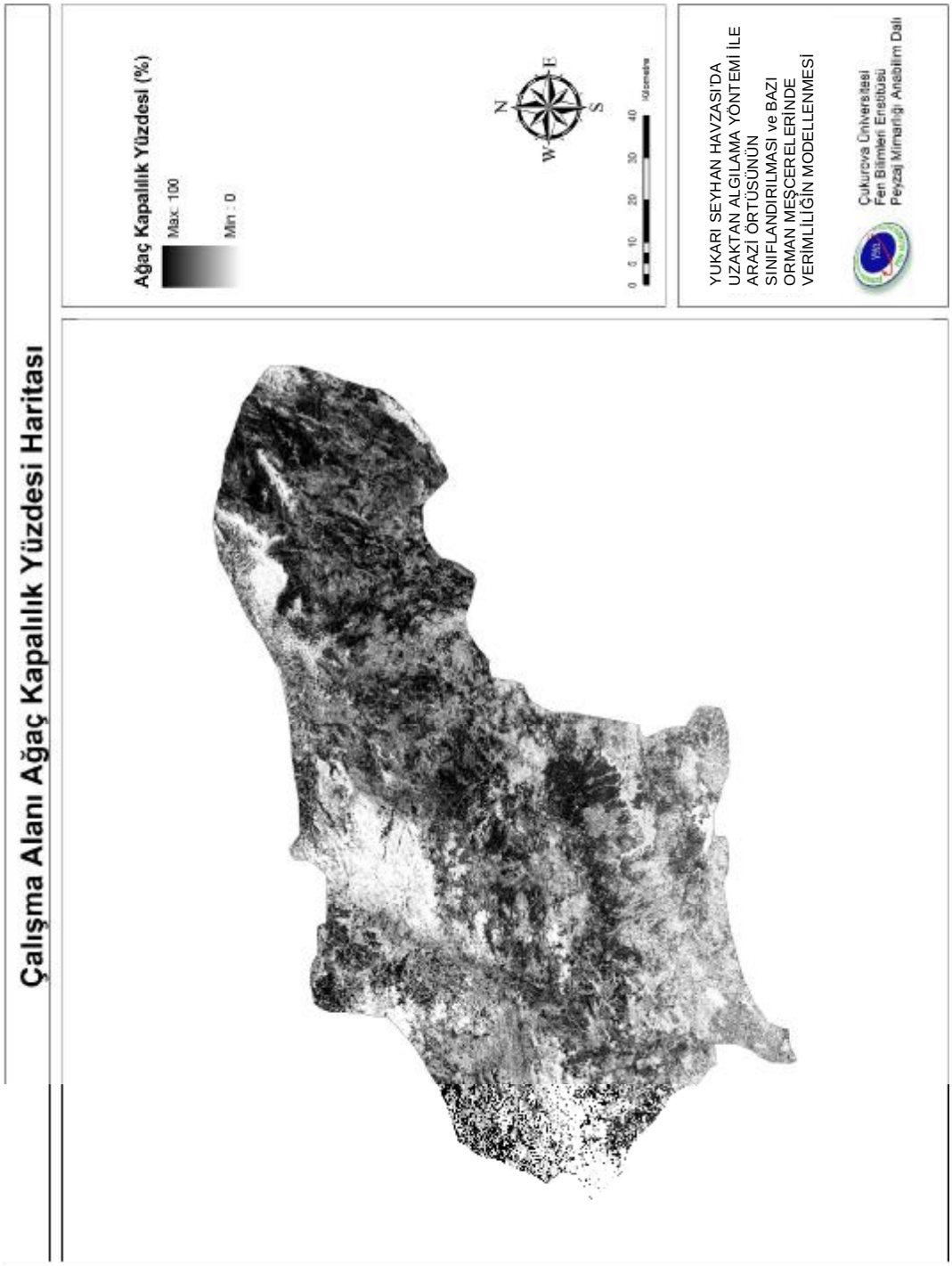
4.4.3. Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası ve Elde Edilen Bulgular

Regresyon Ağacı algoritması kullanılarak üretilen ağaç kapalılık yüzde verisi sonuç haritasına dönüştürülmüş ve 30 m çözünürlü ağaç kapalılık yüzdesi haritası elde edilmiştir (Şekil 4.6). Ağaç kapalılık haritasında, kapalılık değerleri yüzde olarak ifade edilmekte ve alandaki kapalılık değerleri 0 ile 100 arasında değişmektedir.

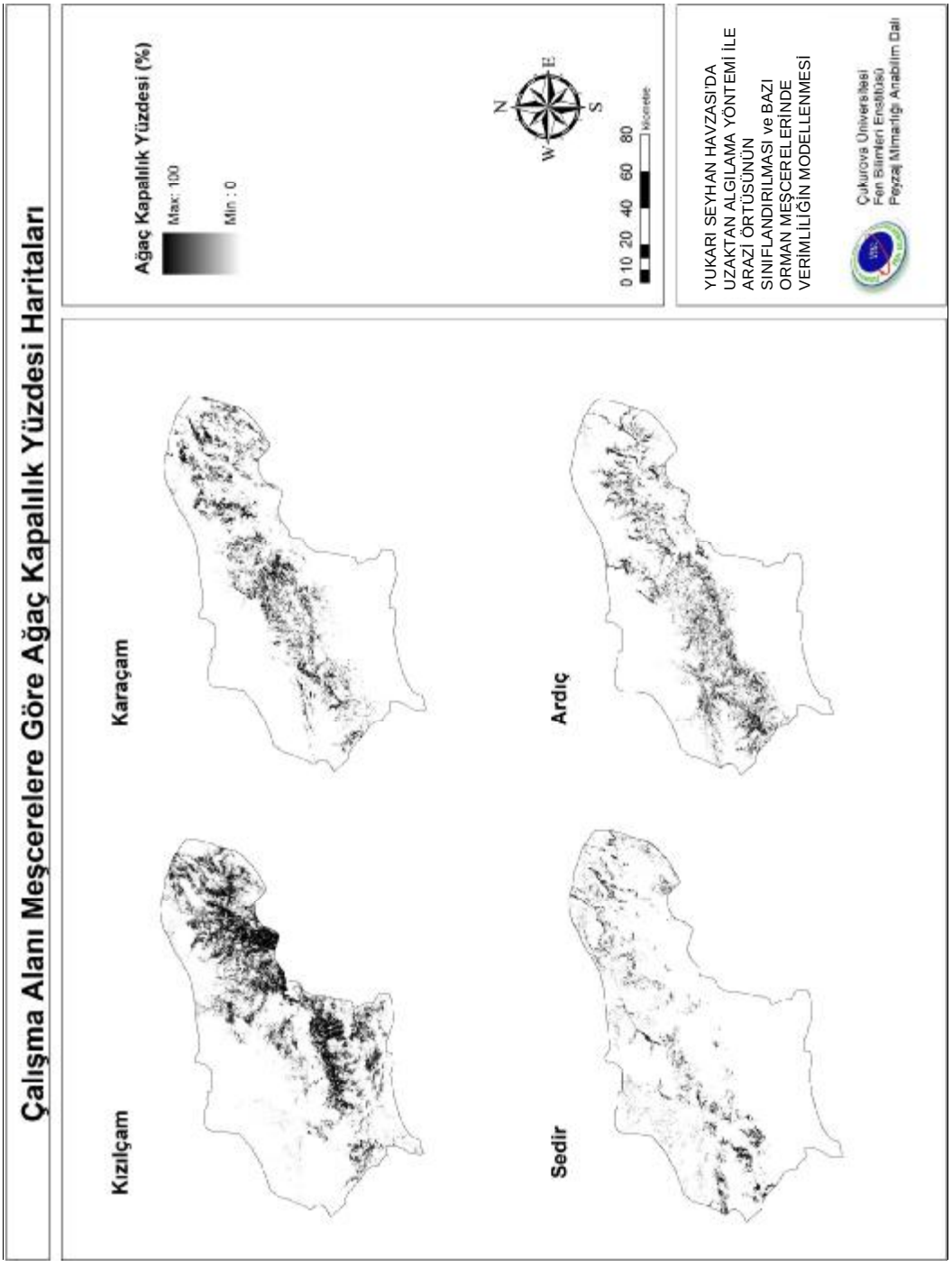
Ağaç kapalılık yüzdesi haritası, alan içerisindeki tüm meşcerelerin kapalılık yüzdeleri hakkında genel fikir vermekte, harita üzerinde açık alanlar, su yüzeyleri ve tarım alanları ile ormanlık alanlar ayırt edilebildiği gibi tüm orman alanının kapalılık durumu gösterilmektedir. Ancak, harita üzerinden meşcerelerin ayrımı yapılamamaktadır. Meşcerelere ait ağaç kapalılık yüzdesi haritalarının oluşturulması amacı ile 18 arazi sınıfından oluşan arazi örtüsü haritasından yararlanılmıştır.

Bu aşamada, ağaç kapalılık yüzdesi haritası ile arazi örtüsü haritası ilişkilendirilerek meşcere bazında ağaç kapalılık yüzdesi haritaları elde edilmiştir. Bu haritalarda, meşcerelerin çalışma alanı içindeki yayılım alanları ve kapalılık yüzdeleri gösterilmektedir (Şekil 4.7, 4.8, 4.9).

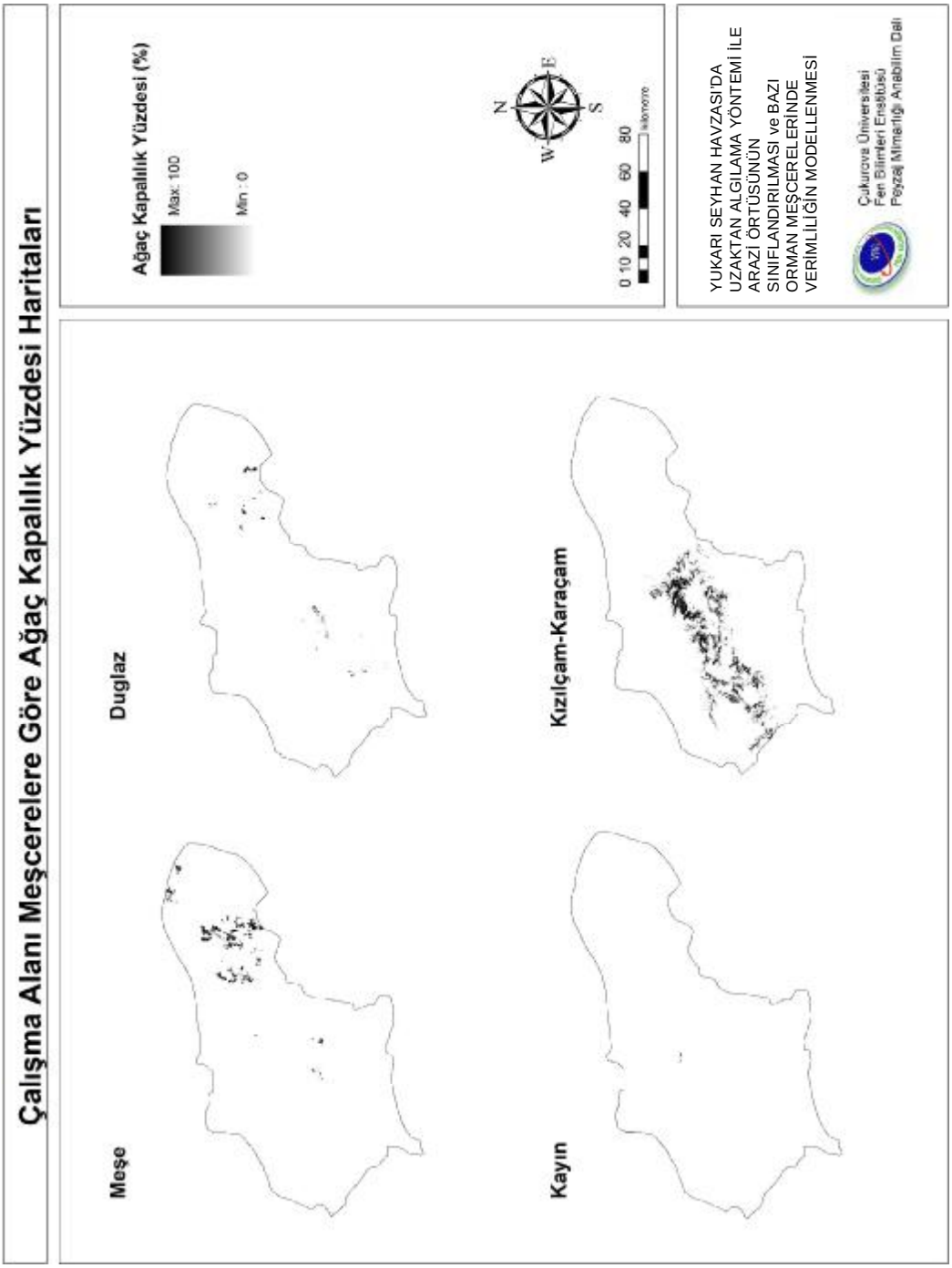
Vejetasyon çeşitliliği bakımından zengin bir yapı gösteren mevcut orman örtüsü, çalışma alanında güneybatıdan kuzeydoğuya yayılım göstermektedir. Çalışma alanına ait ağaç kapalılık yüzdesi haritası incelendiğinde, kapalılık yüzdesinin, alanın orta ve kuzeydoğu kesimlerinde arttığı, kuzey, kuzeybatı ve güney kesimlerinde ise azaldığı görülmektedir. Alanın orta ve kuzeydoğu kesimlerinin dağlık ve engebeli bir topoğrafyaya sahip olması ve antropojenik etkinin azlığı nedeni ile bu alanlardaki orman örtüsü yüksek kapalılık göstermektedir. Özelikle, dik yamaçlarda ve dağ eteklerinde kapalılık yüzdesi oldukça yüksektir. Yerleşimler, tarım alanları, kireçli alanlar ve yüksek kesimlerdeki meralarda kapalılık değerleri çok düşüktür.



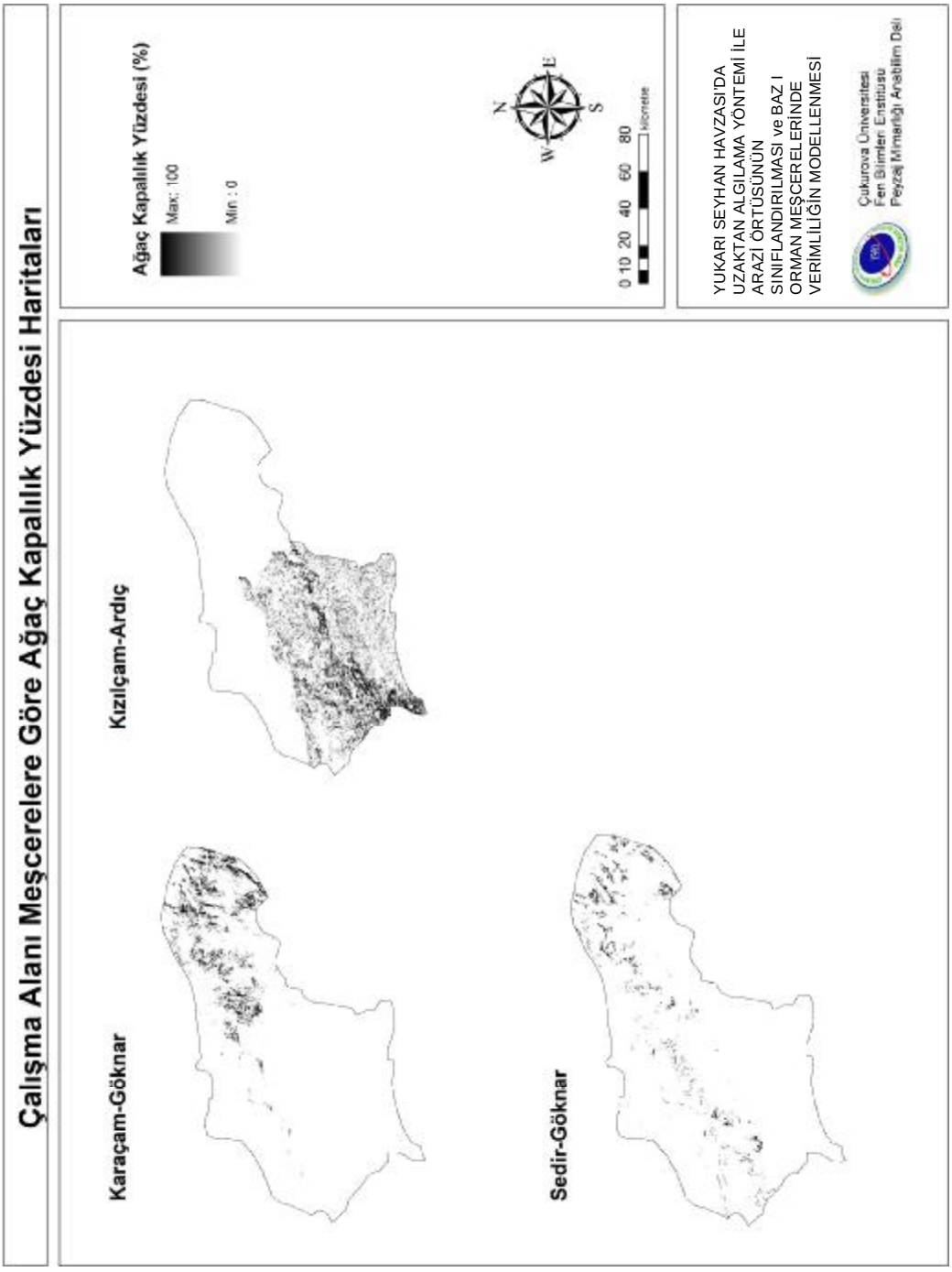
Şekil 4.6. Çalışma Alanına Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası



Şekil 4.7. Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşcerelerine Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritaları

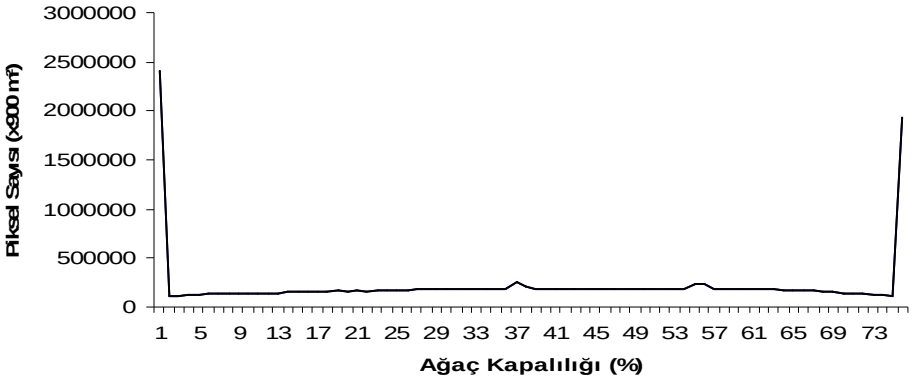


Şekil 4.8. Meşe (*Quercus spp*.), Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*), Kayın (*Fagus orientalis*), Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) Meşcerelerine Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritası



Şekil 4.9. Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*), Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*), Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Karışık Meşcerelere Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Haritaları

Ağaç kapalılık değerlerine sahip piksel sayılarının bulunduğu ağaç kapalılık histogramları, çalışma alanındaki örtülülüğün durumunu yansıtmaktadır. Histogramlar, farklı kapalılık yüzdelerine sahip piksellerin anlaşılması açısından önemlidir. Görsel anlamda, yoğunluğun hangi piksellerde olduğu net bir şekilde görülmektedir.Şekil 4.10'da görüldüğü üzere, % 0 kapalılığa sahip alanlar yani açık alanlar, tüm alanın % 14.36'sını kaplarken, % 100 kapalılığa sahip alanlar da % 11.48'ini kaplamaktadır.



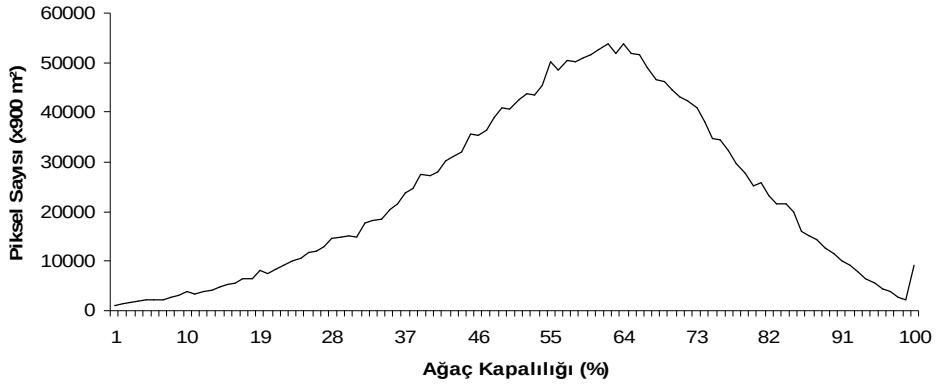
Şekil 4.10. Çalışma Alanına Ait Ağaç Kapalılık Yüzdesi Histogramı

Herdemyeşil iğne yapraklı türler olan Kızılçam (*Pinus brutia)*, Karaçam (*Pinus nigra*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) ve Sedir (*Cedrus libani*) meşcereleri alan içerisinde saf halde yayılım gösterdikleri gibi karışık meşcereler halinde de bulunmaktadır. Tüm meşcereler kendi içinde farklı yüzdelerde kapalılık değerlerine sahiptir. Özellikle, Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Karaçam (*Pinus nigra*) meşcereleri diğer meşcerelere oranla daha yüksek kapalılığa sahiptir. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia- Pinus nigra*), Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia- Juniperus excelsa*), Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica)* ve Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica)* karışık meşcereleri, alanda geniş bir şekilde yayılım göstermekte ve kapalılık yüzdeleri yüksektir. Göknar (*Abies cilicica*) alanda saf olarak bulunmamakta, Sedir (*Cedrus libani*) ve Karaçam'ın (*Pinus nigra*) yayılım

alanlarında diğer türlerle karışık olarak bulunmaktadır. Alanda ayrıca, saf ve bozuk durumda Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*) meşceresi de bulunmaktadır.

Herdemyeşil iğne yapraklı türlere ek olarak, alan içerisinde geniş yapraklı türlerden olan Meşe (*Quercus spp.*) ve Kayın (*Fagus orientalis*) çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu türlerden Meşe (*Quercus spp.*), alanın kuzeydoğusunda Karaçam (*Pinus nigra*) ve Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları içinde saf halde bulunurken, saf Kayın (*Fagus orientalis*) meşceresi çok sınırlı bir alanda yayılım göstermektedir.

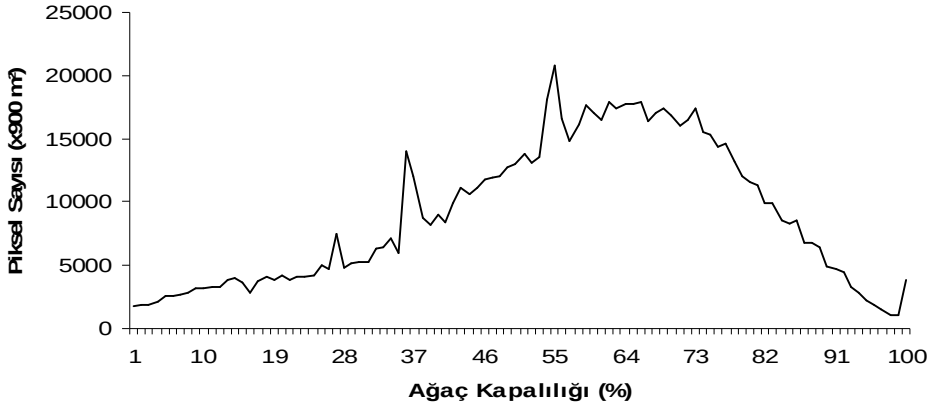
Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi orman varlığının bulunduğu bütün alanlarda ve tüm yükseltilerde saf ve karışık halde yayılım göstermektedir. Şekil 4.11'de görüldüğü gibi, meşcere genel olarak, % 10-95 arasında bir kapalılık yüzdesine sahiptir ve tüm çalışma alanının % 14.01'sini kaplamaktadır. En geniş piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değerleri, % 55-75 arasında değişmektedir.



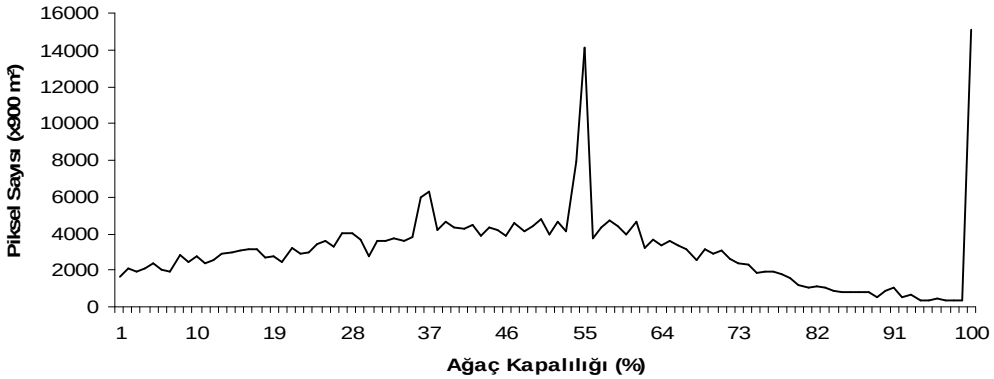
Şekil 4.11. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinden sonra alandaki ikinci baskın tür olan ve alan içerisinde güneybatıdan kuzeydoğuya doğru yayılım gösteren Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi tüm çalışma alanının % 5.42'sini kaplamaktadır. Genel olarak, % 35-90 arasında değişen oldukça iyi bir kapalılık yüzdesine sahiptir ve en fazla piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değerleri % 55-80 arasındadır (Şekil 4.12).

Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi çalışma alanının güneyi dışında alanda geniş yayılım göstermektedir. Çalışma alanının % 2'sini kaplayan ve alanın batısında yer alan Sedir meşceresinin kapalılığı yüksektir. Şekil 4.13'de görüldüğü gibi, Sedir meşceresinin kapalılık yüzdeleri içinde en fazla piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değerleri, % 55 ve 100 değerleridir.



Şekil 4.12. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı.

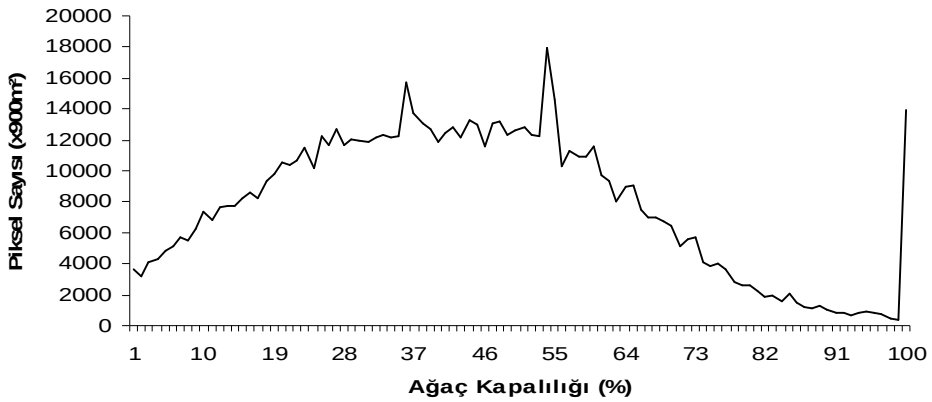


Şekil 4.13. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

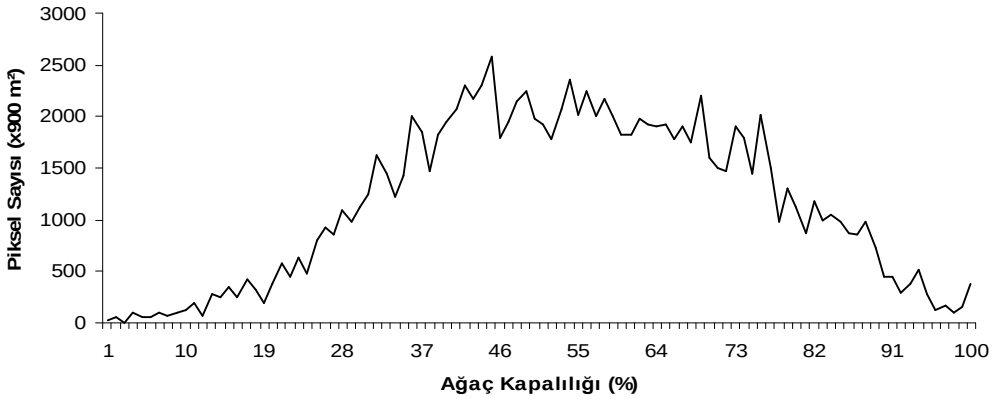
Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi de, Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresinde olduğu gibi alan içerisinde güneybatı kuzeydoğu yönünde yayılım göstermekte ve genelde % 10-70 arasında kapalılık değerlerine sahiptir. Alanda orta derecede bir

kapalılık yüzdesine sahip Ardıç meşceresinde, en fazla piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değeri, % 55'tir (Şekil 4.14). Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, çalışma alanının % 4.84'ünü kaplamaktadır.

Herdemyeşil ağaç türlerinden olan Meşe (*Quercus spp.*) meşceresi, tüm çalışma alanının % 0.69'unu kaplamakta ve alanın kuzeydoğusunda yayılım göstermektedir. Bu tür orta derecede kapalılık yüzdesine sahiptir. Yoğun olarak, % 15-75 kapalılık yüzdesine sahip olan meşcere, yer yer % 100 kapalılık göstermektedir. Şekil 4.15'te görüldüğü gibi, en fazla piksel sayısına sahip kapalılık değeri, % 55'tir.

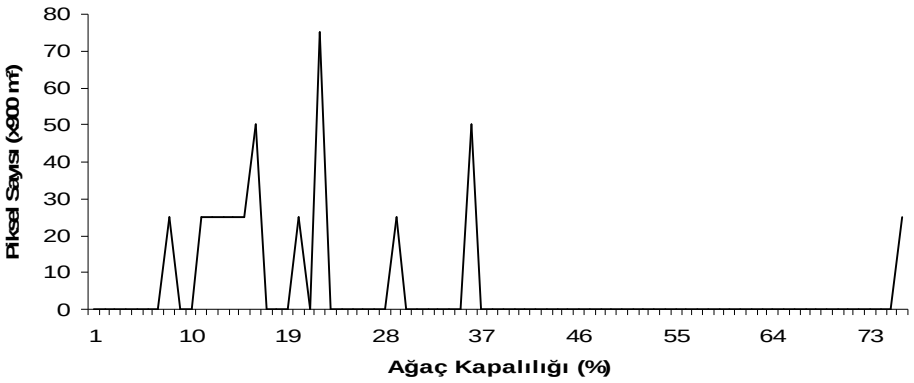


Şekil 4.14. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı



Şekil 4.15. Meşe (*Quercus spp.*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

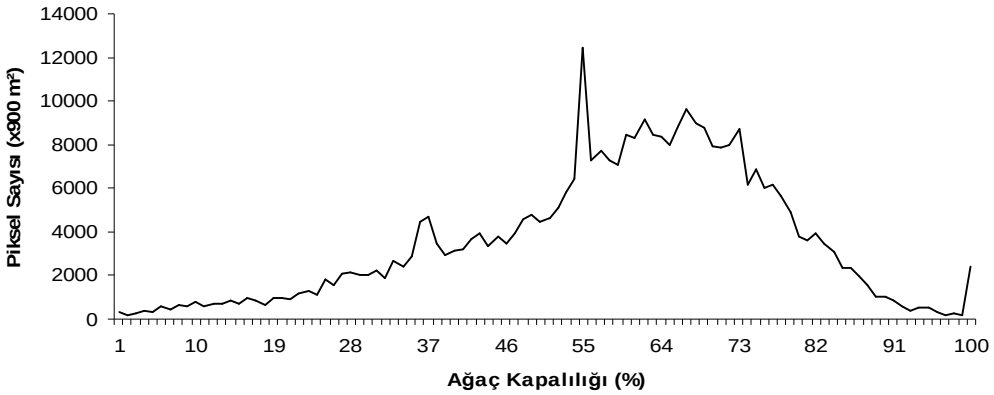
Diğer bir geniş yapraklı tür olan Kayın (*Fagus orientalis*), Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Sedir (*Cedrus libani*) meşcerelerinin içinde çok dar bir alanda görülmektedir. Yoğun olarak, % 10-18 düşük bir kapalılık yüzdesine sahip olan türün, en fazla piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değeri % 22'dir. Çalışma alanı içinde kapladığı alan, % 0.002'dir (Şekil 4.16).



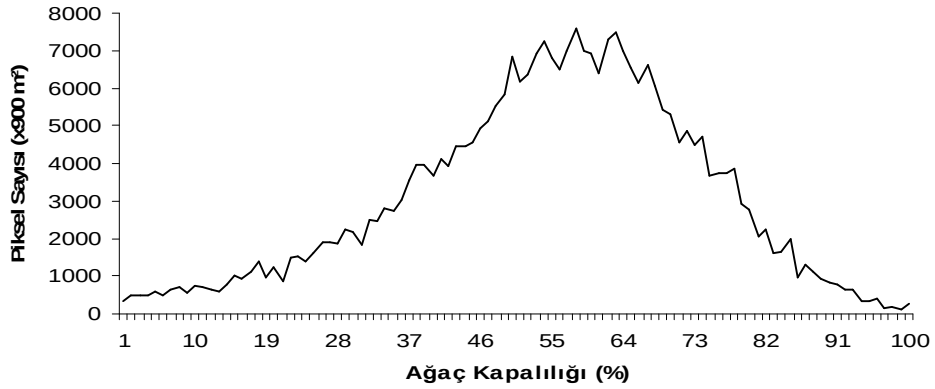
Şekil 4. 16. Kayın (*Fagus orientalis*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

Çalışma alanının % 2.08'ini kaplayan Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) karışık meşceresi alanın orta kesimindeki dağlık alanda yayılım göstermektedir. Genel olarak, % 50-80 arasında değişkenlik gösteren oldukça iyi kapalılık yüzdesine sahiptir. Histogramda en yüksek piksel değerine sahip kapalılık yüzdesi değeri, % 57'dir (Şekil 4.17).

Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) karışık meşceresi, alanda saf Meşe (*Qercus spp.*) meşceresi ile birlikte yayılım göstermekte ve çalışma alanının % 1.88'ini kaplamaktadır. % 50-80 arasında değişkenlik gösteren iyi bir kapalılık yüzdesine sahiptir (Şekil 4.18).

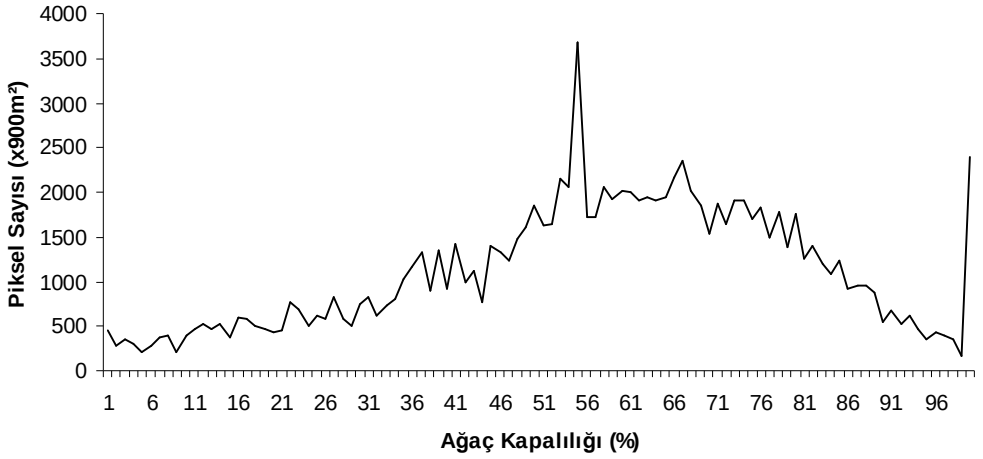


Şekil 4.17. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı



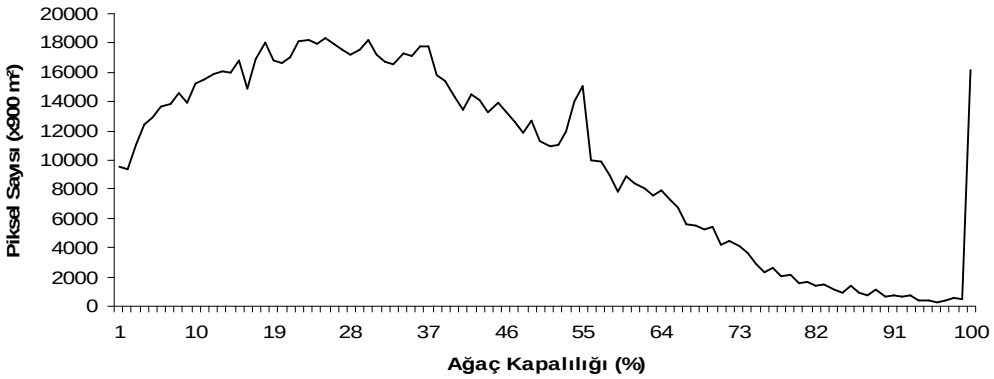
Şekil 4.18. Kızılçam-Göknar (*Pinus brutia-Abies cilicica*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) karışık meşceresi, alanın güneybatısından kuzeydoğusuna doğru uzanan orman alanı boyunca yayılım göstermektedir. Çalışma alanının % 0.67'sini kaplayan meşcere, genel olarak, % 45-95 arasında değişiklik gösteren iyi derecede bir kapalılık yüzdesine sahiptir. En fazla piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değeri, % 55'tir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

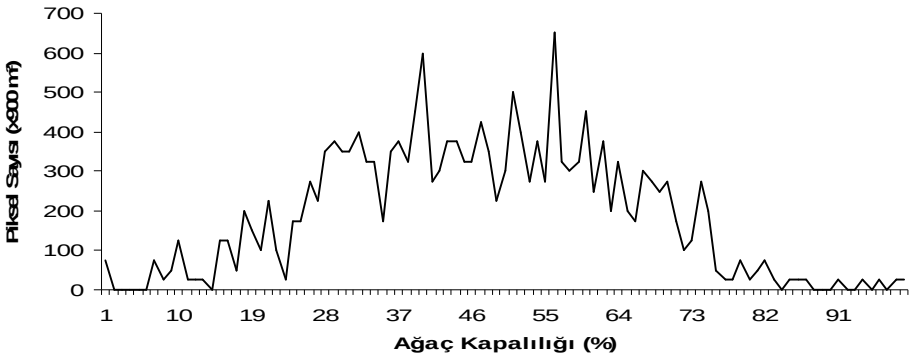
Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) karışık meşceresi ise, tüm çalışma alanı içerisinde % 6.47'lik bir alanı kaplamakta ve alanın orta kesimleri ile güneyinde yer almaktadır. %2-80 arasında çok değişken bir kapalılık yüzdesi değerlerine sahip meşcere, düşük kapalılıktadır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

Çalışma alanında bozuk olarak bulunan Duglaz (*Pseudotsuga spp*), tüm çalışma alanı içinde % 0.11'lik bir alanda yayılım gösterir. % 20-75 arasında

kapalılık yüzdesi değerlerine sahiptir. En fazla piksel sayısına sahip kapalılık yüzdesi değeri, % 58'dir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Duglaz (*Pseudotsuga spp*) Meşceresine Ait Ağaç Kapalılık Histogramı

4.5. Döküntü Miktarları

Döküntü miktarının ölçümü, orman ekosisteminde tutulan karbon miktarının belirlenmesi için önemli bir değişkendir. Çalışma kapsamında iklim ve arazi koşulları elverdiği ölçüde, çalışma alanındaki meşcereleri temsil eden örnek parsellerden birim alana düşen döküntüler tuzaklar aracılığı ile toplanarak, laboratuar ortamında kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Kuru ağırlıkları elde edilen döküntüler, yaprak, dal, üreme organları ve diğer kısımlar olarak ayrılmıştır (Çizelge 4.7). Aylık döküntü miktarları, meşcere bazında ayrı ayrı olmak üzere mevsimlere ve yıla göre genellenmiştir.

Yıllık toplam döküntü miktarları, çalışma alanının % 13.92'sini kaplayan Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinde 417.17 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, % 11.32'sini kaplayan karışık (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*) meşcerede 291.13 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, % 5.33'ünü kaplayan Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresinde 115.53 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, % 4.68'ini kaplayan Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresinde 54.65 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, % 1,94'ünü kaplayan Sedir (*Cedrus libani*) meşceresinde ise 45.9 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$ olarak sıralanmaktadır.

Çizelge 4.7. Çalışma Alanındaki Meşcerelere Ait Döküntülerin Bileşenlerine Göre Ayrışımı

TÜR	İğne yaprak (%)	Odunsu materyal (%)	Üreme materyali (%)	Diğerleri (%)
Pinus nigra	30	10	40	20
Cedrus libani	60	20	10	10
Karışık meşcere*	60	10	20	10
Pinus brutia	50	20	10	20
Juniperus excelsa	90	0.0	10	0.0

* Karışık meşcere (*Abies cilicica, Pinus nigra,Cedrus libani*)

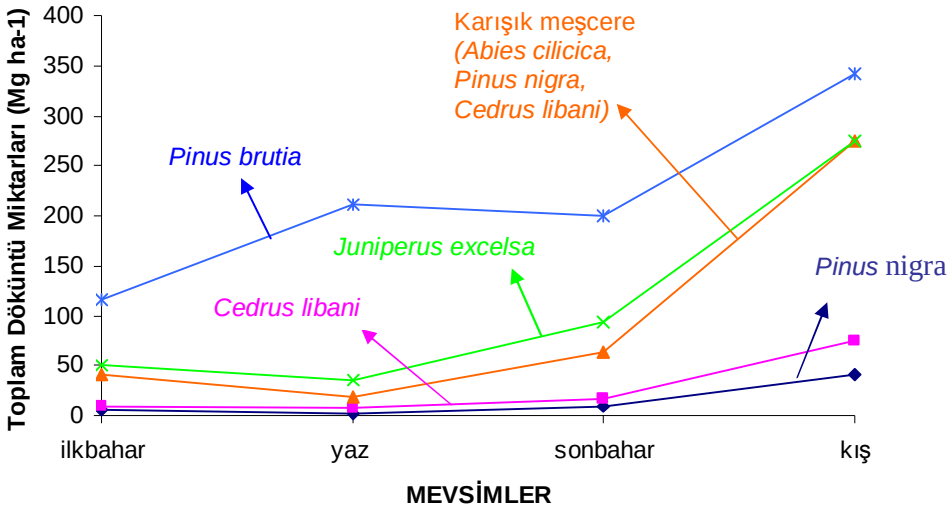
Mevsimlere ait toplam döküntü miktarları Şekil 4.22'de verilmektedir. Buna göre, ilkbahar mevsimindeki toplam döküntü miktarları büyük değerden düşük değere doğru, 66.51 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 30.59 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 9.61 Mg ha^{-1} ile Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, 6.4 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi ve 3.49 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi şeklinde sıralanmaktadır.

Yaz mevsimindeki toplam döküntü miktarları da sırasıyla, 177,55 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 15.14 Mg ha^{-1} ile Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, 12.45 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 4.4 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi ve 2.6 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi şeklindedir.

Sonbahar mevsimindeki toplam döküntü miktarları sırasıyla düşük değere doğru, 105.29 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 48.17 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 29.90 Mg ha^{-1} ile Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, 5.94 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi ve 2.6 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi şeklinde sıralanmaktadır.

Kış mevsimindeki toplam döküntü miktarları ise sırasıyla düşük değere doğru, 199.92 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 68.12 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 42 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi ve 32.07 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi şeklinde

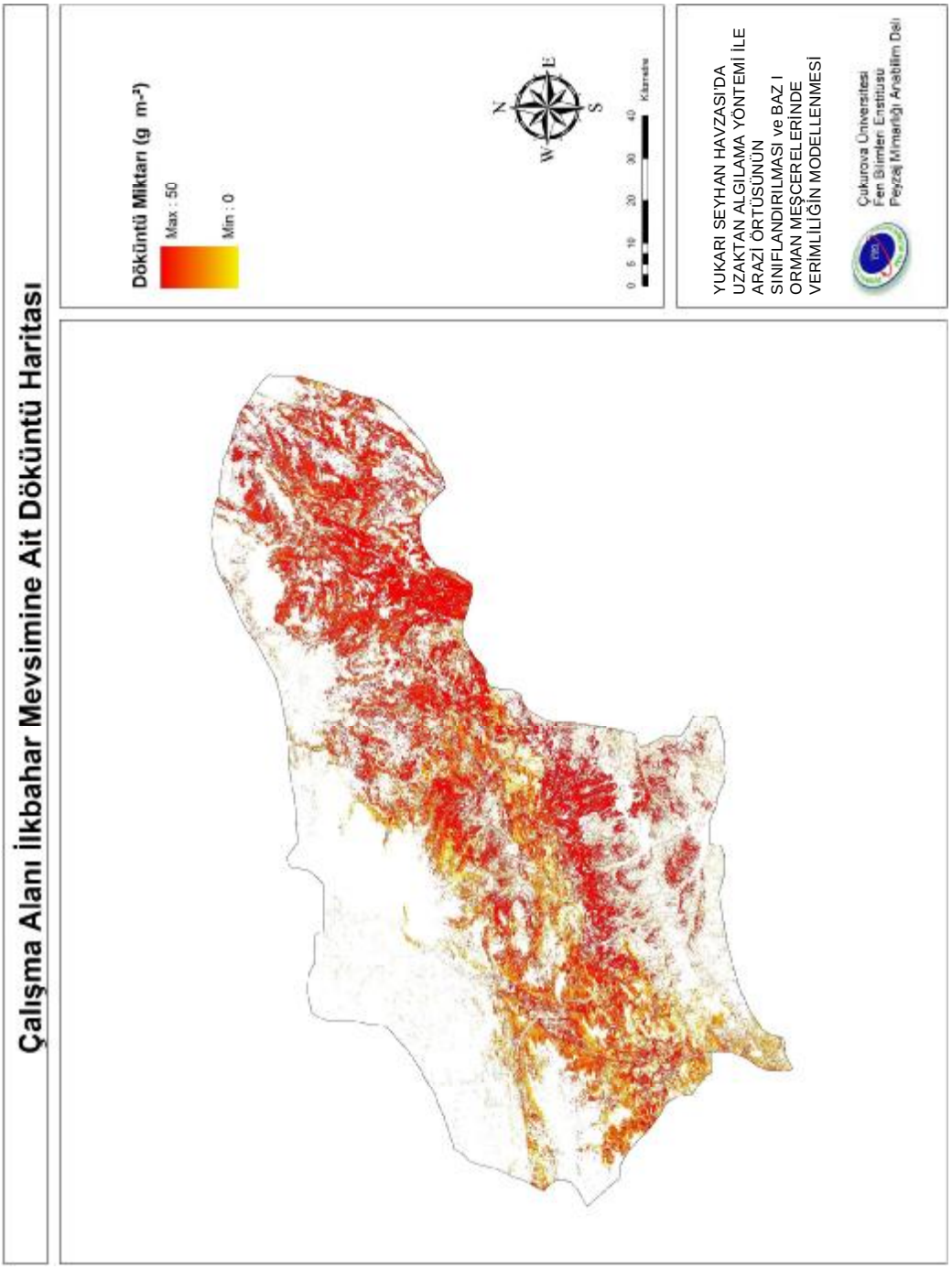
sıralanmaktadır.



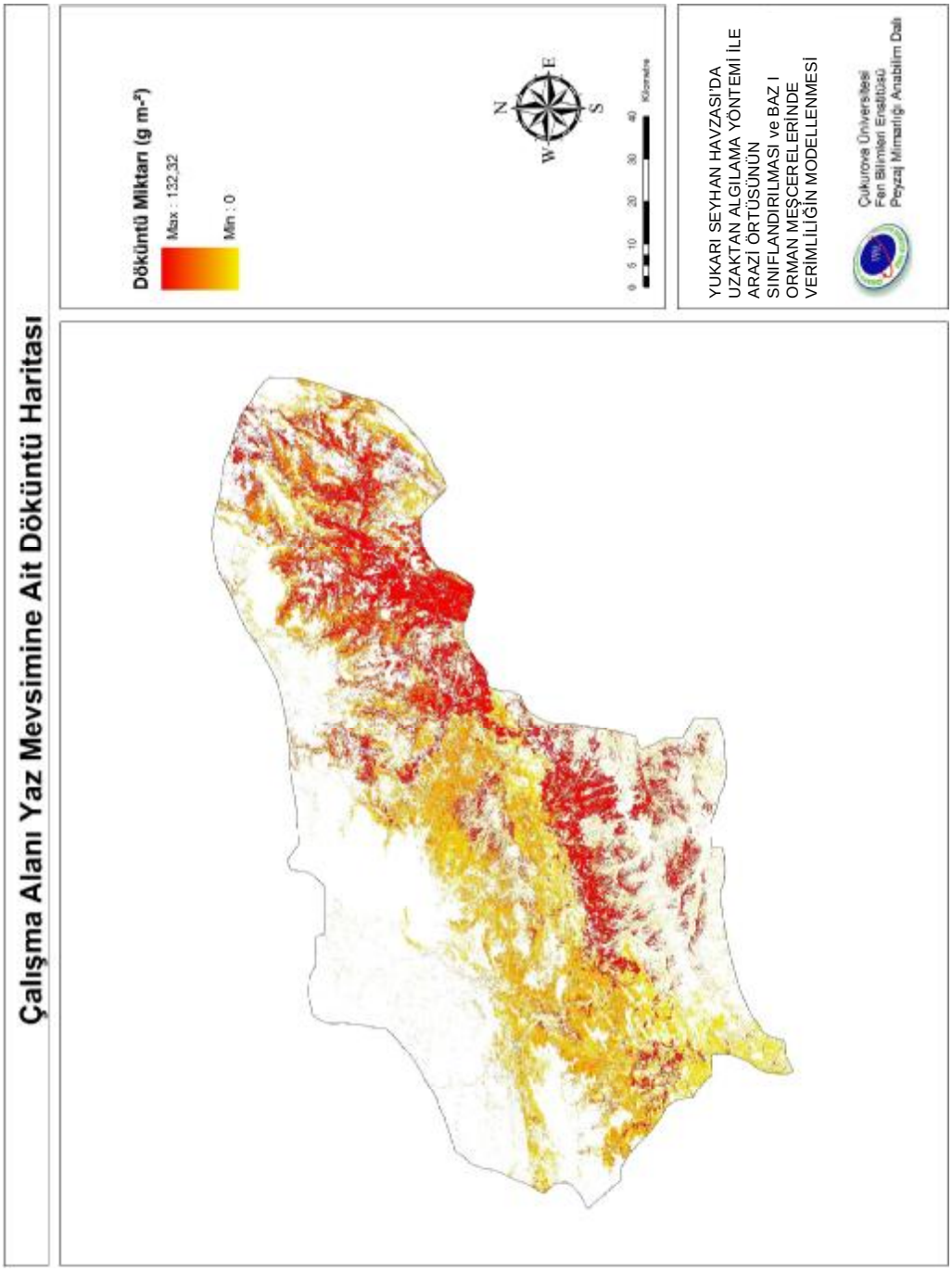
Şekil 4.22. Meşcerelere Ait Toprak Üstü Döküntü Miktarları (Mg ha^{-1}) (yaprak + dal + tohum + diğer parçalar)

Örnek parseller, çalışma alanı içinde en yüksek kapalılık yüzdelerine sahip alanlardır. Bu nedenle, bu alanlardan alınan döküntüler üst değeri oluşturacak şekilde modellenerek, tüm alan için döküntü miktarları ile ağaç kapalılık yüzdesi haritası ilişkilendirilerek, kapalılığa göre mevsimsel döküntü haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.23, 4.24, 4.25, 4.26). Haritalar ait oldukları mevsim içinde döküntü miktarının en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki dağılımı göstermektedir.

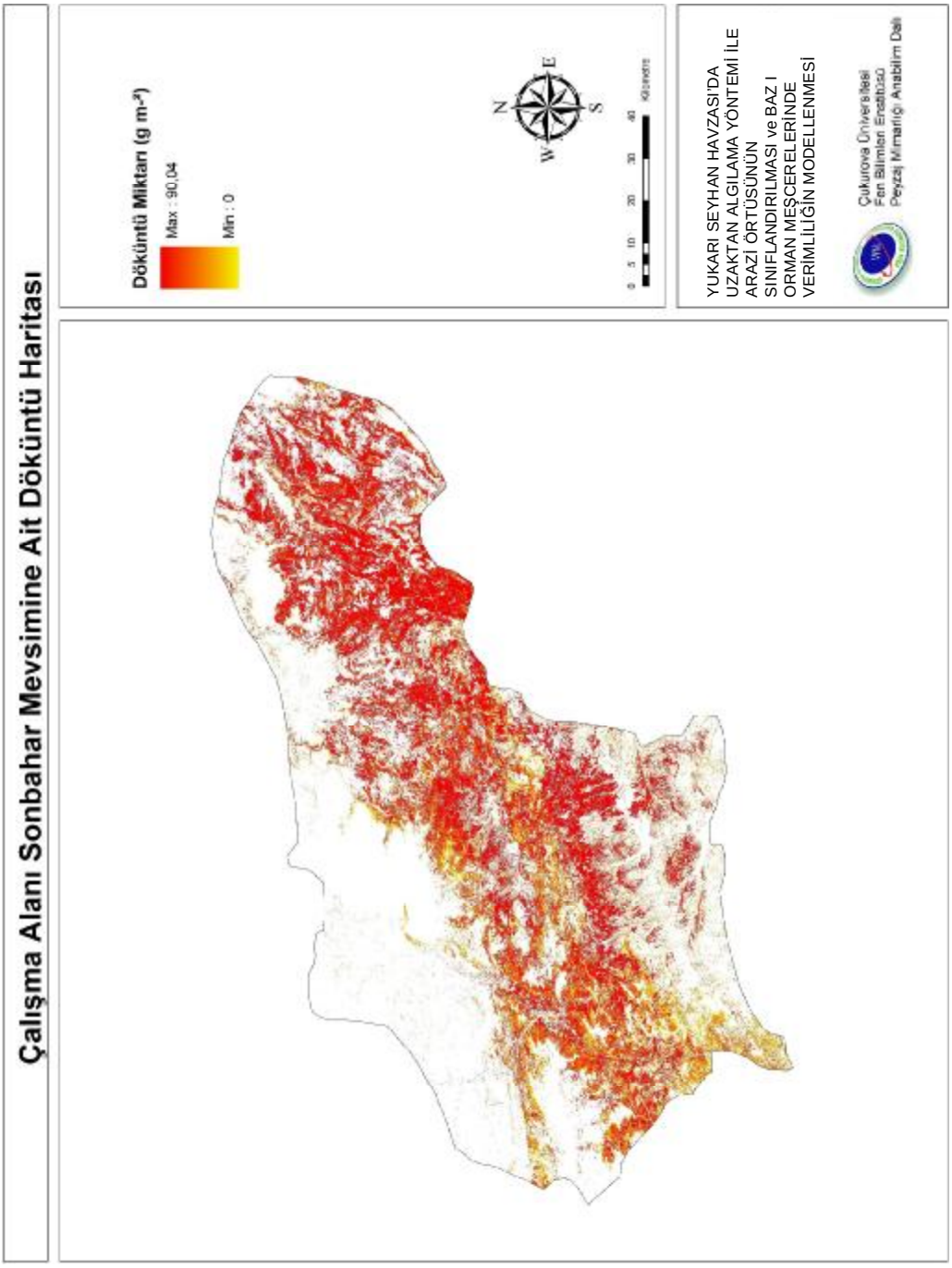
Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi yaz mevsiminde döküntü miktarında artış gösterirken, Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi sonbaharda, Sedir (Cedrus libani), Karaçam (Pinus nigra) ve karışık meşcerelerde (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*) kışın artış gösterir. Meşcerelerin yoğun şekilde bulunduğu alanlar, orta, güney ve kuzeybatı kesimleridir. Bu nedenle döküntü miktarları buralarda daha yüksektir.



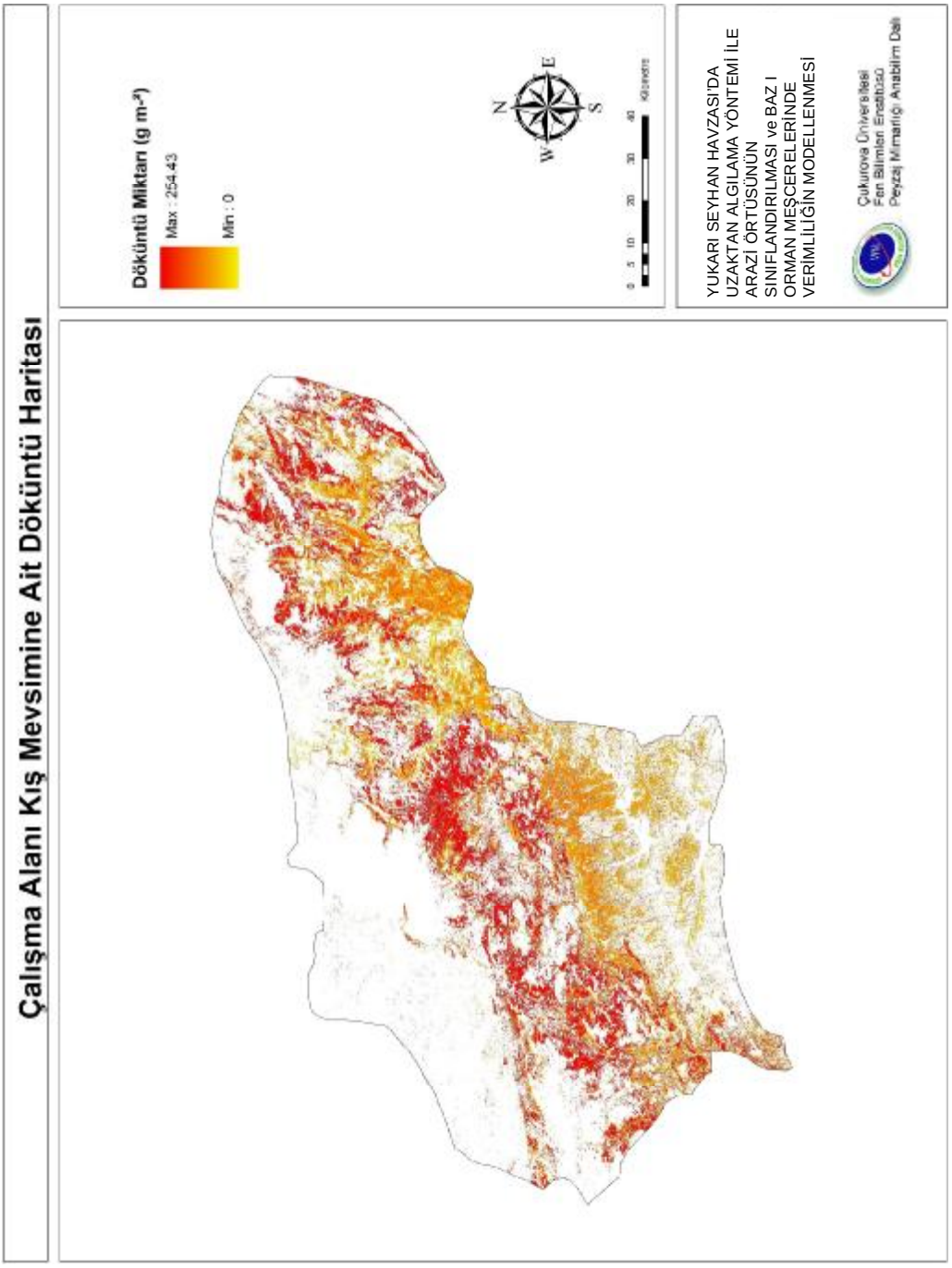
Şekil 4.23. Çalışma Alanı İlkbahar Mevsimine Ait Döküntü Haritası



Şekil 4.24. Çalışma Alanı Yaz Mevsimine Ait Döküntü Haritası



Şekil 4.25. Çalışma Alanı Sonbahar Mevsimine Ait Döküntü Haritası



Şekil 4.26. Çalışma Alanı Kış Mevsimine Ait Döküntü Haritası

4.6. Karbon Miktarlarına Ait Bulgular

Çalışmada meşcerelere ait kuru döküntü (DW) ağırlıkları, karbona (C) dönüştürülürken, 0.45 katsayısı kullanılmış (Evrendilek ve ark., 2006) ve meşcerelere göre karbon miktarları tahmin edilmiştir. Tüm alandaki meşcerelere ait mevsimlere göre karbon üretim miktarlarının ortalamaları bulunarak, grafikleri oluşturulmuştur. Grafikler karbon üretim değerleri arasındaki farkları sayısal olarak ifade etmektedir.

Tüm alandaki yıllık toplam karbon üretim miktarları sırasıyla, Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinde 187.72 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, karışık meşcerede (*Abies cilicica, Pinus nigra, Cedrus libani*) 131 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresinde 51.98 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresinde 24.59 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Sedir (*Cedrus libani*) meşceresinde ise 20.65 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$'dır.

Çalışma kapsamında alandaki tüm meşcerelere ait toplam karbon miktarları da tahmin edilmiştir. Ayrıca, çalışmada görsel açıdan üretim değerlerinin ve alan içerisindeki dağılımlarının daha iyi anlaşılması amacı ile mevsimlere göre birim alandaki en yüksek ve en düşük karbon üretim değerlerinin verildiği haritalar üretilmiştir. Döküntü haritaları ile kapalılık yüzdesi haritaları ilişkilendirilmiştir. Haritalarda meşcerelerin karbon üretimleri görüldüğü gibi aynı zamanda bu değerler kapalılık yüzdeleri de hesaba katılarak haritalara yansıtılmıştır. En yüksek karbon değeri % 100 kapalılığa sahip alanlara aitken, minimum değerler de % 0 kapalılığa sahip alanlara ait değerlerdir.

Buna göre, ilkbahar mevsimindeki toplam karbon miktarları büyük değerden düşük değere doğru, 29.92 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 13.76 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 4.32 Mg ha^{-1} ile Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, 2.88 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi ve 1.57 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi şeklinde sıralanmaktadır.

İlkbahar mevsimine ait karbon üretim haritası Şekil 4.27'de, alanın özellikle, Çatalan Baraj Gölü'nün kuzey bölümlerini kapsayan orta kesimi ile Feke ve Aladağ

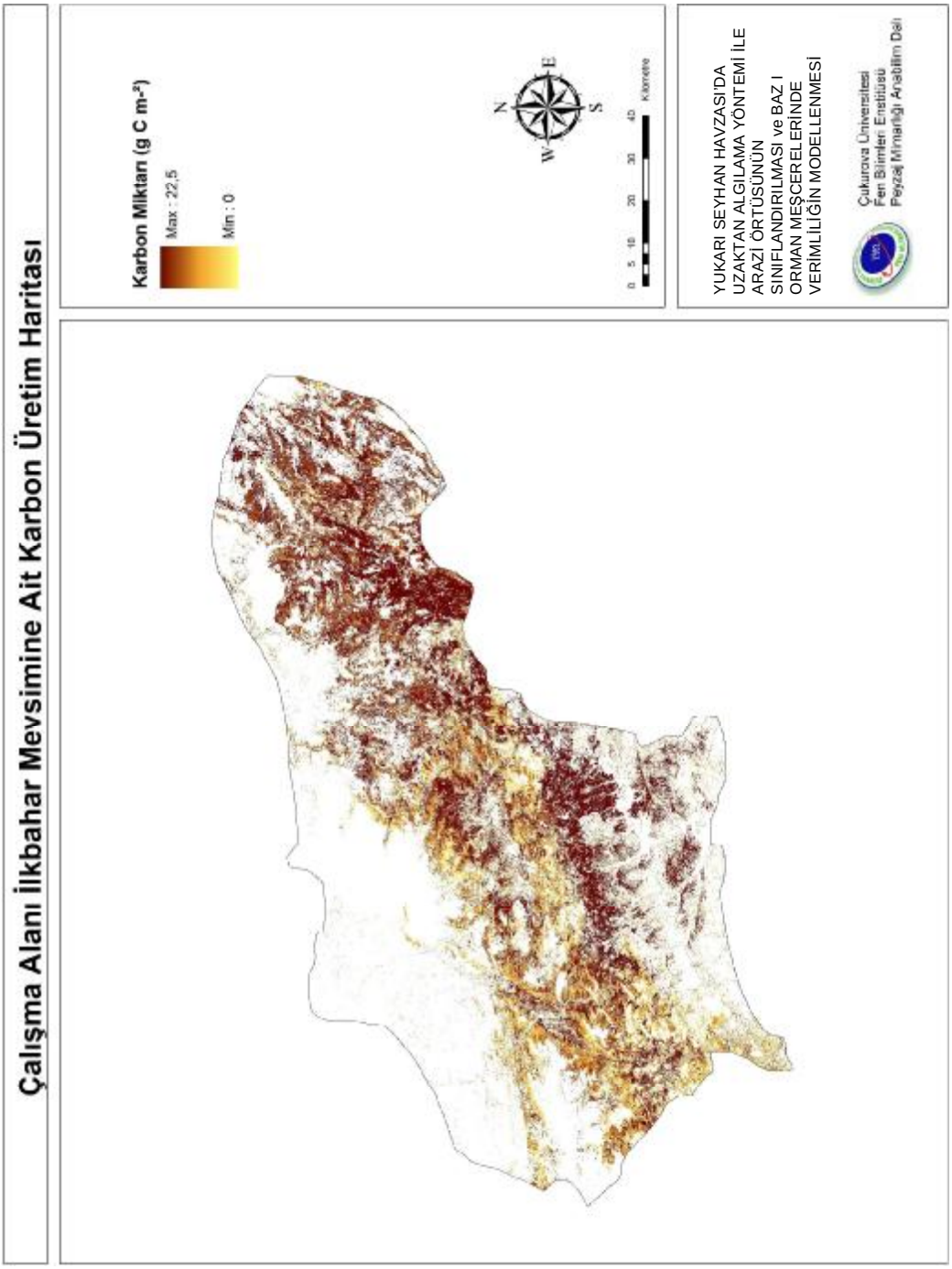
İlçelerinin yer aldığı kuzeydoğu kesiminin alt taraflarındaki alanlarda karbon üretiminin yoğunluğu göze çarpmaktadır. Bu alanlarda, Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*) meşcereleri ve Ardıç (*Juniperus excelsa*) yoğun olarak yayılım göstermektedir.

Yaz mevsimindeki toplam karbon miktarları sırasıyla, 79.89 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 6.81 Mg ha^{-1} ile Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, 5.60 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 1.98 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi ve 1.17 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi şeklindedir. Yaz mevsimine ait karbon üretim haritası Şekil 4.28'de, Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinin üst düzeydeki karbon üretimi görülmektedir. Alanın, Çatalan Baraj Gölü'nün çevresini kapsayan kesimi ile Aladağ ve Saimbeyli İlçelerinin yer aldığı kuzeydoğu kesiminde karbon üretimi oldukça belirgin bir şekilde artmaktadır.

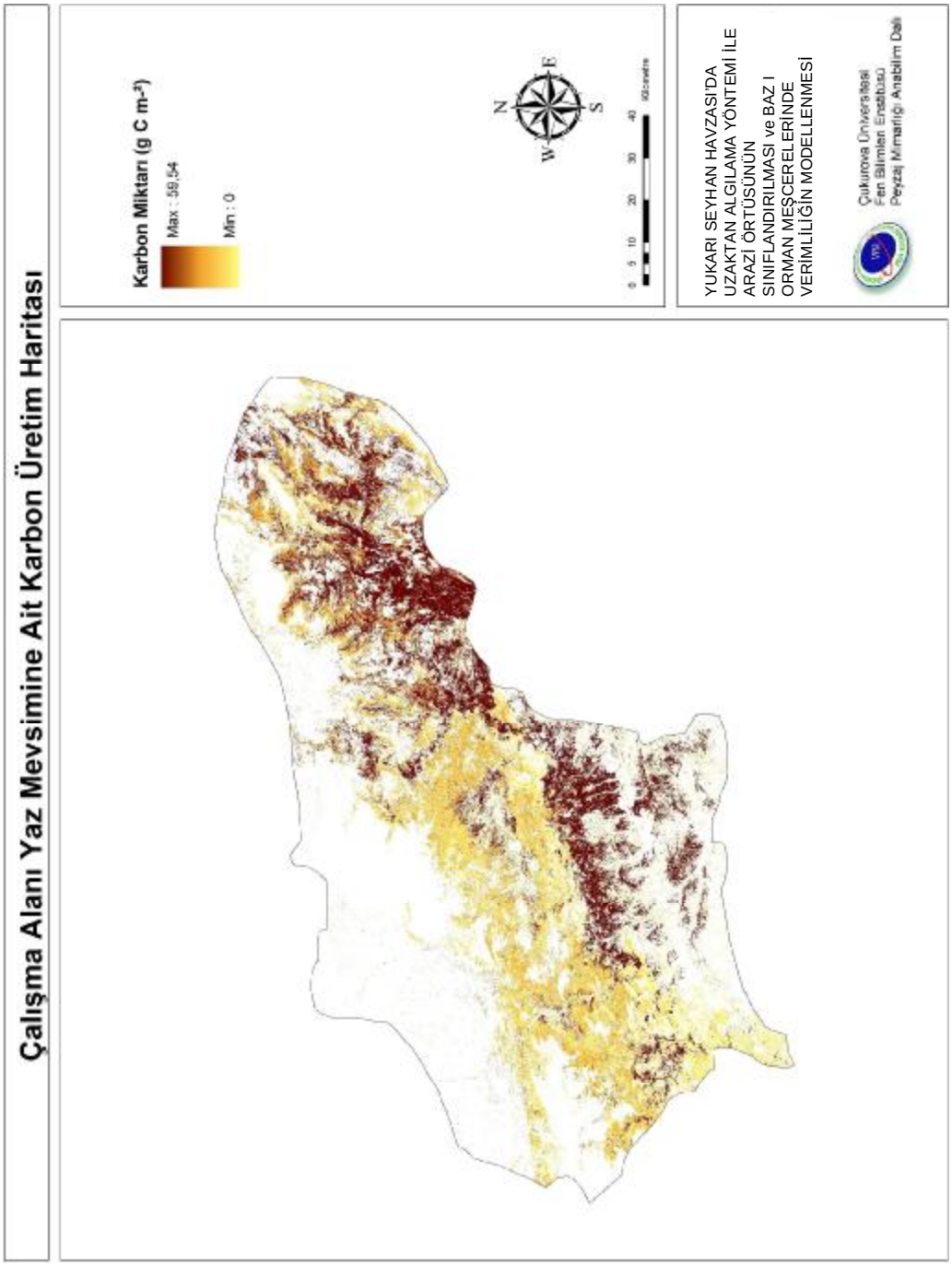
Sonbahar mevsimindeki toplam karbon miktarları sırasıyla düşük değere doğru, 47.38 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 21.67 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 13.45 Mg ha^{-1} ile Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi, 2.67 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi ve 1.17 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi şeklinde sıralanmaktadır. Sonbahar mevsiminde ise Kızılçam (*Pinus brutia*), Karaçam (*Pinus nigra*), Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşcerelerinin yayılım alanlarında karbon üretiminin belirginliği açıkça görülmektedir (Şekil 4.29).

Son olarak, kış mevsimindeki toplam karbon miktarları da sırasıyla düşük değere doğru, 89.96 Mg ha^{-1} ile karışık meşcere (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*), 30.65 Mg ha^{-1} ile Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, 18.9 Mg ha^{-1} ile Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi ve 14.43 Mg ha^{-1} ile Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi şeklinde sıralanmaktadır.

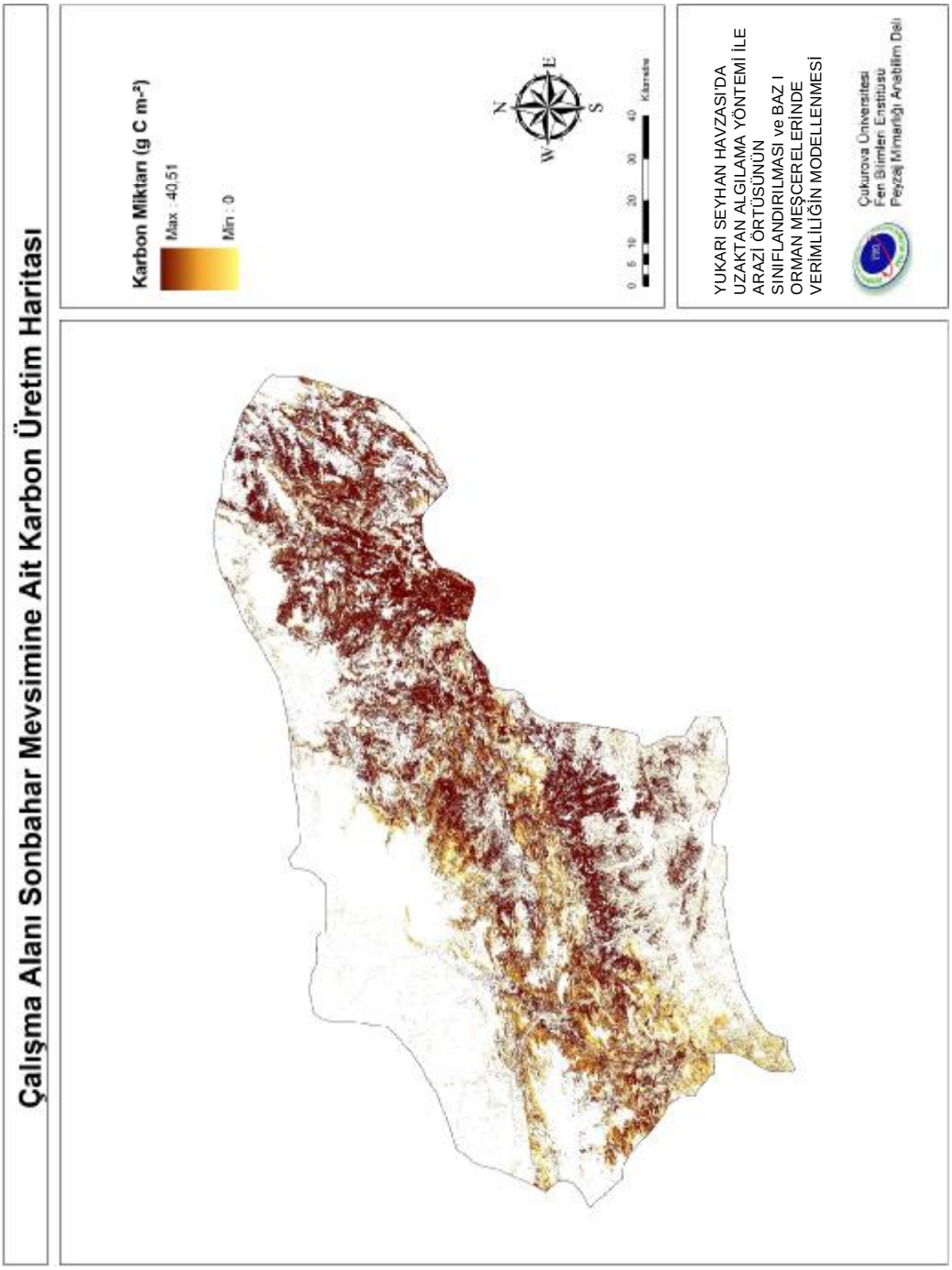
Kış mevsimine ait karbon üretim haritası Şekil 4.30'da ise, Sedir (*Cedrus libani*) ve Karaçam (*Pinus nigra*) meşcerelerinin yayılım alanları Gülek, Pozantı, Aladağ ve Saimbeyli İlçelerinin üst kesimlerinde üretim yüksektir. Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinin düşük karbon üretimi de açıkça görülmektedir.



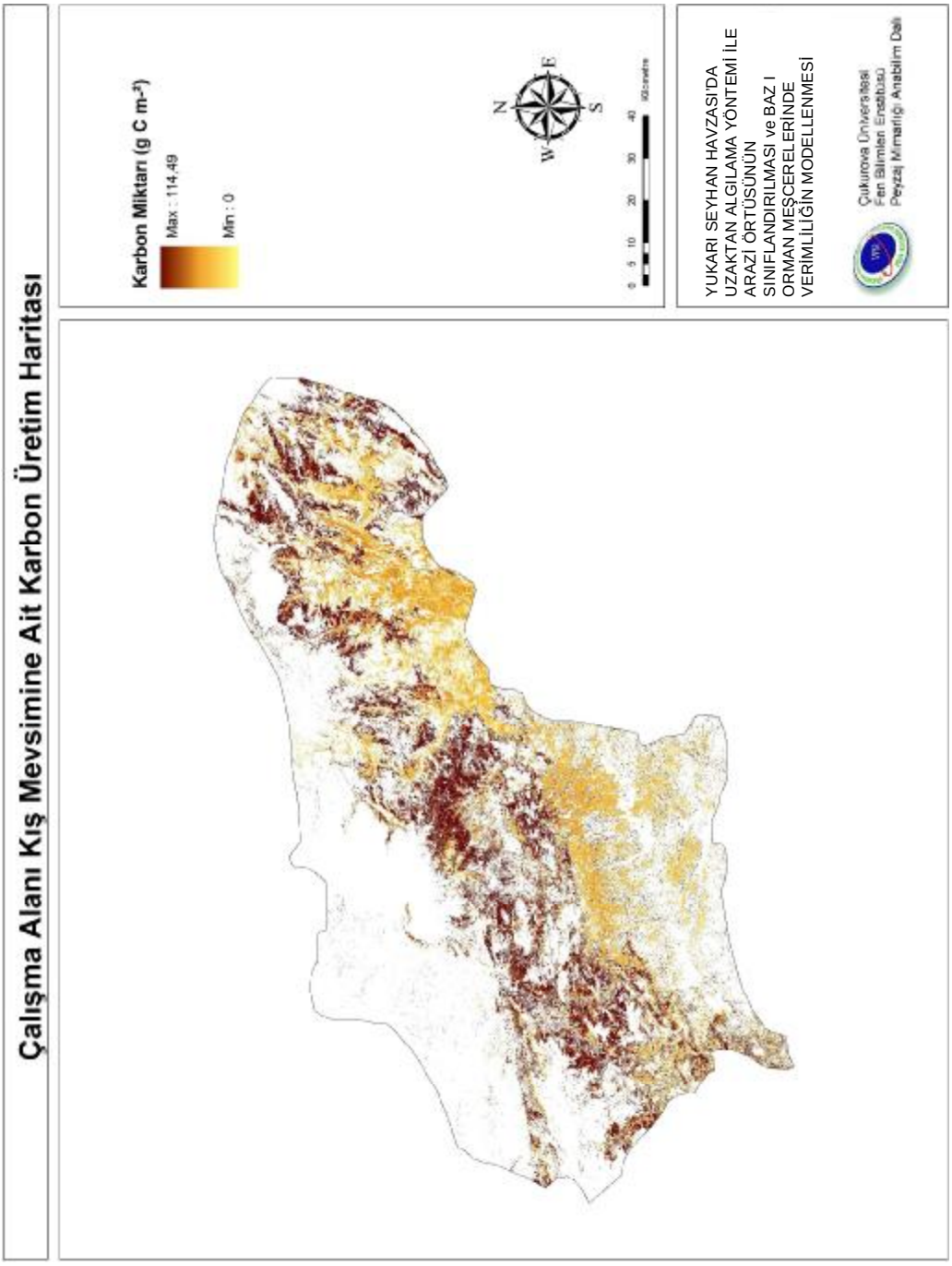
Şekil 4.27. Çalışma Alanı İlkbahar Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası



Şekil 4.28. Çalışma Alanı Yaz Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası

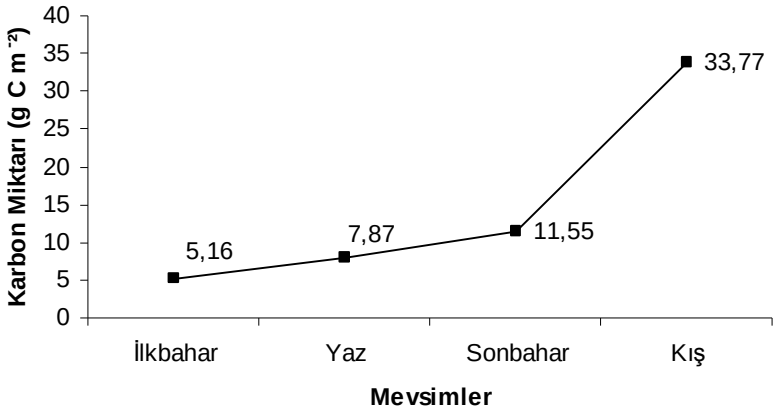


Şekil 4.29. Çalışma Alanı Sonbahar Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası



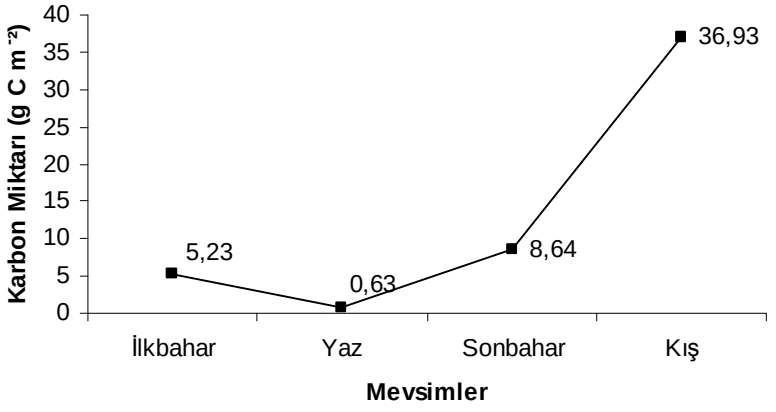
Şekil 4.30. Çalışma Alanı Kış Mevsimine Ait Karbon Üretim Haritası

Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi ise, ortalama 33.77 g C m^{-2}'lik karbon ile en yüksek kış mevsiminde üretimde bulunurken, en düşük değere 5.16 g C m^{-2} ortalama ile ilkbahar mevsiminde sahiptir (Şekil 4.31).



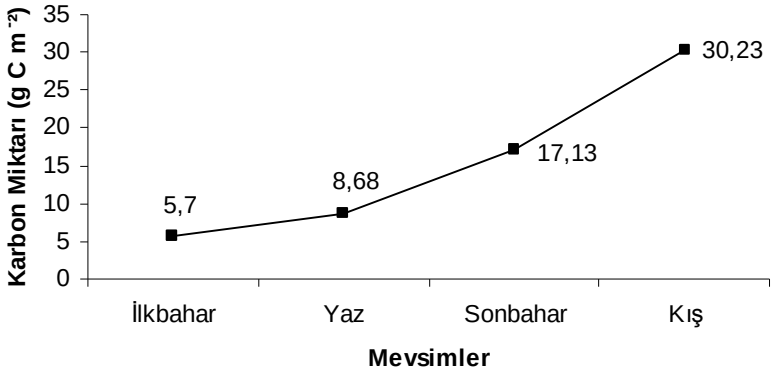
Şekil 4.31. Karaçam (*Pinus nigra)* Meşceresi Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m-²)

Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi ortalama 36.93 g C m^{-2}'lik karbon üretimi ile en yüksek kış mevsiminde üretimde bulunurken, en düşük değere 0.63 g C m^{-2} ortalama ile yaz mevsiminde sahiptir. Değerler ilkbahar mevsiminden yaza doğru düşüş göstermiş, ancak sonbaharda yükselişe geçmiştir (Şekil 4.32).



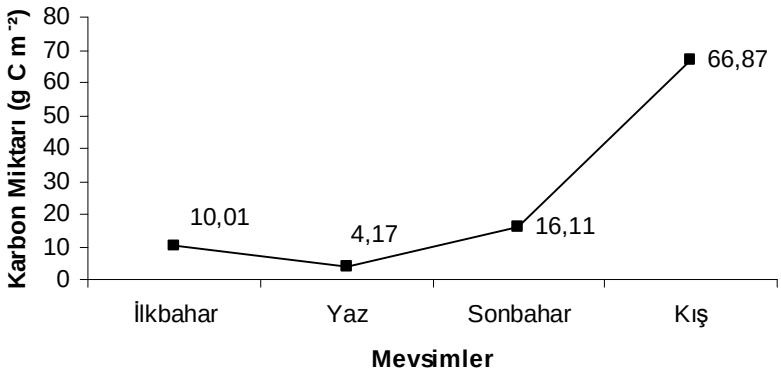
Şekil 4.32. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresi Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})

Ardıç (*Junipeus* excelsa) meşceresi de, Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi gibi en yüksek kış mevsiminde karbon üretirken, en düşük ilkbaharda üretmektedir. İlkbahar mevsiminden kış mevsimine doğru artarak yükselen bir üretim çizgisine sahiptir (Şekil 4.33).



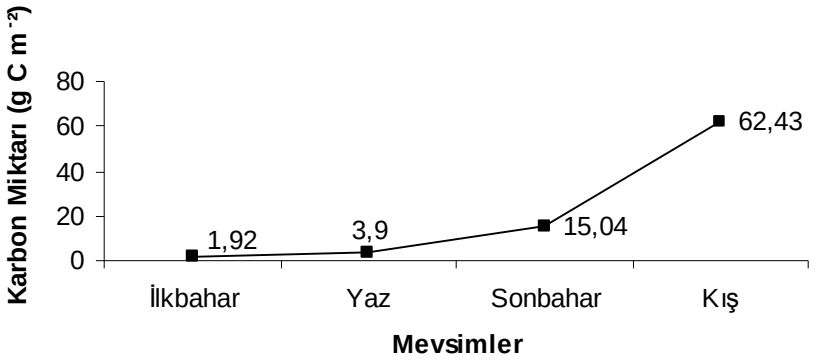
Şekil 4.33. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresi Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})

Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia- Pinus nigra*) karışık meşceresi ortalama 66.87 g C m^{-2} ile en yüksek kış mevsiminde karbon üretiminde bulunmaktadır. Kış mevsimindeki yüksek karbon üretimi karışık meşcerede, Karaçamın baskın olduğunu göstermektedir (Şekil 4.34).

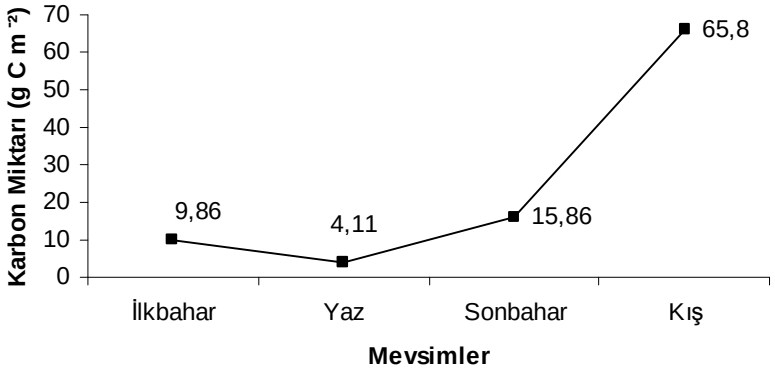


Şekil 4.34. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia- Pinus nigra*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})

Şekil 4.35 ve 4.36'da Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) ve Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) karışık meşcerelerinin karbon üretim değerleri görülmektedir. Şekillerden de anlaşıldığı gibi, göknar meşceresi de diğer iki meşcere gibi en yüksek karbon üretimini kış mevsiminde gerçekleştirmektedir.

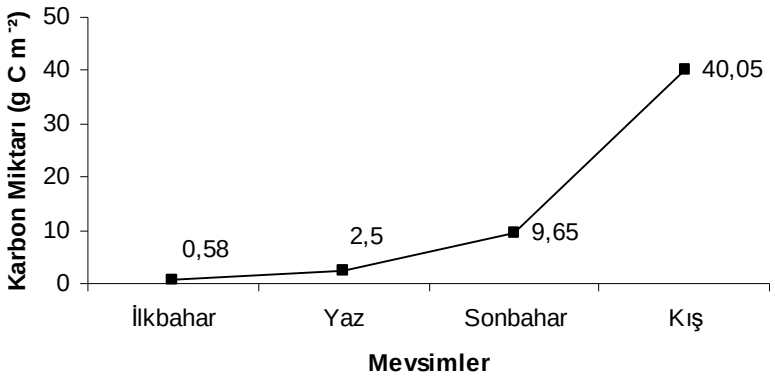


Şekil 4.35. Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})



Şekil 4.36. Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})

Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) meşceresi de ortalama 40.05 g C m^{-2} ile en yüksek kış mevsiminde karbon üretmektedir. İlkbahardan kış mevsimine doğru giderek yükselen bir çizgiye sahiptir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Meşcereleri Mevsimlere Göre Ortalama Karbon Üretim Değerleri (g C m^{-2})

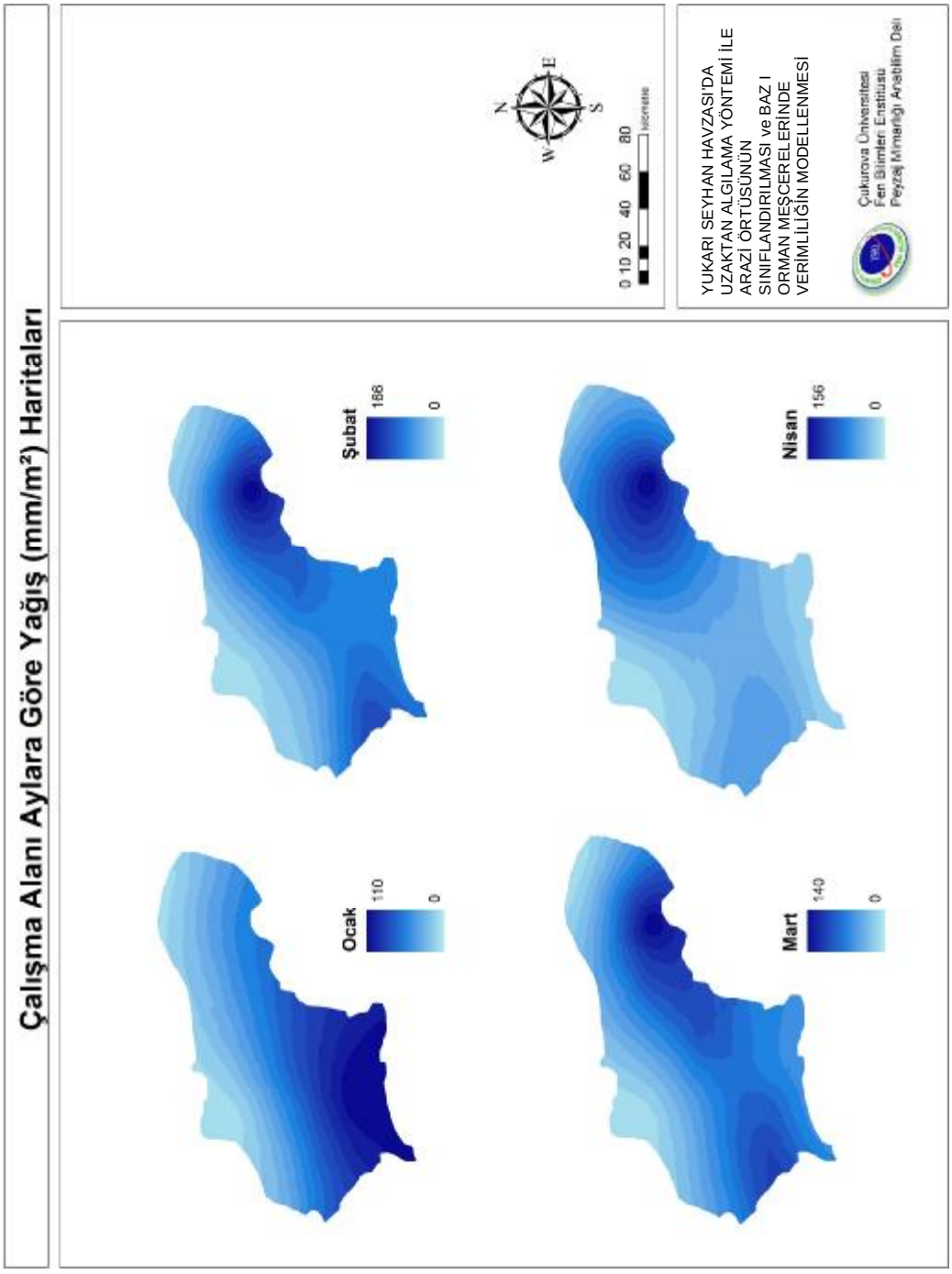
4.7. Net Birincil Üretim Tahmini

4.7.1. CASA Modeli Veri Seti

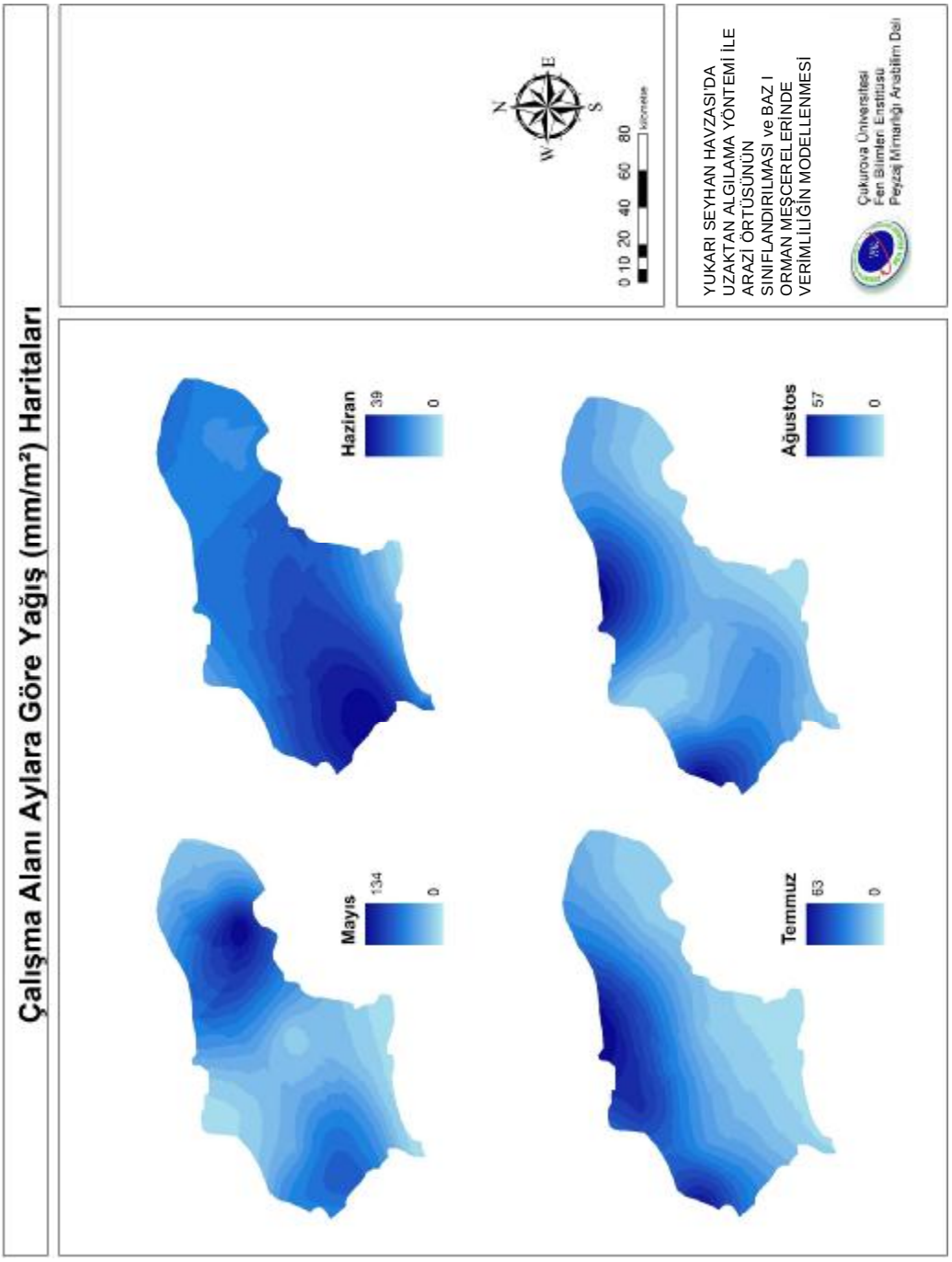
CASA Modeli kullanılarak NBÜ tahmininde bulunulurken kapsamlı bir veri seti gerekmektedir. Bu veri seti, yağış, sıcaklık ve solar radyasyondan oluşan iklim verileri, NDVI değerleri, ağaç kapalılık yüzdesi haritası, arazi sınıfları haritası ve toprak sınıfları haritasını içermektedir. Ağaç kapalılık veri seti bölüm 4.4'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır, bu bölümde diğer verilere ait bulgular açıklanmış ve alana ait NBÜ tahminleri verilmiştir.

4.7.1.1. İklim Verilerinin Mekansal İnterpolasyonu

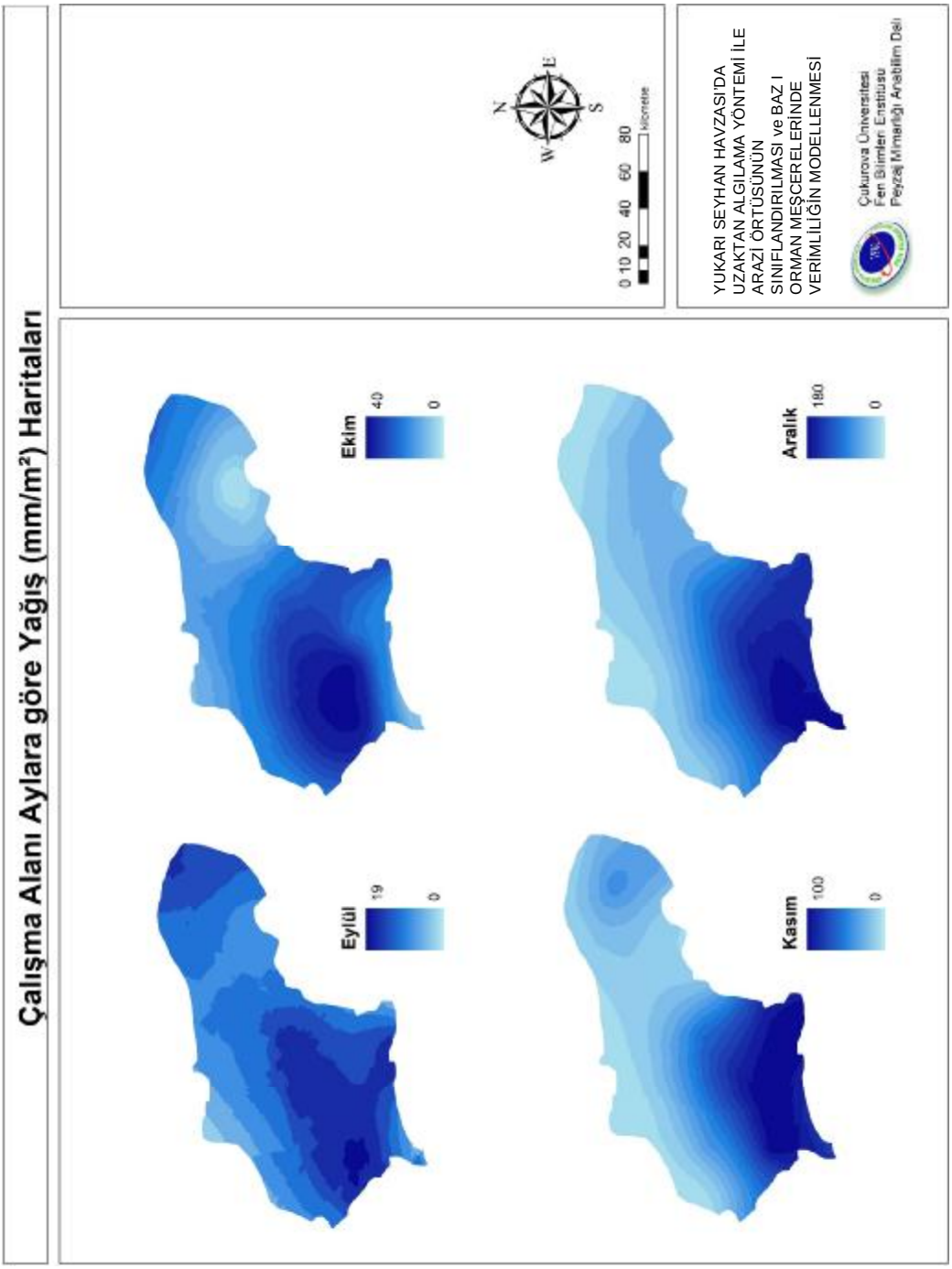
Vejetasyonun büyüme sürecinin modellenmesi için, iklim parametrelerinin bilinmesi gereklidir. CASA Modeli için gereken iklim verileri, yağış, sıcaklık ve solar radyasyondan oluşmaktadır. Bu veriler alan içinde ve yakın çevresindeki 50 istasyondan alınmış ve co-kriging yöntemi ile aylık görüntülere dönüştürülmüştür (Şekil 4.38, 4.39, 4.40, 4.41, 4.42, 4.43, 4.44, 4.45, 4.46).



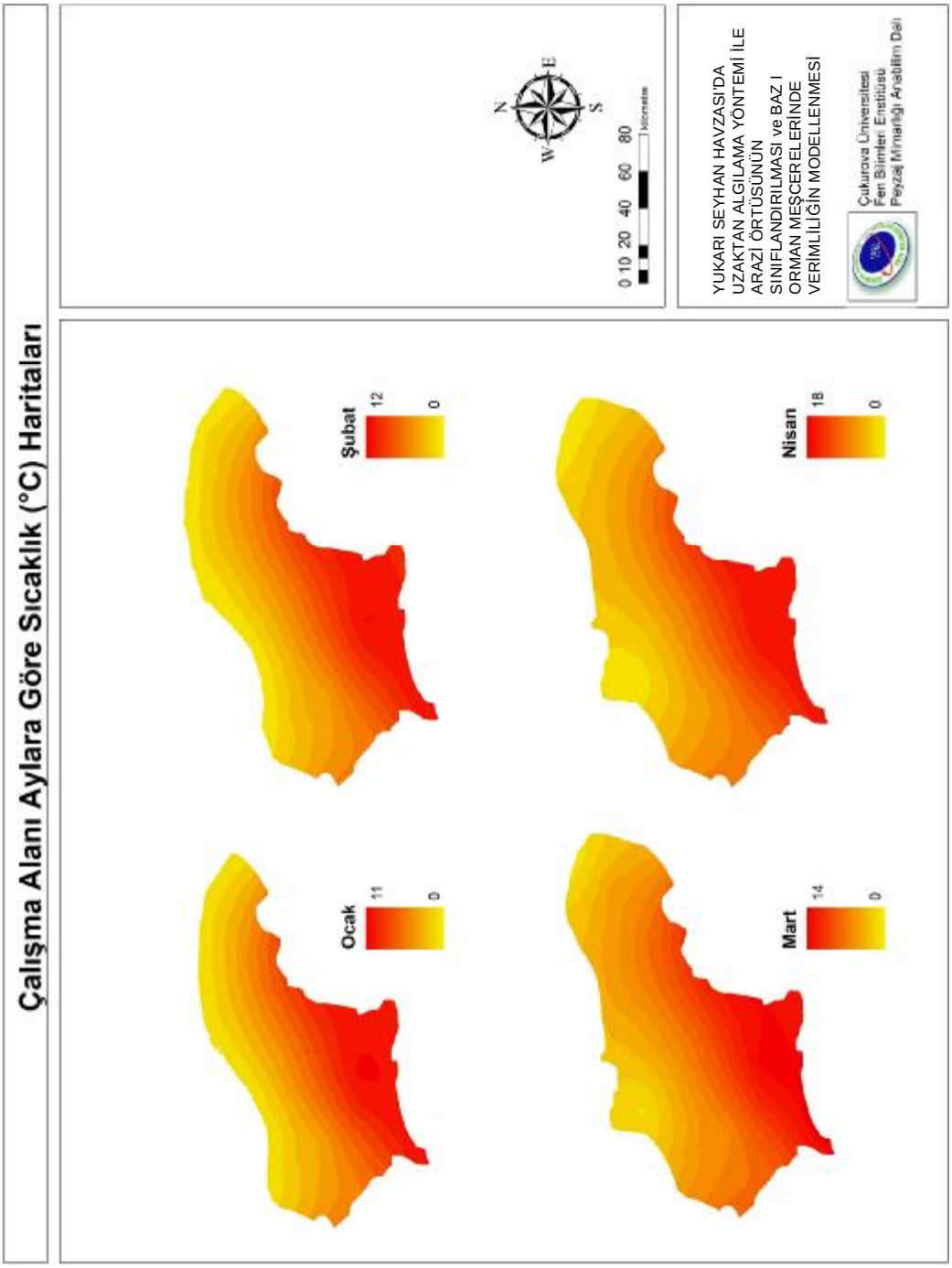
Şekil 4.38. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Yağış Haritaları



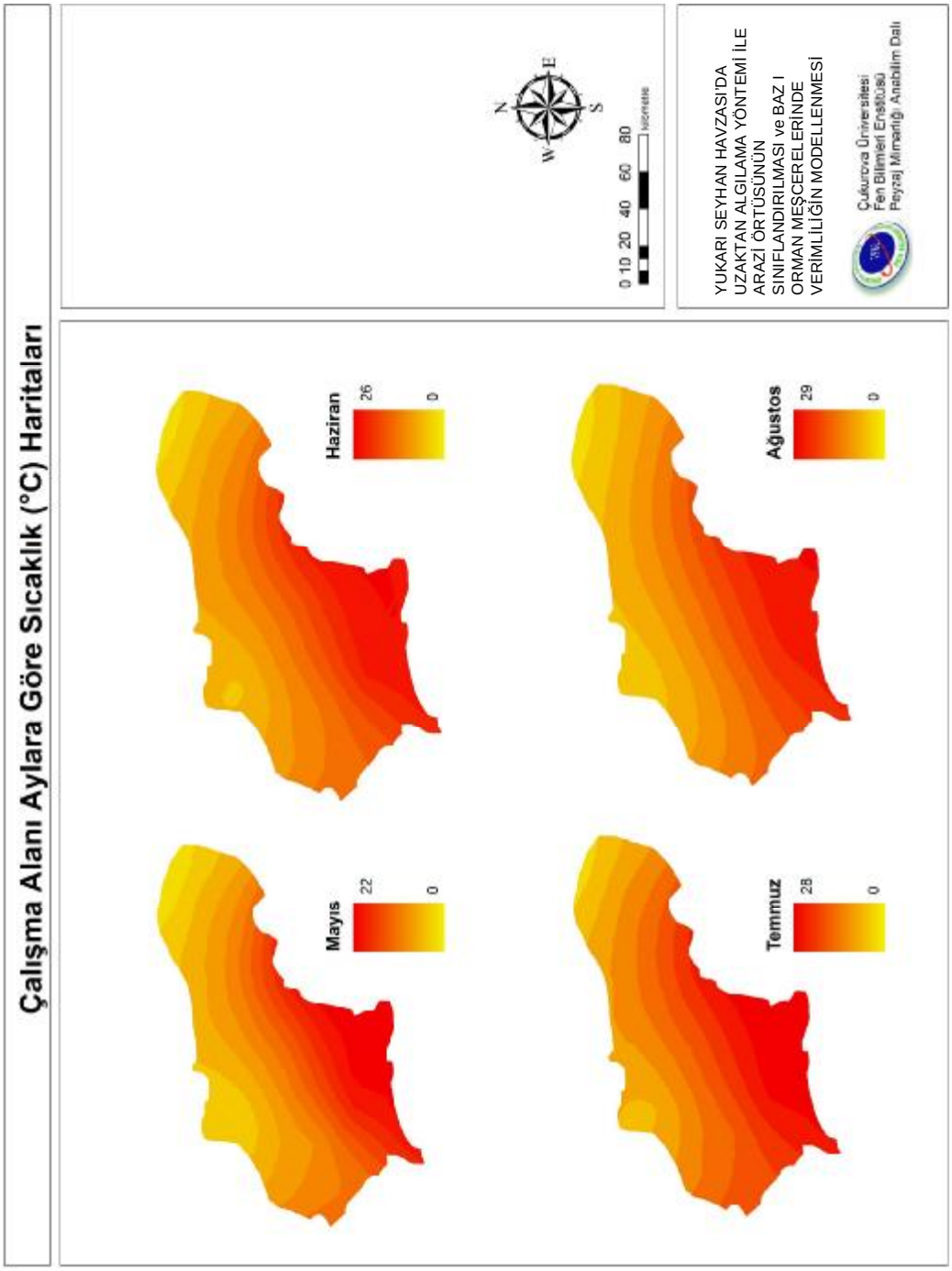
Şekil 4.39. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Yağış Haritaları



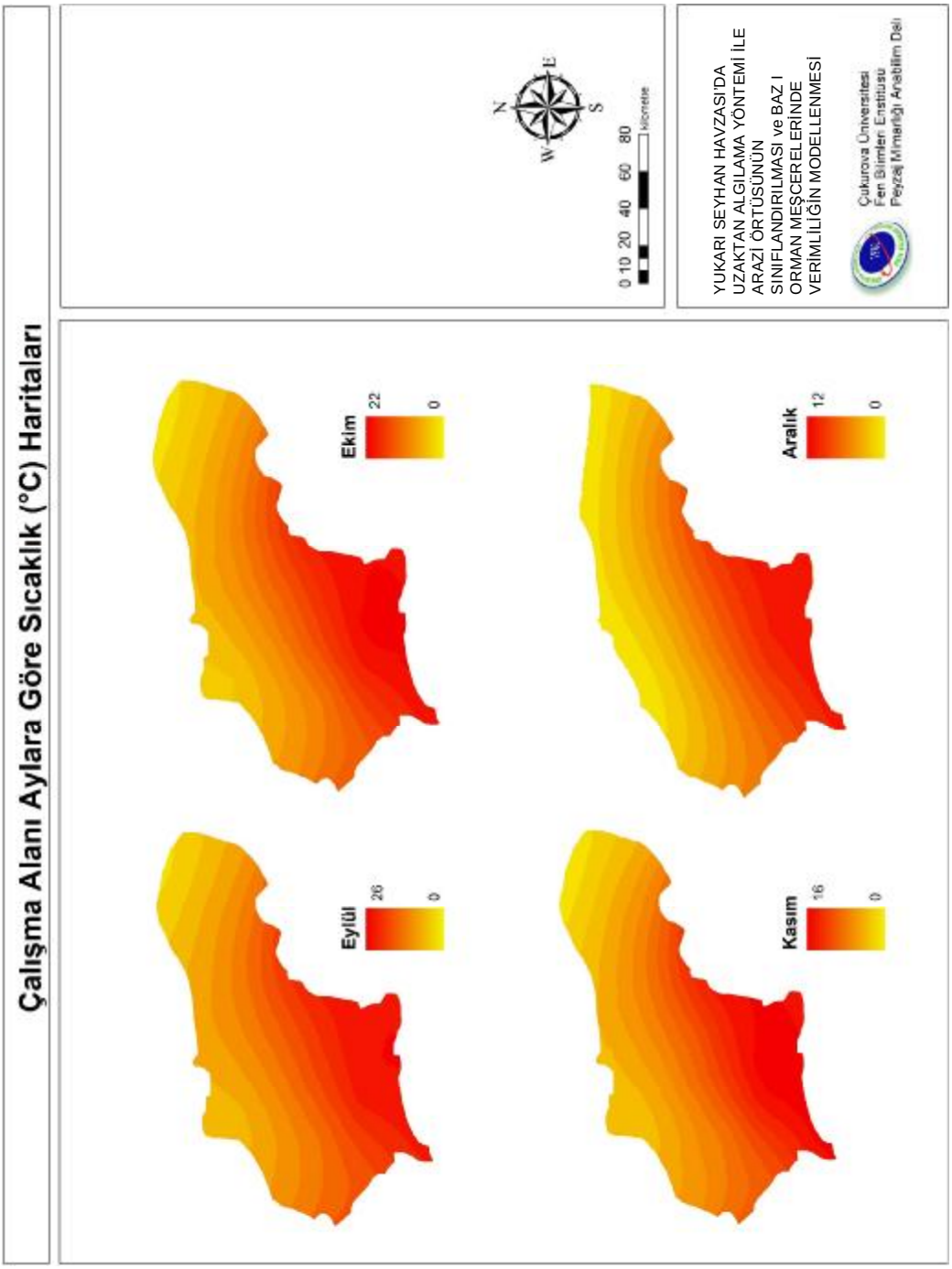
Şekil 4.40. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Yağış Haritaları



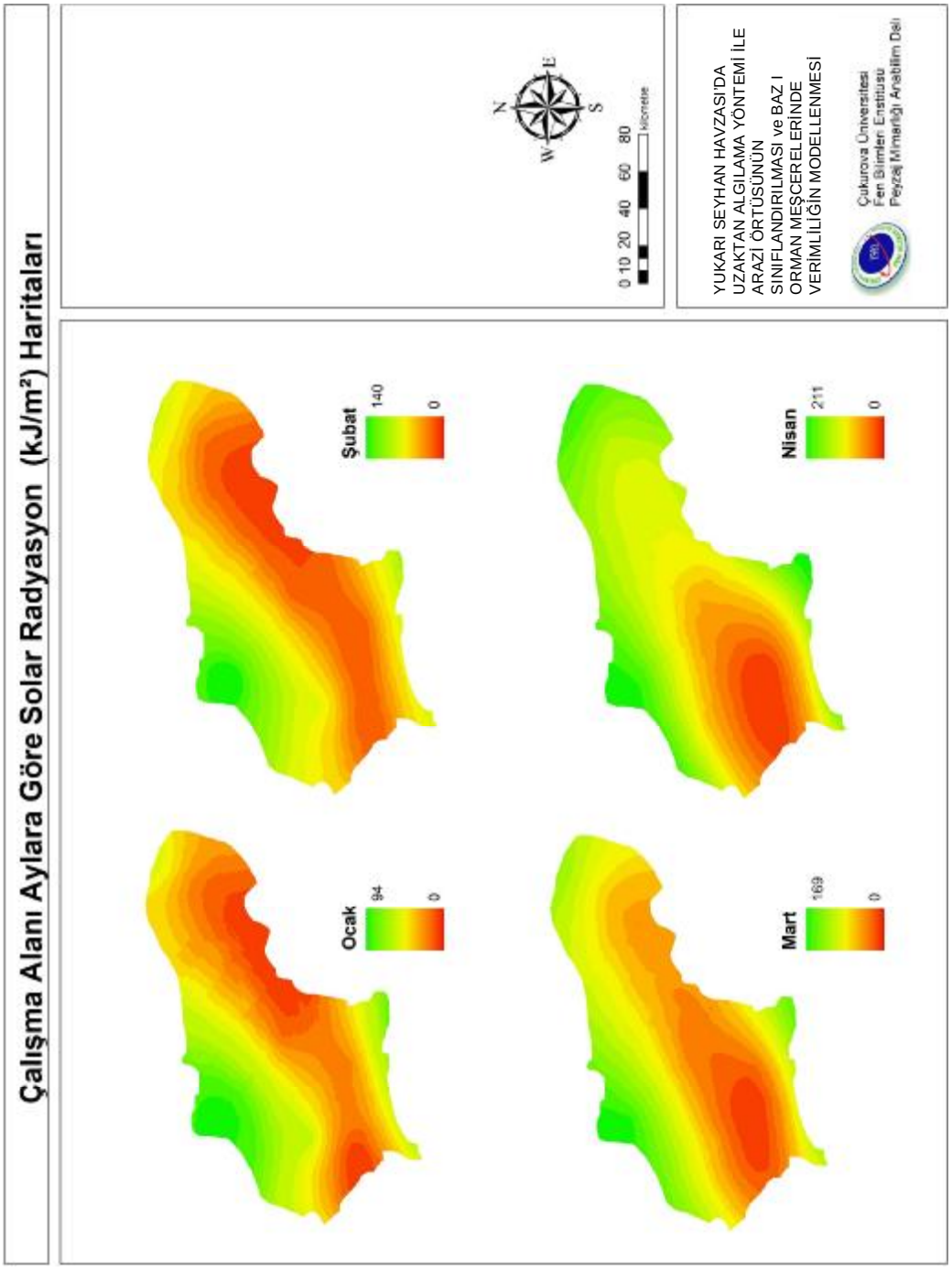
Şekil 4.41. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Sıcaklık Haritaları



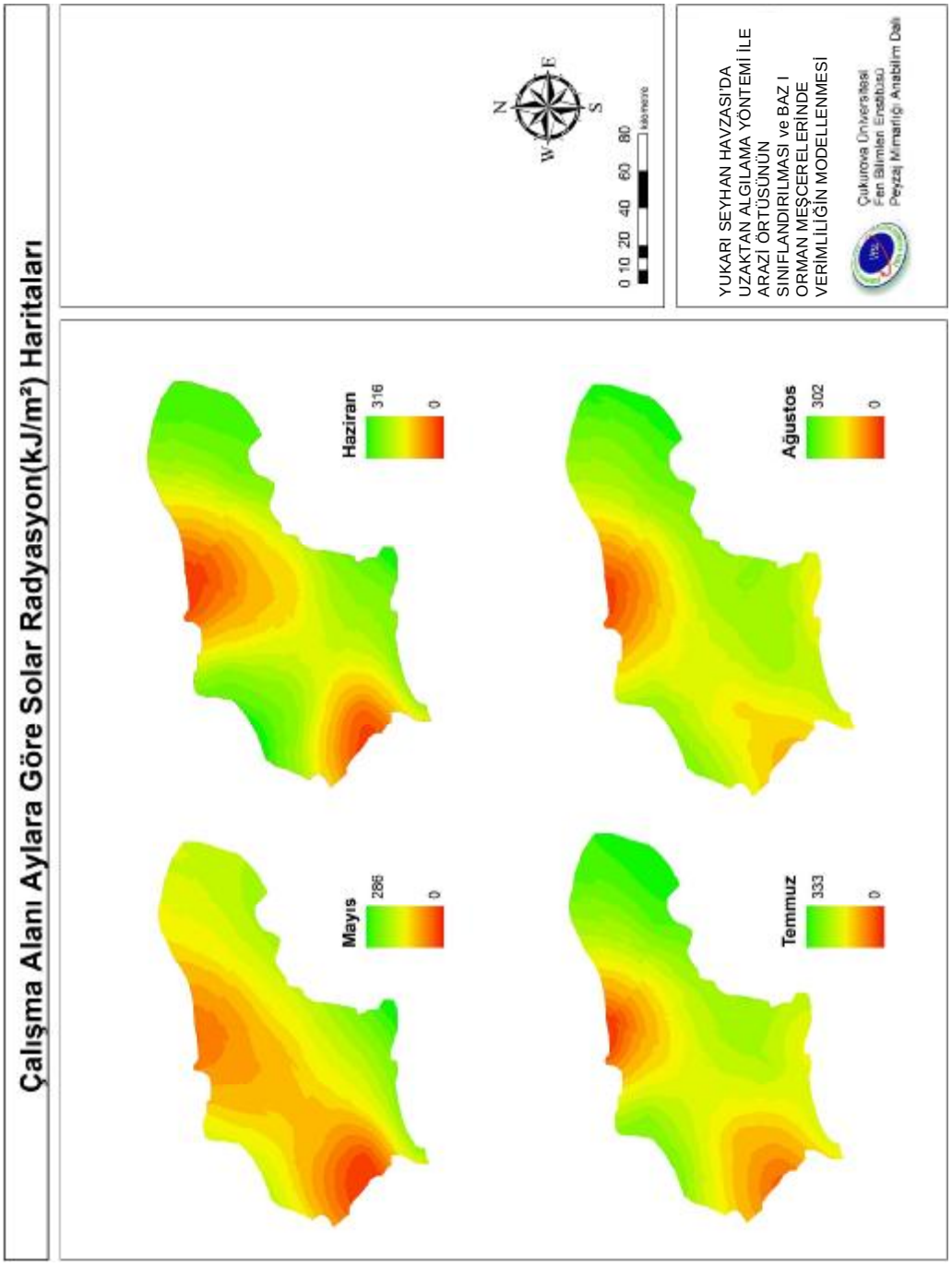
Şekil 4.42. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Sıcaklık Haritaları



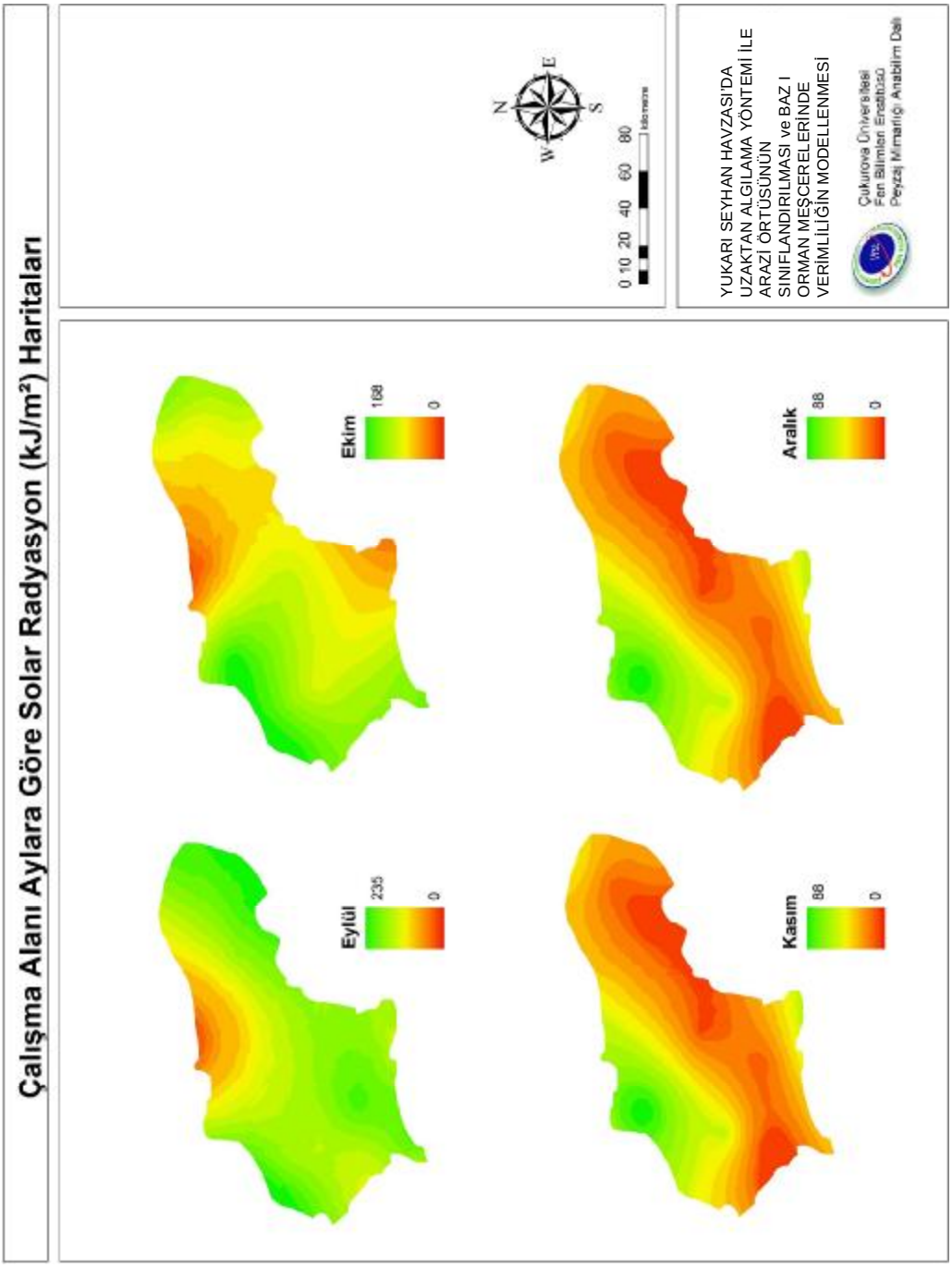
Şekil 4.43. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Sıcaklık Haritaları



Şekil 4.44. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Solar Radyasyon Haritaları



Şekil 4.45. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Solar Radyasyon Haritaları



Şekil 4.46. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Solar Radyasyon Haritaları

Alanda en yüksek yağış, 180 mm m^{-2} ile Aralık ayında, en düşük yağış ise, 19 mm m^{-2} ile Eylül ayı içinde olmuştur. En yüksek sıcaklık ise, 29 ºC ile Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ta 11 ºC ile Ocak ayında gerçekleşmiştir (MİGM, 2004).

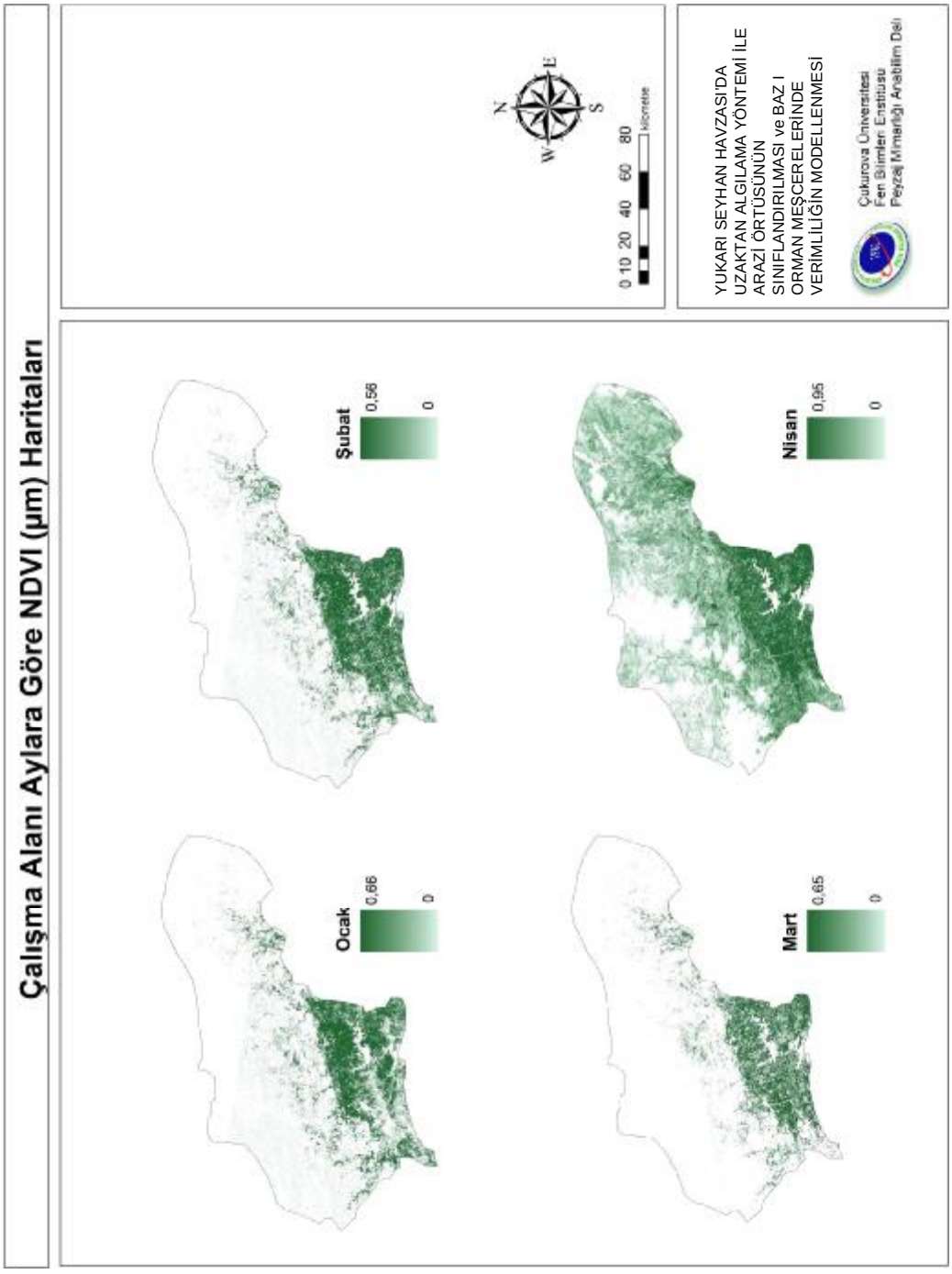
Modelde solar radyasyon değerleri, $fPAR$ değerlerinin bulunmasında kullanılmıştır. Yaprak tarafından absorbe edilen solar radyasyonun miktarı, foto sentetik pigment içeriğinin bir fonksiyonudur. Alanda ölçülen en yüksek solar radyasyon değeri, 333 kJ m^{-2} ile Haziran ayına aitken, en düşük değer ise, 88 kJ m^{-2} ile kasım ve aralık aylarına aittir (MİGM, 2004).

4.7.1.2. Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi

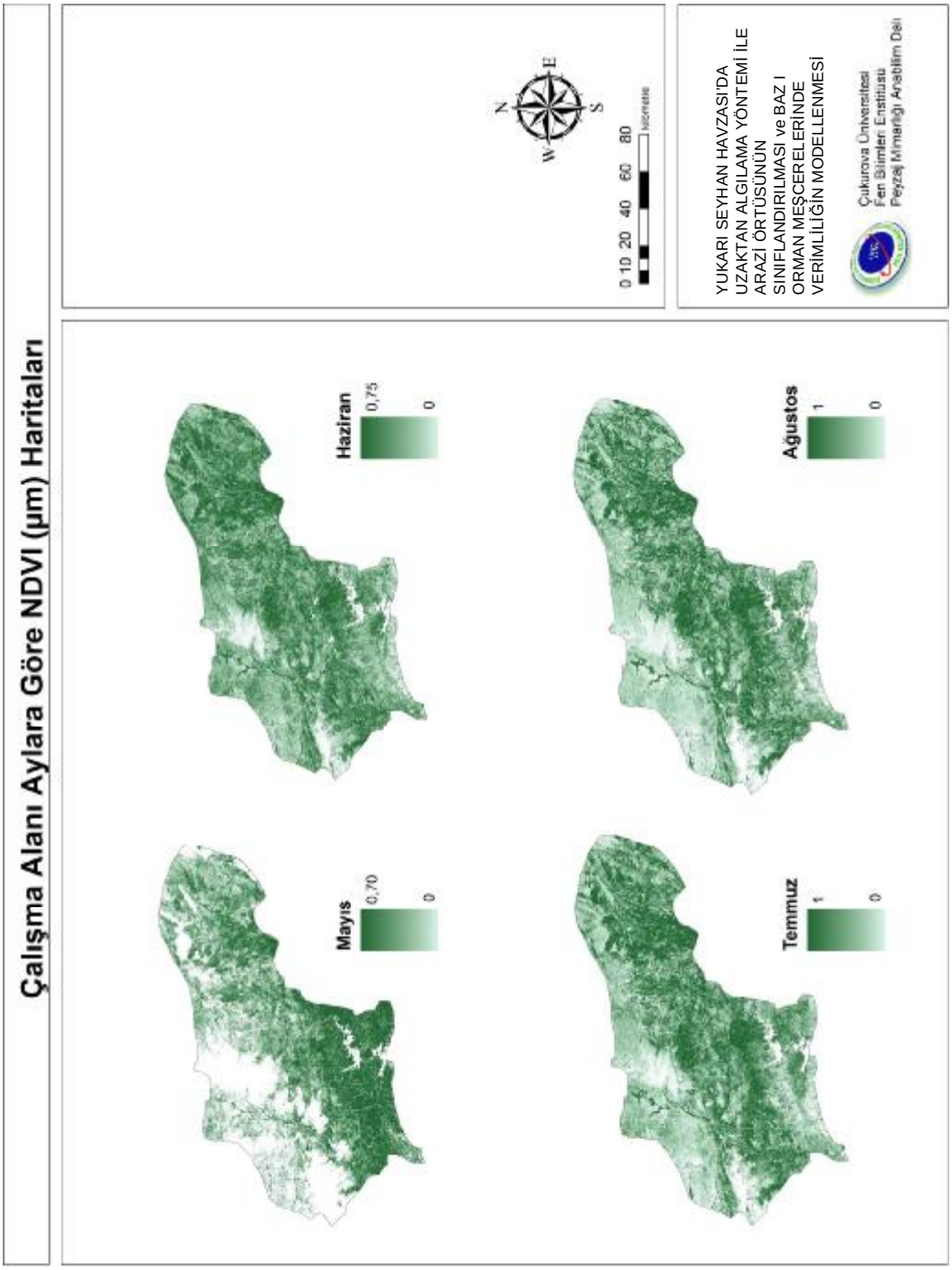
CASA Modeli, NDVI metriğini kullanarak, $fPAR$ değerlerini hesaplamaktadır. Vejetasyon örtüsünün bolluğu ve yeşilliği durumu ile ilgili bilgi veren NDVI parametresi -1 ile +1 arasında değer almaktadır. NDVI'ın artıya giden değerleri, alanın kapalı bir örtülülüğe ve sağlıklı bir vejetasyona sahip olduğunu gösterirken, eksiye doğru inen değer ise, bulut, kar, su ve çıplak alanları göstermektedir. µm

Şekil 4.47, 4.48, 4.49'da aylara göre en yüksek ve en düşük NDVI değerleri görülmektedir. Özellikle, 4., 7., 8., 9., 11. ve 12. aylarda vejetasyon örtüsündeki gelişim periyodunda NDVI değerleri en yüksek değere ulaşmıştır.

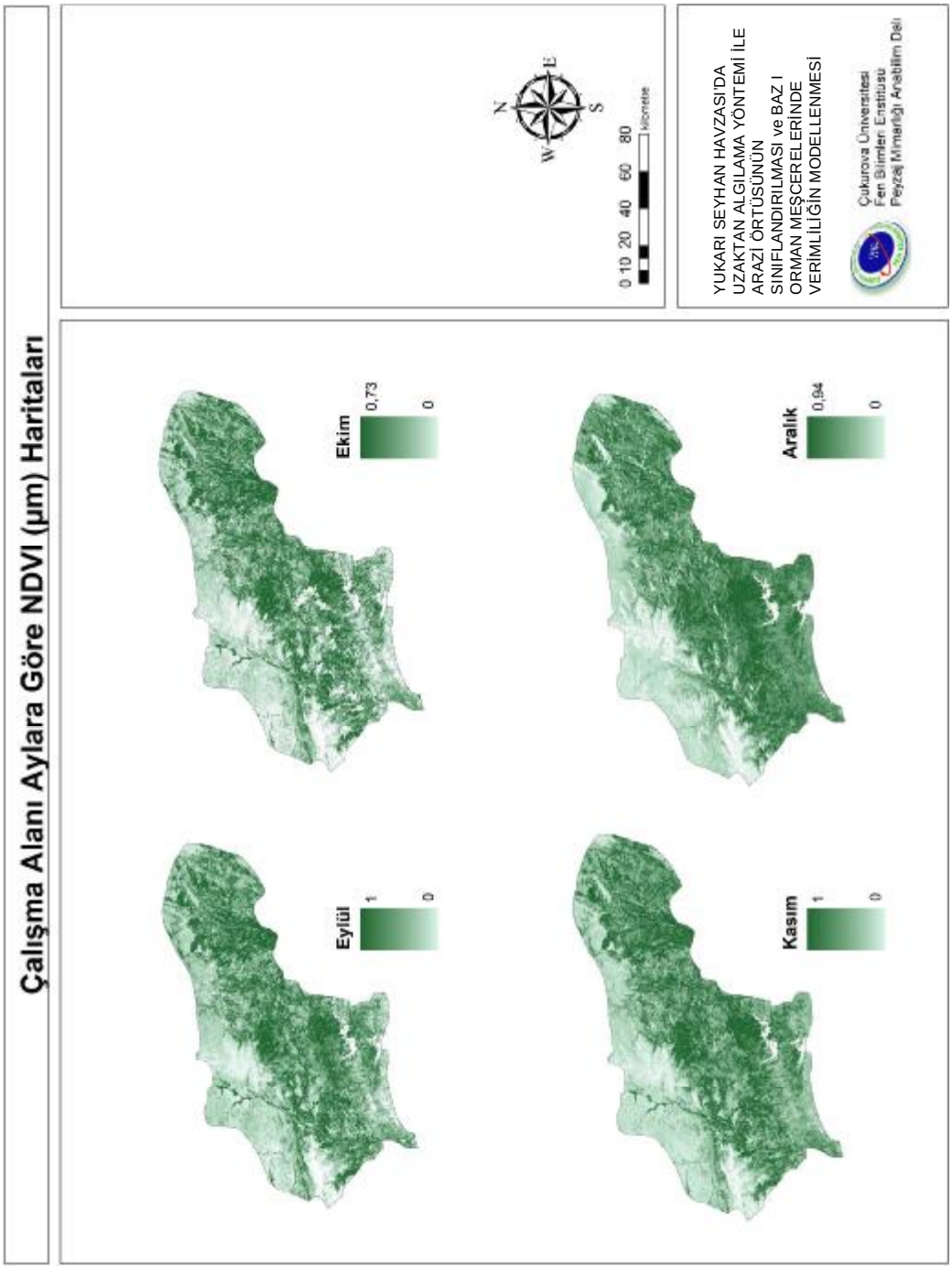
Ancak, Ocak, Şubat ve Mart aylarında alanın da kar örtüsü ile kaplanması ve bulutluluk sebebi ile değerler düşmektedir.



Şekil 4.47. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları NDVI Haritaları



Şekil 4.48. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları NDVI Haritaları



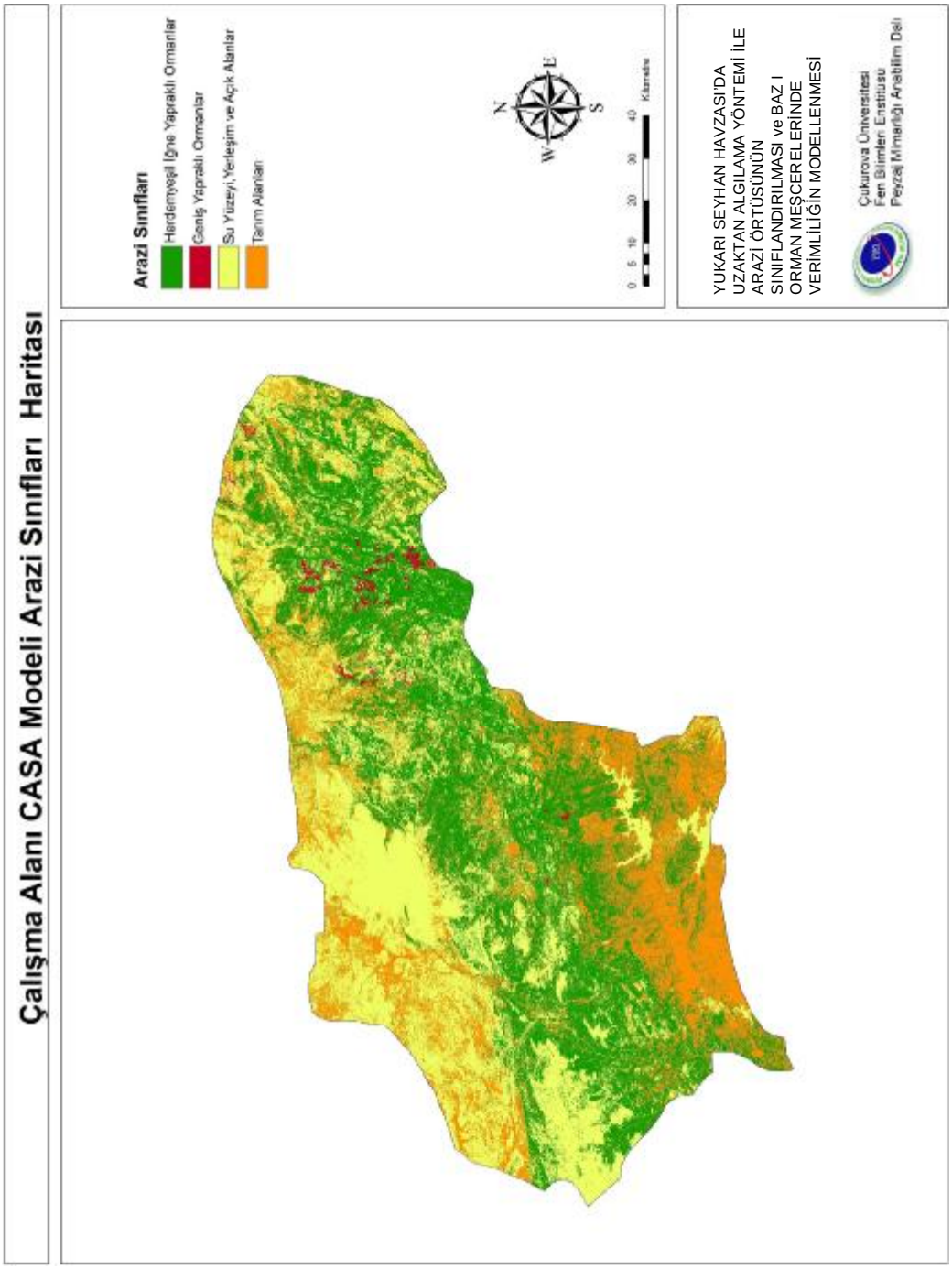
Şekil 4.49. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları NDVI Haritaları

4.7.1.3. CASA Modeli Arazi Sınıflarına Ait Bulgular

Mevcut arazi sınıflarının CASA Modeli için 7 sınıfa kodlanması gerekmektedir. Çalışma alanında bu 7 sınıftan 4'ü mevcuttur. Çalışmada oluşturulan arazi sınıfları haritasındaki 18 sınıfın her biri 4 sınıftan birine dahil edilmiştir (Şekil 4.50)

Bu 4 ana sınıf, iğne yapraklı herdemyeşil ormanlar, geniş yapraklı ormanlar, açık alanlar ve tarım alanlarıdır.

Kızılçam (*Pinus brutia),* Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir *(Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*), Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia- Pinus nigra*), Kızılçam-Göknar (*Pinus brutia-Abies cilicica*), Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*), Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*), Sedir-Göknar *(Cedrus libani- Abies cilicica*) ve Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*) sınıfları; iğne yapraklı herdemyeşil ormanlar sınıfına, meşe ve kayın; geniş yapraklı ormanlar sınıfına, kuru tarım alanları ve sulu tarım alanları; tarım alanları sınıfına, su yüzeyleri, yerleşim alanları, otlak-taşlık, açık alanlar ve kireçli alanlar; açık alanlar sınıfına atanmıştır.



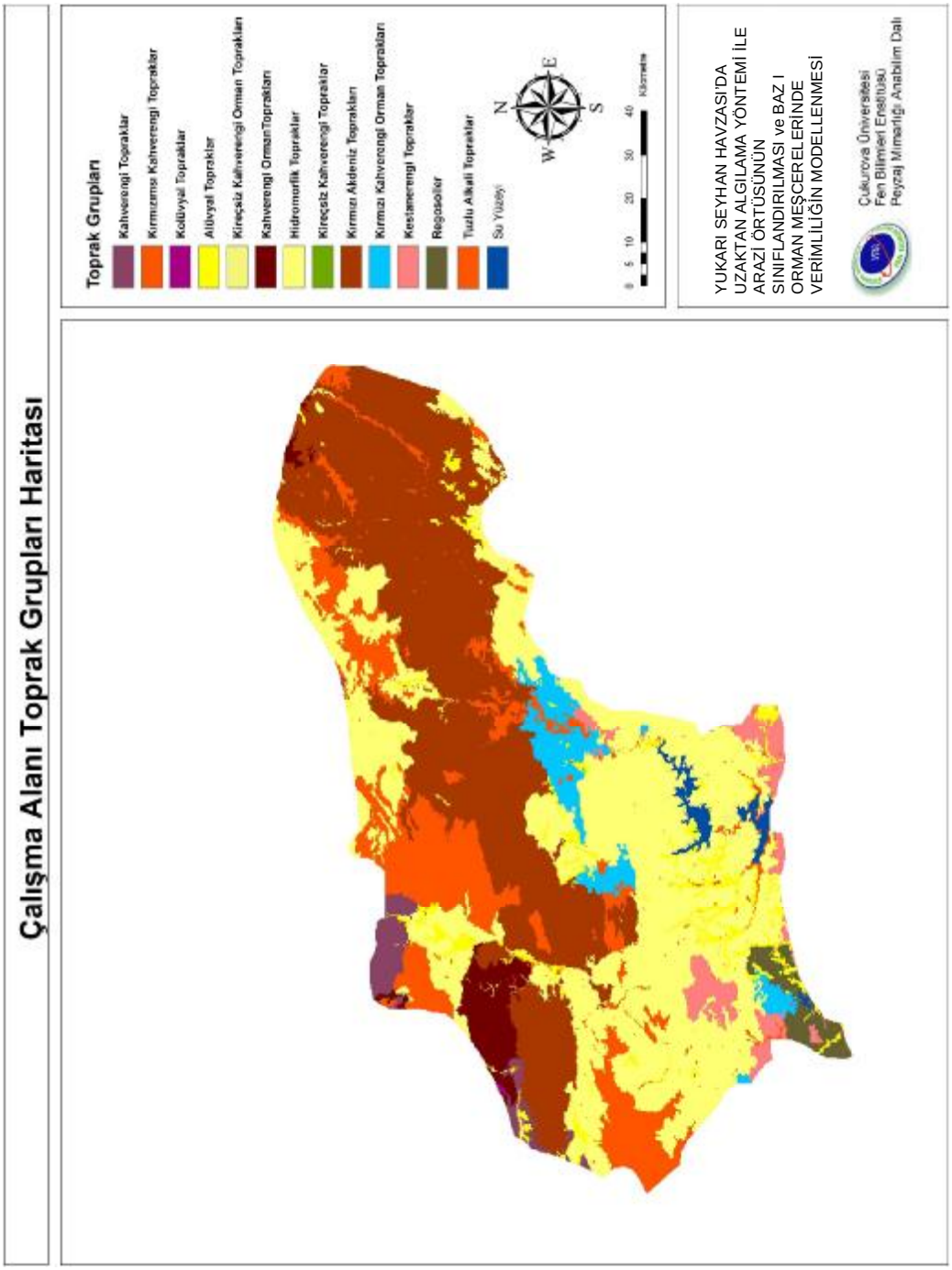
Şekil 4.50. CASA Modeline Göre Sınıflanmış Çalışma Alanı Arazi Örtü Haritası

4.7.1.4. CASA Modeli Toprak Sınıflarına Ait Bulgular

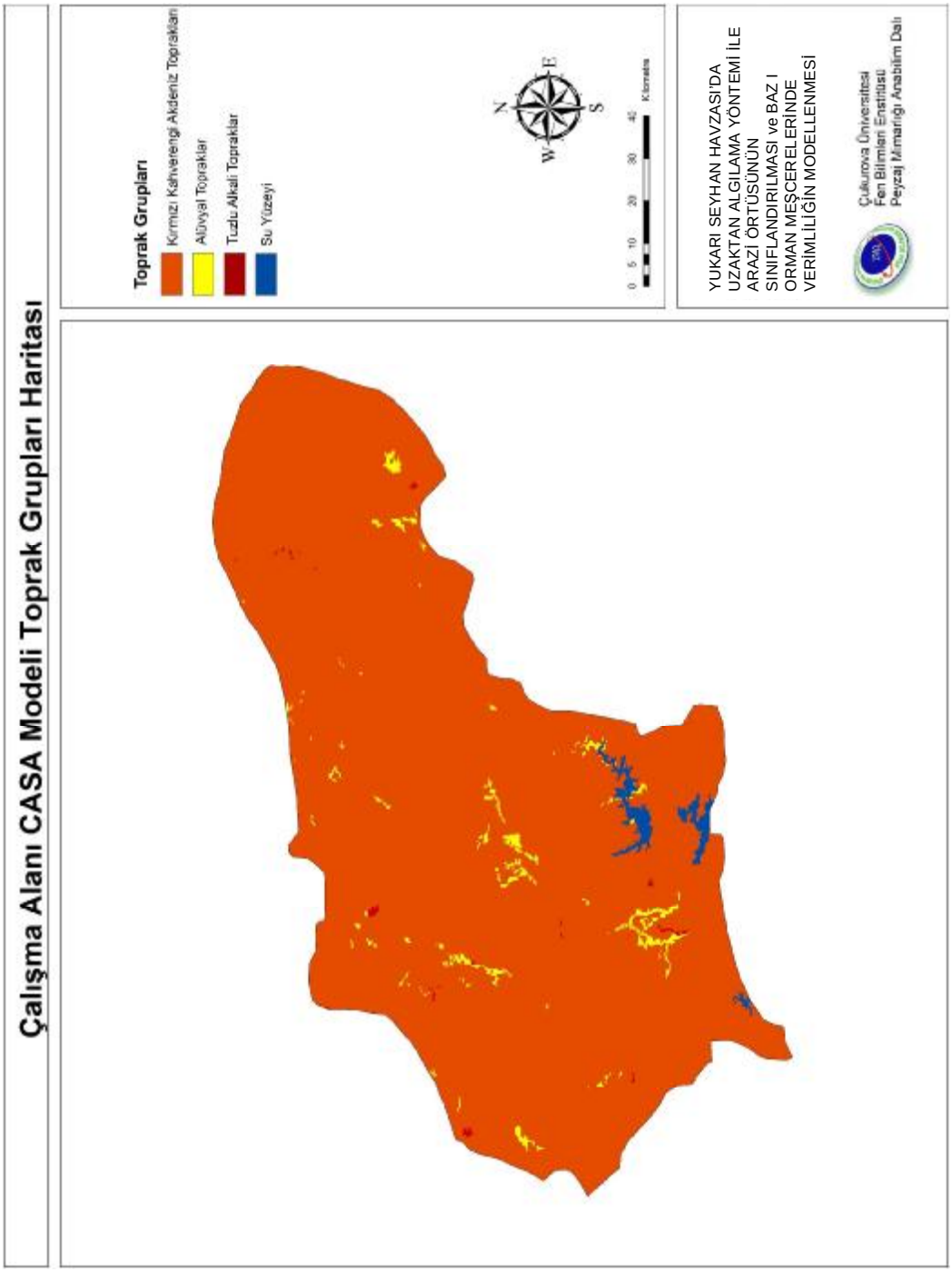
Seyhan Havzası Toprak Haritaları kullanılarak hazırlanmış çalışma alanına ait Toprak Grupları Haritası, Kahverengi Topraklar, Kırmızımsı Kahverengi Topraklar, Kolüvyal Topraklar, Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, Kahverengi Orman Toprakları, Hidromorfik Topraklar, Kireçsiz Kahverengi Topraklar, Kırmızı Akdeniz Toprakları, Kırmızı Kahverengi Orman Toprakları, Kestanerengi Topraklar, Regosoller ve Tuzlu Alkali Topraklar olmak üzere 13 gruptan oluşmaktadır.

13 gruptan oluşan mevcut toprak sınıfları (Şekil 4.51), FAO toprak tekstürü sınıflarına çevrilerek tekstür haritasına dönüştürülmüş ve model içerisinde kullanılmıştır. FAO'nun 5 sınıfının 3'ü çalışma alanında mevcuttur. Çalışmada oluşturulan toprak grupları haritasındaki 13 sınıfın her biri 3 tekstür grubundan birine dahil edilmiştir (Şekil 4.52).

Bu toprak grupları, Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları, Alüvyal Topraklar ve Tuzlu Alkali Topraklar'dır.



Şekil 4.51. Çalışma Alanı Toprak Grupları Haritası



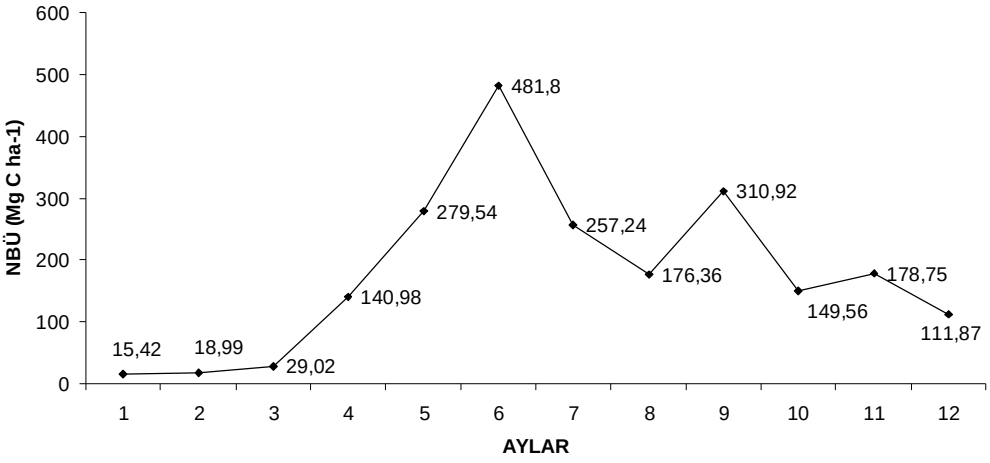
Şekil 4.52. CASA Modeline Göre Sınıflanmış Çalışma Alanı Toprak Grupları Haritası

4.7.2. Çalışma Alanı Net Birincil Üretim Sonuçları

Karbon döngüsü için önemli bir bileşen ve ekosistem performansı için önemli bir belirleyici olan NBÜ, küresel ölçekte karbon bütçesi bakımından büyük önem taşır. Bitkilerde NBÜ, brüt birincil üretimden bitki solunum kaybının çıkarılmasıyla elde edilmektedir (Sun ve Zhu, 2001; Evrendilek, 2004; Lu ve ark., 2004).

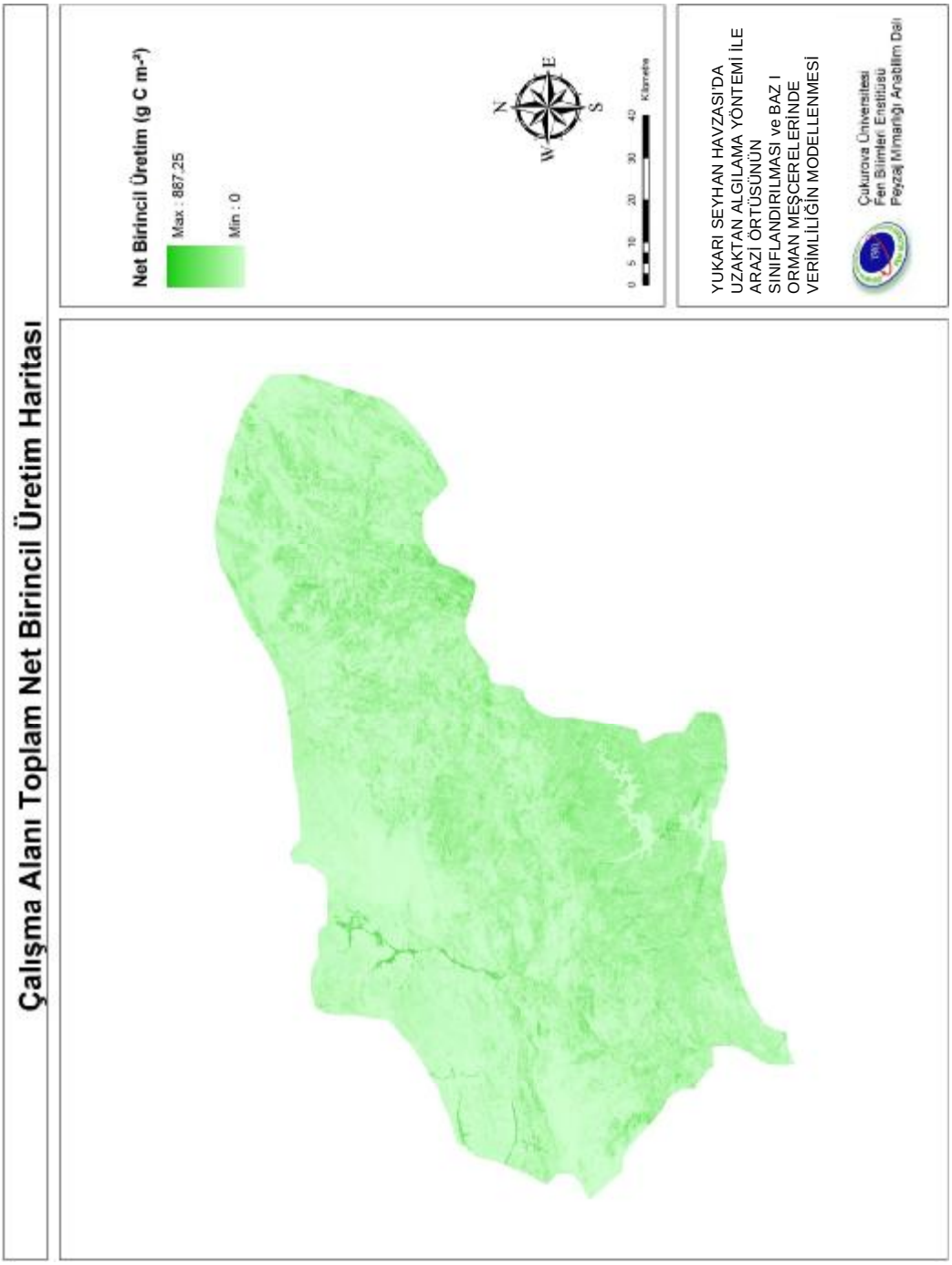
Şekil 4.53'te NBÜ'nün aylara göre tüm alandaki toplam değerleri verilmektedir. Bu değerler sırasıyla Ocak ayında 15.42 Mg C ha^{-2}, Şubat ayında 18.99 Mg C ha^{-2}, Mart ayında 29.02 Mg C ha^{-2}, Nisan ayında 140.98 Mg C ha^{-2}, Mayıs ayında 279.54 Mg C ha^{-2}, Haziran ayında 481.80 Mg C ha^{-2}, Temmuz ayında 257.24 Mg C ha^{-2}, Ağustos ayında 176.36 Mg C ha^{-2}, Eylül ayında 310.92 Mg C ha^{-2}, Ekim ayında 149.56 Mg C ha^{-2}, Kasım ayında 178.75 Mg C ha^{-2} ve Aralık ayında 111.87 Mg C ha^{-2}'dir.

Çalışma alanı NBÜ haritasında, birim alana düşen yıllık toplam NBÜ değeri ve alandaki yayılımı Şekil 4.54'te görülmektedir.

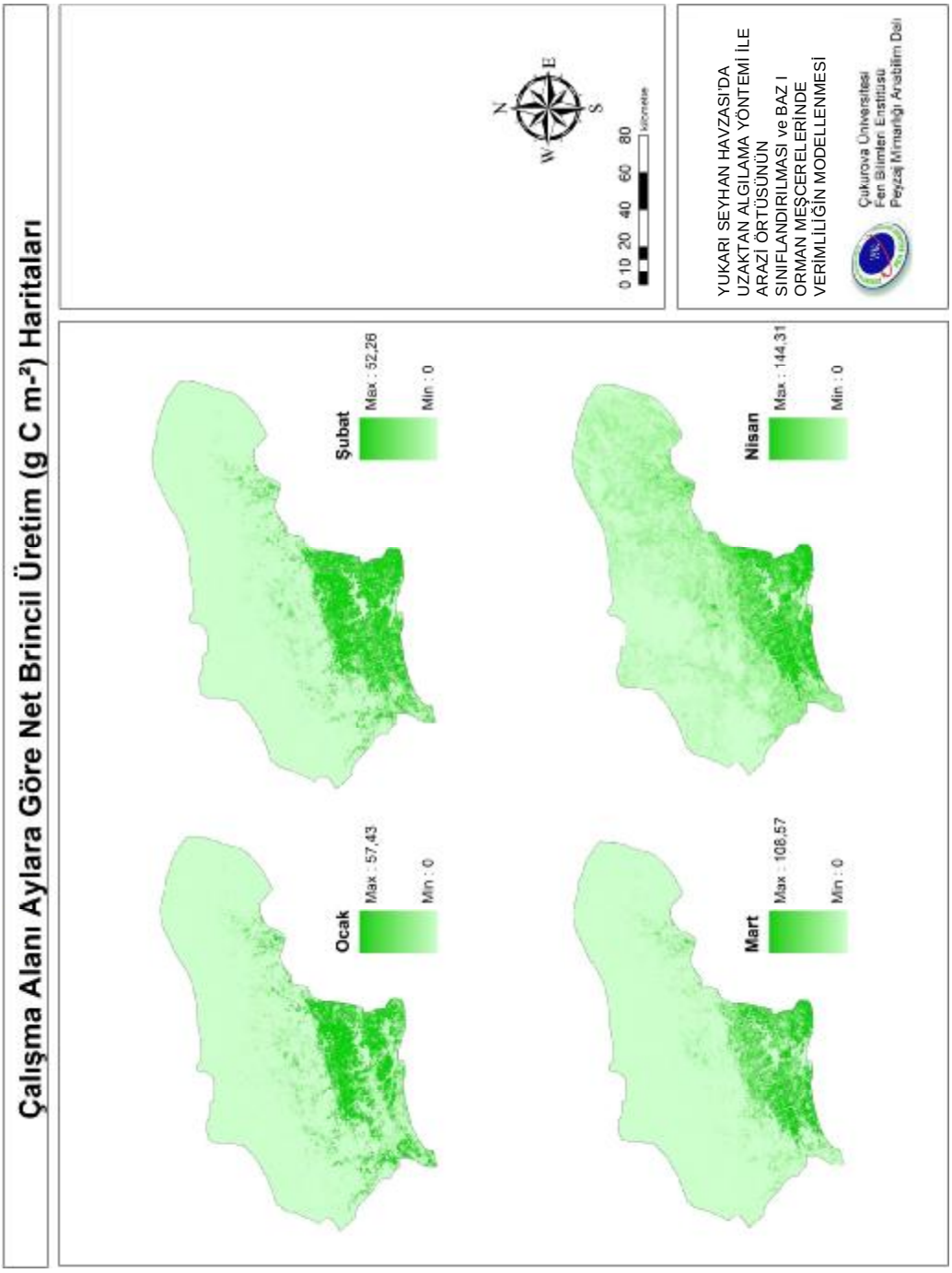


Şekil 4.53. Çalışma Alanı Aylara Göre Toplam Net Birincil Üretim (Mg C m^{-2}) Değerleri

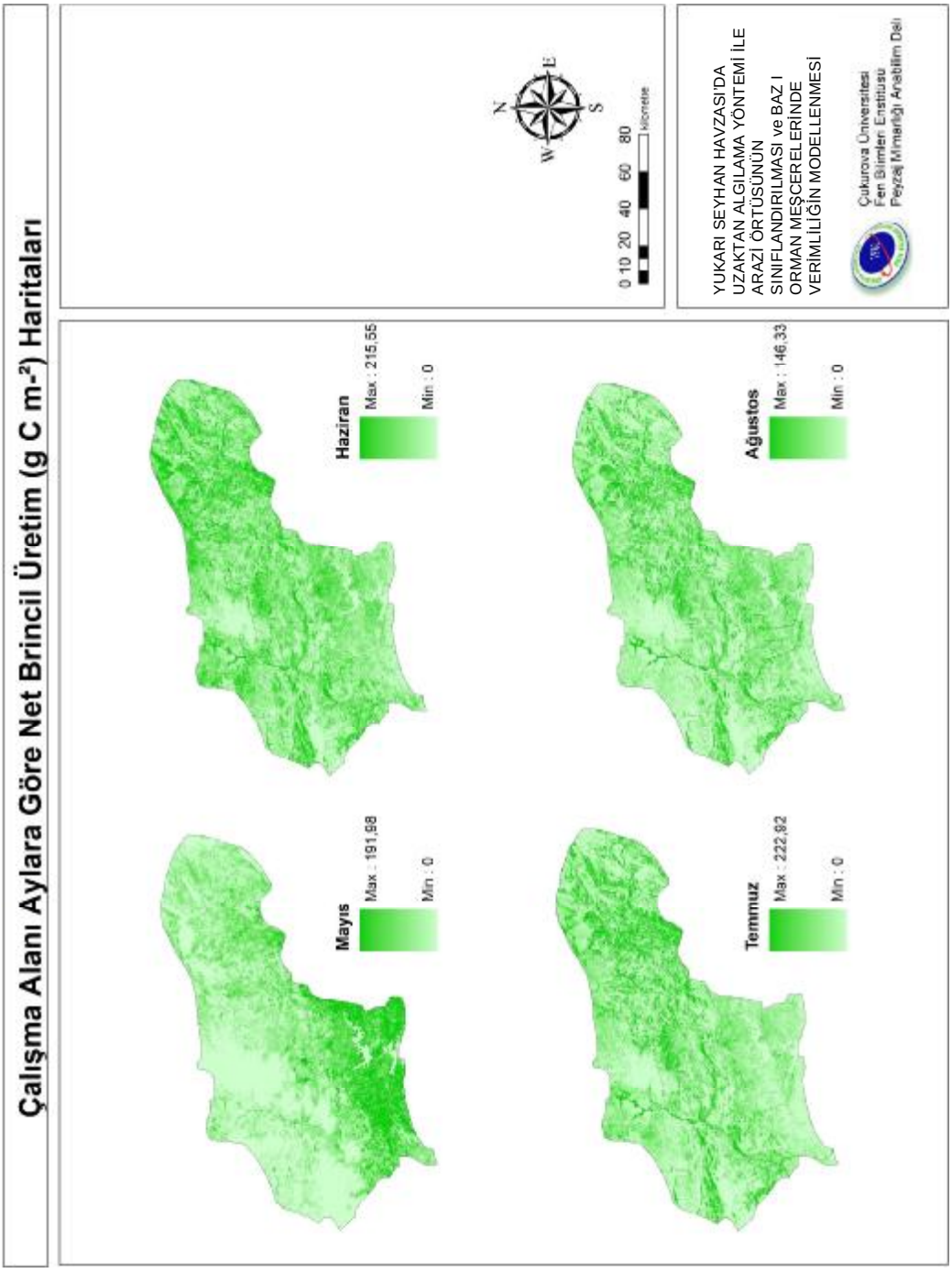
Çalışma kapsamında aylara göre NBÜ değerleri haritaları oluşturularak, zamansal ve alansal NBÜ'nün dağılımı gösterilmiştir (Şekil 4.55, 4.56, 4.57).



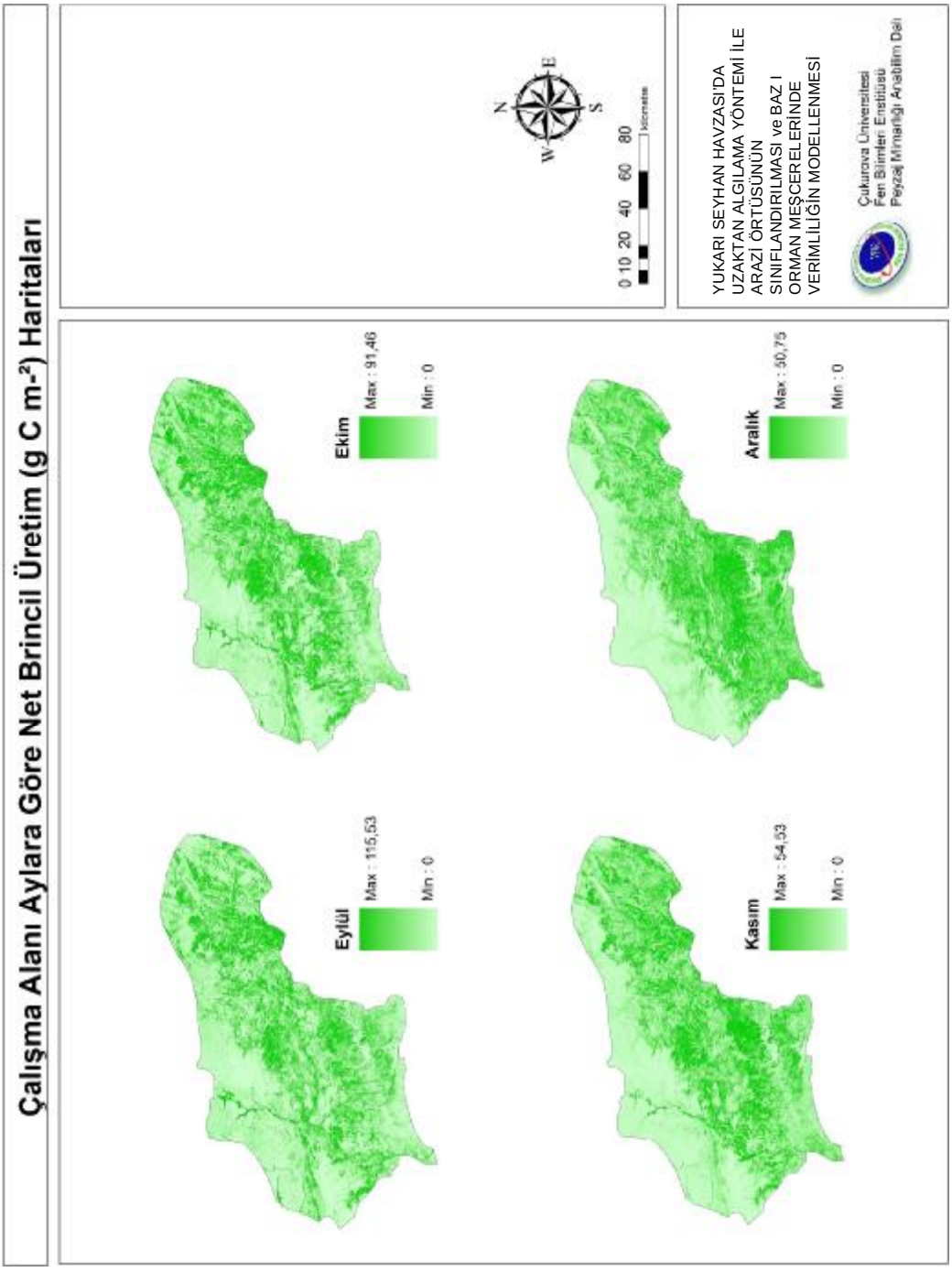
Şekil 4.54. Çalışma Alanı Toplam Net Birincil Üretim Haritası



Şekil 4.55. Çalışma Alanı Ocak-Şubat-Mart-Nisan Ayları Net Birincil Üretim Haritaları



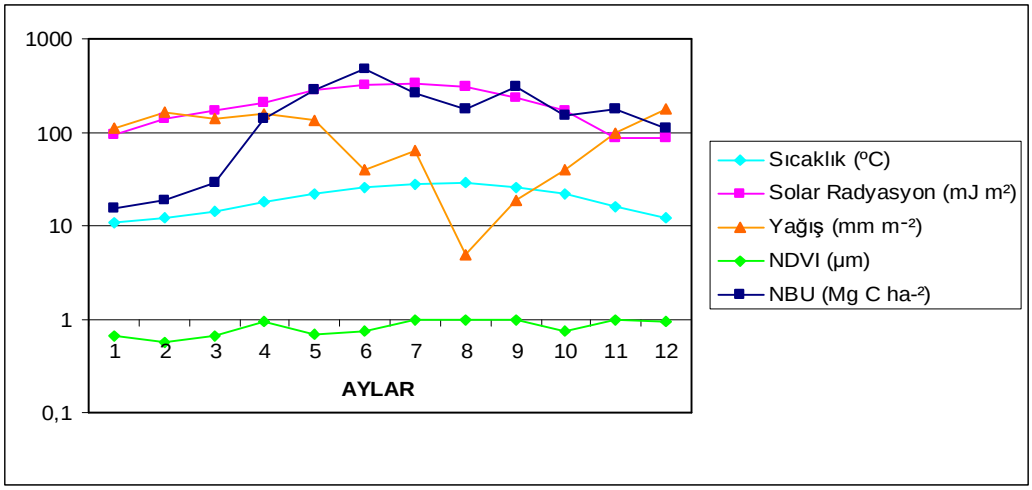
Şekil 4.56. Çalışma Alanı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos Ayları Net Birincil Üretim Haritaları



Şekil 4.57. Çalışma Alanı Eylül-Ekim-Kasım-Aralık Ayları Net Birincil Üretim Haritaları

Şekil 4.54'te orman alanları ve nehir yataklarındaki sulu tarım alanlarında, yüksek NBÜ değerlerinin yayılımı açıkça görülmektedir. Bitki örtüsünün bulunmadığı açık alanlar ve kireçli alanlarda NBÜ'nün aldığı düşük değerler de açıkça ayırt edilmektedir. Alanda yıl içinde birim alana düşen en yüksek toplam NBÜ değeri, 887.25 g C m^{-2}'dir.

Yağış, sıcaklık, solar radyasyondan oluşan iklim veri seti ve NDVI parametresi, CASA Modeli veri seti içinde yer almakta ve NBÜ'nün zamansal değişimine önemli derecede etkide bulunmaktadır. Şekil 4.58'de bu veri seti ile toplam NBÜ değerlerinin aylara göre değişimi ve veri setinden etkileşimi görülmektedir.



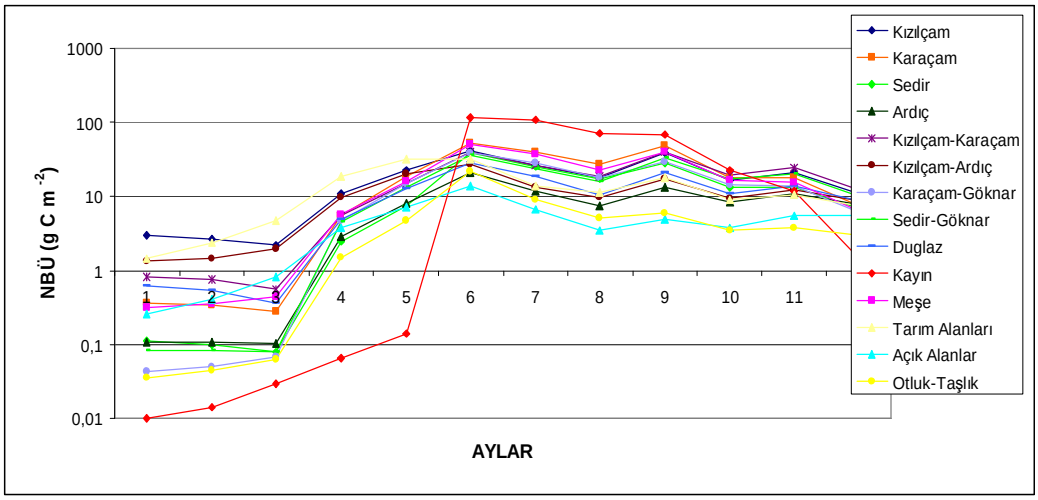
Şekil 4.58. Çalışma Alanı Aylara Göre Sıcaklık (ºC), Solar Radyasyon (mJ m^{-2}), Yağış (mm m²), NDVI (µm) ve Aylık Ortalamalar Toplamı Net Birincil Üretim (g C m^{-2}) Değerleri

Yılın ilk üç ayında düşük NBÜ değerleri, alanın karla kaplı olmasına bağlı olarak NDVI değerlerinin düşmesi ve sıcaklık, yağış ve solar radyasyon değerlerinin mevsimsel düşüklüğünden kaynaklanmaktadır.

Ancak, Nisan ayında sıcaklık, yağış, solar radyasyon ve NDVI değerlerinin yükselmesi ile NBÜ artışa geçmiş ve Haziran ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Haziran ayından sonra yağışların azalması ise birlikte, NBÜ değeri de düşmektedir. Ağustos ayında en düşük değeri alan NBÜ, yağışın azalması buna karşın sıcaklığın artmasından etkilenmiştir. Eylül ayından sonra yağışın yükselişe geçmesi, NDVI değerinin en yüksek değerde olması, NBÜ değerinin de dikkat çekici bir artış göstermesine neden olmuştur. Yılın son üç ayında yağışın artmasına rağmen, solar radyasyon ve sıcaklık değerlerindeki düşüşten dolayı NBÜ değerleri de düşmüştür.

Şekil 4.58'den de anlaşıldığı üzere, yağış verisi NBÜ'nün ana belirleyicisi olmasına rağmen, diğer verilerinde etkisi göz ardı edilemeyecek düzeydedir. Yağış yüksek olsa da, NBÜ artışı için solar radyasyon ve sıcaklık değerlerinin de yüksek olması gerekmektedir.

Çalışma alanı içindeki NBÜ değerleri, meşcere bazında da tahmin edilerek, benzerlik ve farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Şekil 4.59, meşcerelerin aylık NBÜ değerleri arasındaki farkların ve benzerliklerin anlaşılması için anahtar görevi görmektedir.

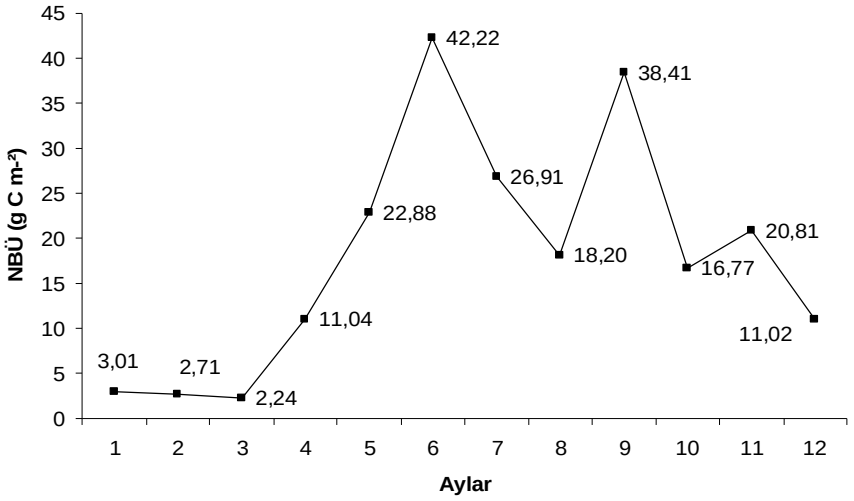


Şekil 4.59. Çalışma Alanı İçindeki Meşcerelere Ait Aylık NBÜ Değerleri

Şekil 4.59'da görüldüğü gibi, İğne yapraklı herdemyeşil türlerin aylık NBÜ değerleri birbirlerine benzerlik göstermektedir. NBÜ değerleri birbirinden farklı olsa

da grafikte değerlerin değişimi benzerdir. İğne yapraklı herdemyeşil türlerle birlikte, vejetasyon periyodu bu türlere benzeyen Meşe (*Quercus spp.*) meşceresi ile tarım alanları, açık alanlar ve otluk-taşlık alanlar da aynı şekilde davranmaktadır. Ancak, Kayın (*Fagus orientalis*) meşceresi diğer tüm meşcerelerden farklı bir NBÜ periyoduna sahiptir. Kayın (*Fagus orientalis*) meşceresinde üretim değeri, 5. ve 6. aylarda hızlı bir şekilde yükselişe geçmektedir.

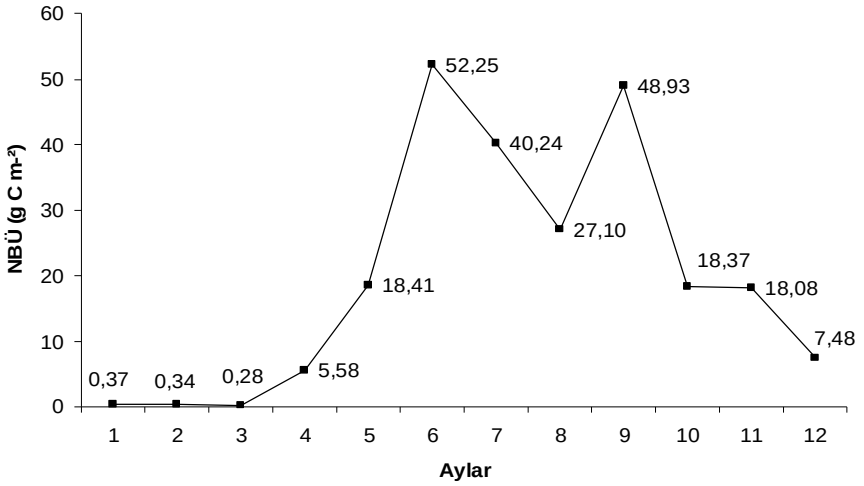
Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi, yılın ilk üç ayında en düşük ortalama NBÜ değerlerine sahiptir. Nisan ayından itibaren, yükselişe geçerek, Haziran ayında 42.22 g C m^{-2} ile en yüksek değere ulaşmaktadır. Ağustos ayına doğru düşüşe geçerek 18.20 g C m^{-2} değerini almakta, ancak, Eylül ayında 38.41 g C m^{-2} değerini alarak tekrar yükselmektedir (Şekil 4.60).



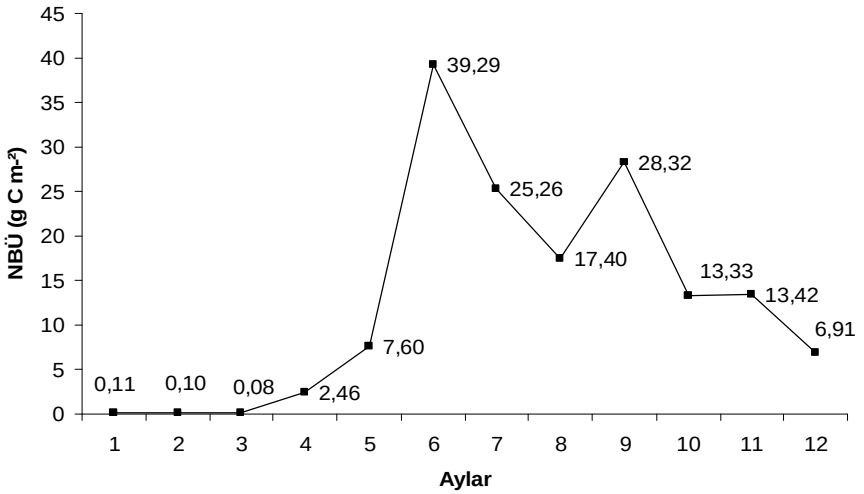
Şekil 4.60. Kızılçam (*Pinus brutia*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi de, Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi gibi, Haziran ve Eylül aylarında, sırasıyla, 52.25 g C m^{-2} ve 48.93 g C m^{-2} olmak üzere yıl içindeki en yüksek iki değere sahiptir (Şekil 4.61).

Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi, Ocak, Şubat ve Mart ayında 0.1 g C m^{-2} ortalama NBÜ değerine sahiptir. Meşcere, 39,28 g C m^{-2} Haziran ayında en yüksek değere ulaşmıştır. NBÜ değeri, Ağustos ayında 17.60 g C m^{-2}'ye düşmüş ve Eylül'de 28.29 g C m^{-2}'ye yükselmiştir (Şekil 4.62).

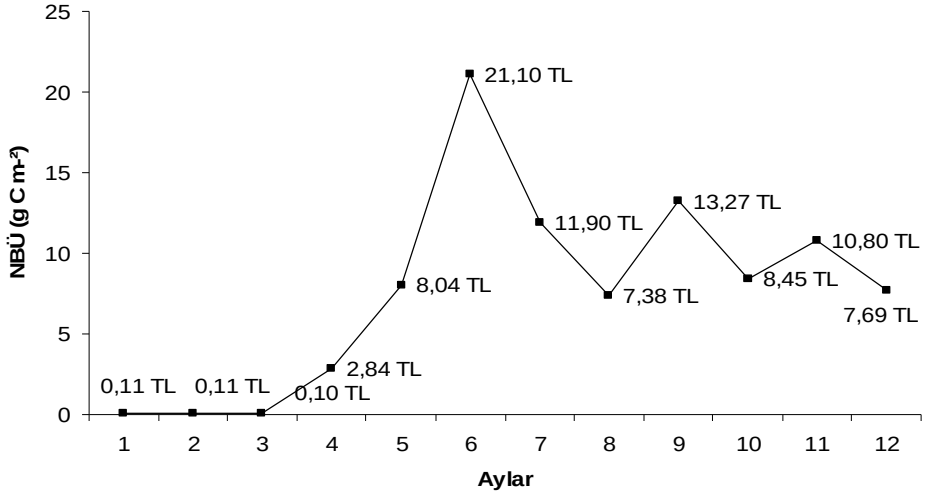


Şekil 4.61. Karaçam (*Pinus nigra*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri



Şekil 4.62. Sedir (*Cedrus libani*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi yılın ilk üç ayında 0.1 g C m^{-2} ortalama NBÜ değeri sergilerken, Haziran ayında 21.10 g C m^{-2} değerine yükselmekte ve yine diğer meşcerelerde olduğu gibi Ağustos ayına doğru düşüşe geçerek 7.38 g C m^{-2}değerini almış ve Eylül ayında tekrar yükselerek 13.27 g C m^{-2}'ye ulaşmıştır (Şekil 4.63).

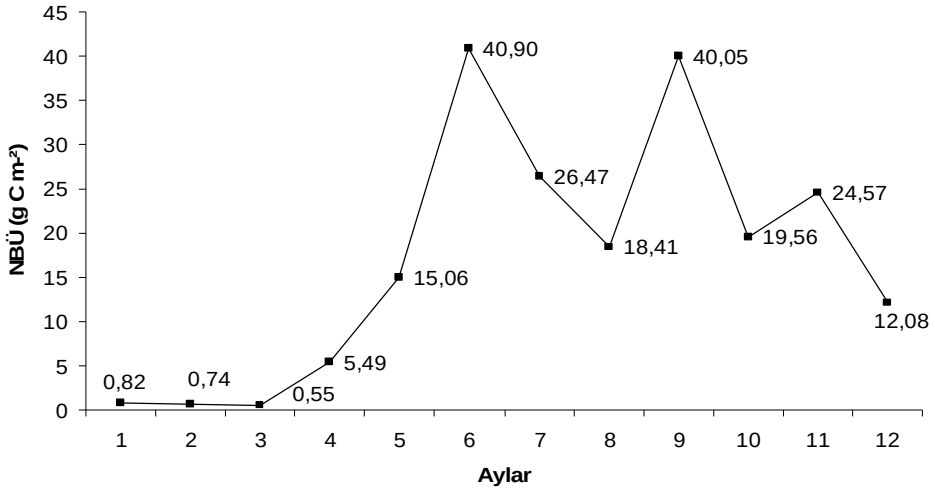


Şekil 4.63. Ardıç (*Juniperus excelsa*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

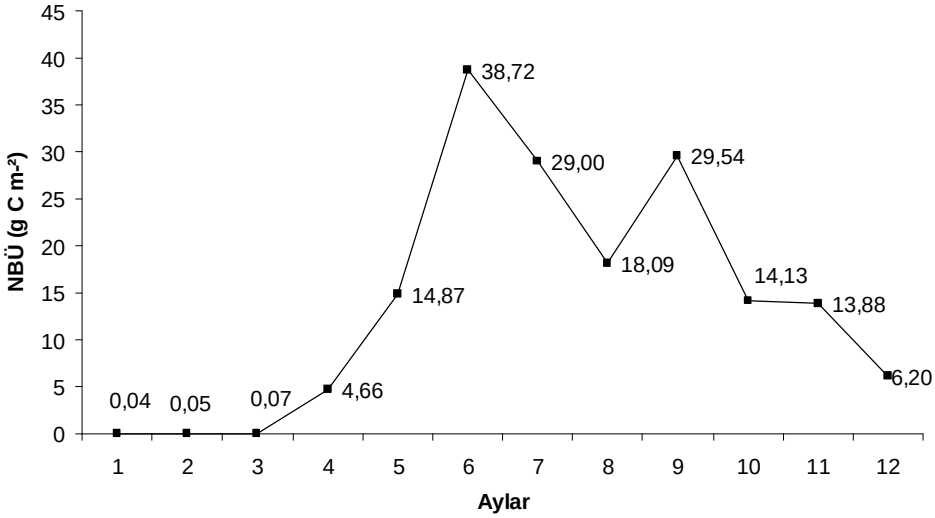
Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) karışık meşceresi de aynı şekilde davranarak, Haziran ayında 40.90 g C m^{-2} ile en yüksek NBÜ değerine sahip olmuştur. Ancak bu meşcerede Eylül ayındaki yükseliş, 40.05 g C m^{-2} değeri ile daha belirgin bir şekilde gerçekleşmiştir (Şekil 4.64). Karışık meşcereye ait ilk 3 aydaki düşük değer, alanda Karaçam (*Pinus nigra*)'ın baskın olduğunun bir kanıtıdır. Çünkü, Kızılçam (*Pinus brutia*) ilk 3 ayda daha yüksek NBÜ'e sahipken, Karaçam (*Pinus nigra*) bu aylarda düşük NBÜ'de bulunmaktadır.

Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) Karışık Meşceresinde de durum benzerlik göstermektedir. Yine Haziran ve Eylül aylarında ortalama değerler diğer aylara oranla oldukça yüksektir. İlk üç ayda NBÜ değerleri yok denecek kadar azdır (Şekil 4.65).

Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Karışık Meşceresi, Ocak, Şubat ve Mart ayında çok düşük değerlere sahiptir. Göknar (*Abies cilicica*) meşceresi de Sedir (*Cedrus libani*) meşceresi ile benzer davranmaktadır. Haziran ve Eylül aylarındaki yüksek değerler de sırasıyla, 35.50 g C m^{-2} ve 33.46 g C m^{-2} ile birbirine yakındır (Şekil 4.66)

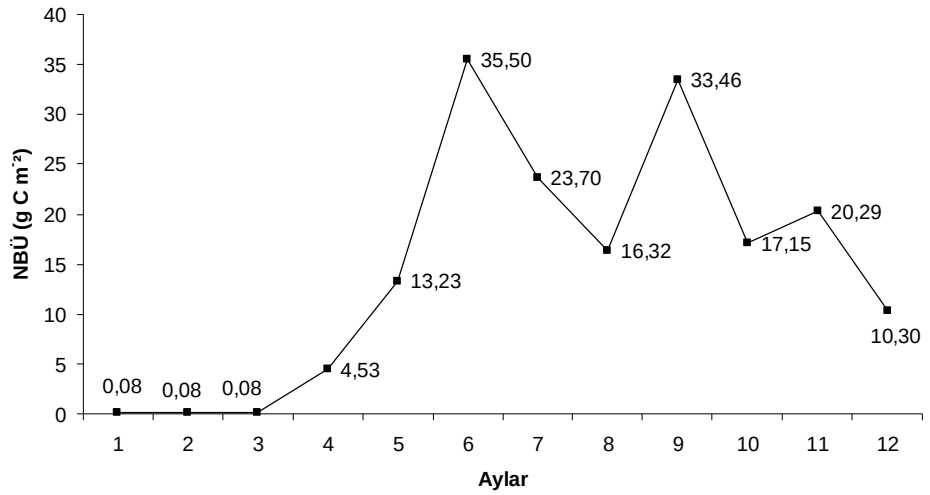


Şekil 4.64. Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia-Pinus nigra*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

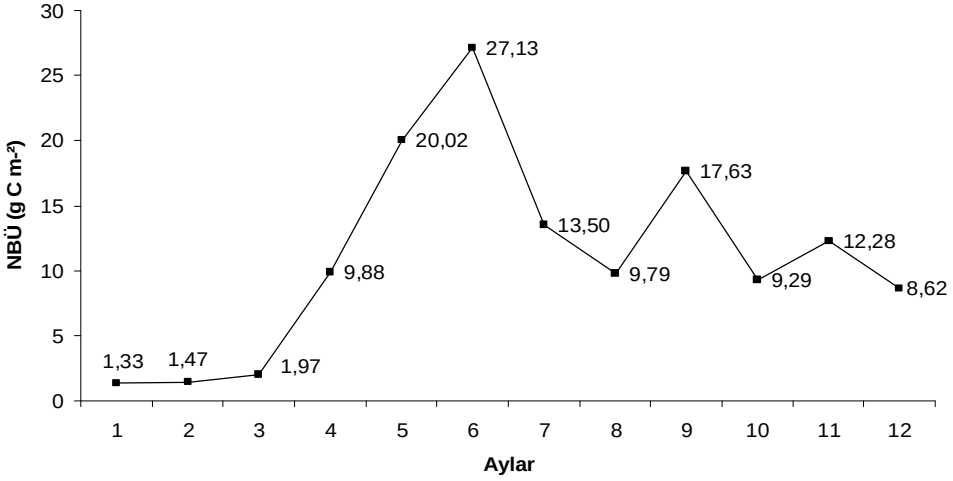


Şekil 4.65. Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Karışık Meşceresi, Kızılçam (*Pinus brutia*)'ın baskın olması nedeni ile ilk 3 ayda diğer meşcerelere oranla biraz daha fazla NBÜ'de bulunmaktadır. Bununla birlikte, yıl içindeki tipik davranışında diğer meşcerelerden farklı bir durum söz konusu değildir. Şekil 4.67'de görüldüğü üzere, en yüksek NBÜ ortalaması, 27.13 g C m^{-2} ile Haziran ayına aittir.

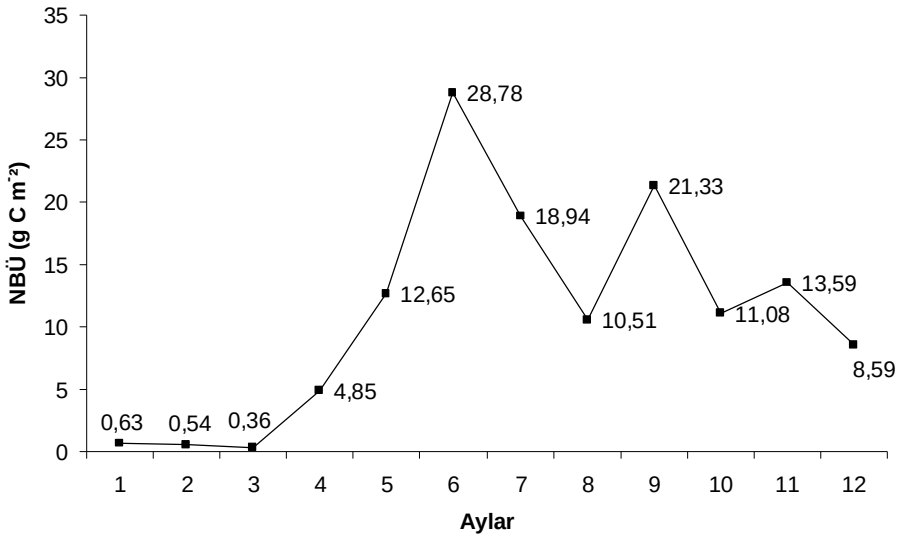


Şekil 4.66. Sedir-Göknar (*Cedrus libani-Abies cilicica*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri



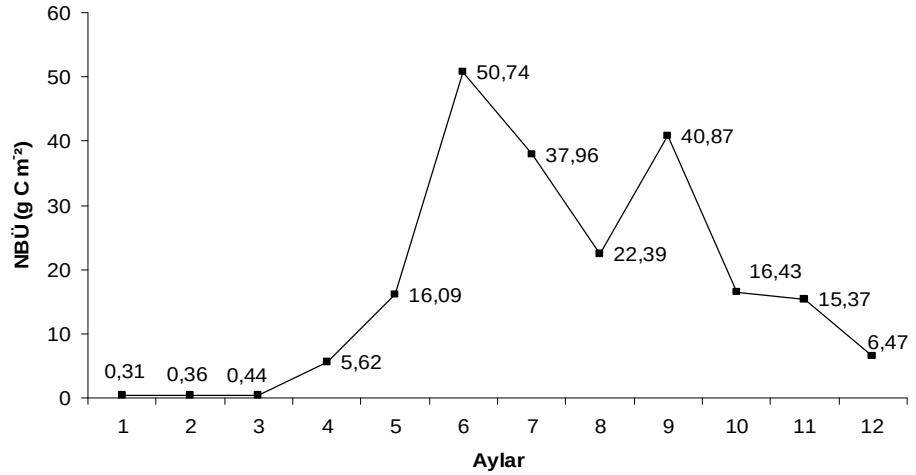
Şekil 4.67. Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia-Juniperus excelsa*) Karışık Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*) meşceresi de iğne yapraklı herdemyeşil bir türdür. Bu meşcerede alandaki diğer meşcereler gibi davranmaktadır. En yüksek değeri, 28.78 g C m^{-2} ile Haziran ayındadır (Şekil 4.68).



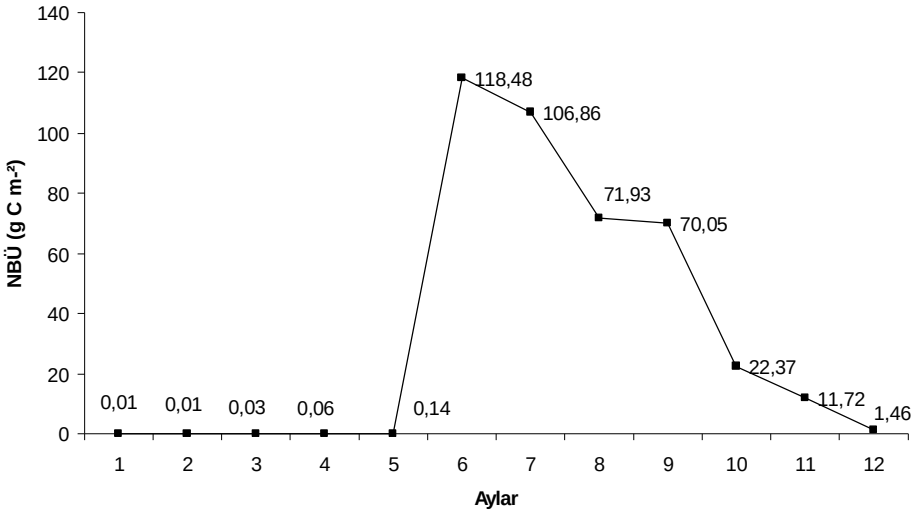
Şekil 4.68. Duglaz (*Pseudotsuga taxifolia*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

Meşe (*Qercus spp.*) meşceresi, çalışma kapsamındaki geniş yapraklı iki türden biridir. Ancak, bu meşcere de iğne yapraklı herdemyeşil türlere NBÜ yönüden bezerlik göstermektedir. Ancak, diğerlerinden farklı olarak, Haziran ayındaki ortalama NBÜ değeri, 50.74 g C m^{-2} ile oldukça yüksektir (Şekil 4.69).



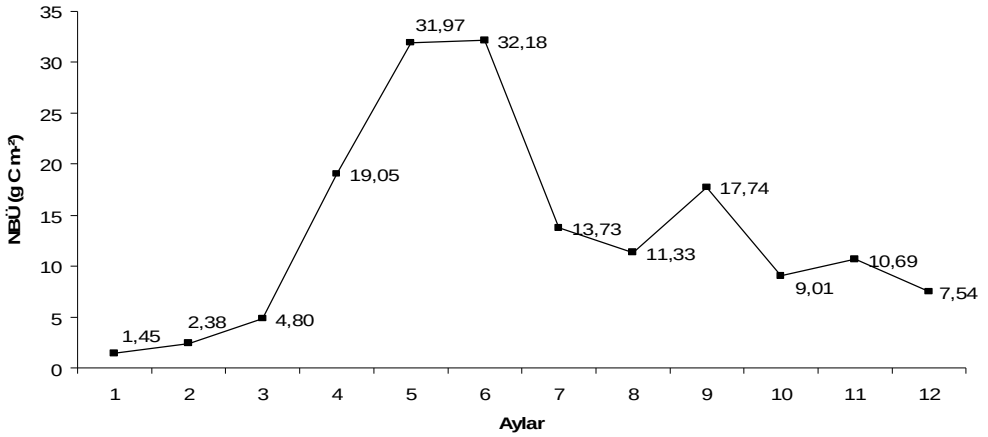
Şekil 4.69. Meşe (*Qercus spp.*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

Çalışma kapsamındaki 2. geniş yapraklı tür olan Kayın (*Fagus orientalis*) meşceresi, alanda oldukça küçük bir yayılım göstermektedir. Ortalama NBÜ değerleri ilk 4 ayda çok düşük olmasına rağmen, 4. aydan sonra hızlı bir ivme ile yükselişe geçerek, Haziran ayında oldukça yüksek bir değere ulaşmıştır. Haziran ayında 118.48 g C m^{-2}, Temmuz ayında 106.86 g C m^{-2}, Ağustos ayında 71.93 g C m^{-2} ve Eylül ayında da 70.05 g C m^{-2} değerleri ile alandaki en yüksek ortalama NBÜ değerlerine sahiptir (Şekil 4.70).

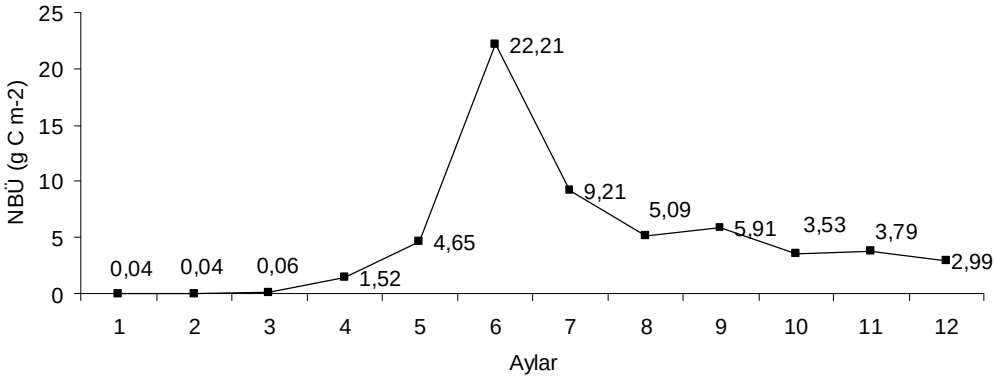


Şekil 4.70. Kayın (Fagus *orientalis*) Meşceresi Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

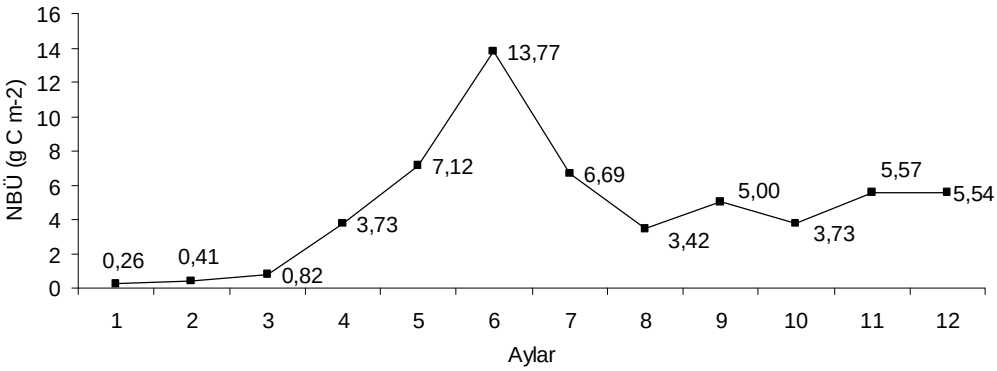
Alanda meşcerelere ek olarak, kuru ve sulu tarım alanlarından oluşan tarım alanları, açık alanlar ve otluk-taşlık alanlardaki bitki örtüsü içinde NBÜ tahmininde bulunulmuştur. Bu alanlarda da en yüksek net birincil üretim Haziran ve Temmuz aylarında olmuştur (Şekil 4.71, 4.72, 4.73).



Şekil 4.71. Tarım Alanları Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri



Şekil 4.72. Otluk-Taşlık Alanlar Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri



Şekil 4.73. Açık Alanlar Aylara Göre Net Birincil Üretim Değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin CO_2 emisyonları büyük ölçüde fosil yakıta olan bağımlılıktan kaynaklanmaktadır. IPCC'nin 2007'deki son raporuna göre, son yüzyılda küresel ortalama hava sıcaklığı 0.745 ºC artmıştır. Bu artışın büyük kısmı 1991 yılı sonrasında meydana gelmiştir. 1995-2006 dönemi ise, 1850 den bu yana en sıcak 12 yıl olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise kış maksimum sıcaklıkları son 10 yılda 1.0 ºC kadar artış göstermiştir (IPCC, 2007). Öngörülen iklim değişikliklerini ve bu değişikliklerin sosyo-ekonomik sektörler, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini en aza indirmenin yolu, insan kaynaklı sera gazı salınımlarını azaltmak ve yutakları çoğaltmaktır. Bu bağlamda ormanlar karbon absorbe etme ve tutma özellikleri ile yeryüzündeki hayatın devamında önemli rol oynamaktadır.

Bitkilerde büyümeyi temsil eden net birincil üretim, biyokütlesini oluşturan fiziksel kısımlarında tuttuğu net karbon miktarı ile ölçülmektedir. Döküntü miktarının ölçümü, orman ekosisteminde tutulan ve salınan karbon miktarının belirlenmesi için önemli bir değişkendir. Bitkiler fotosentez süreci sonucunda bünyelerine kazandırdıkları karbonun bir kısmını solunumla tekrar atrmosfere, bir kısmını ise döküntüler aracılığı ile toprağa vererek çürüme işlemi sonunda karbon döngüsü sürecine dahil etmektedir. Ağaçlardaki NBÜ değerleri ile yakından ilişkili olan döküntü üretimi, toprağa giren karbon miktarını temsil eder. İklim değişikliğine bağlı olarak orman verimliliğinde bir düşüş olması döküntü miktarı ile toprağa giren karbon miktarının da düşmesi anlamına gelmektedir. Döküntüler aracılığı ile toprak yapısına dahil olan karbon miktarı ile, toprak organik maddelerinin çürümesinden kaynaklanan toprak solunumu sonucu kaybedilen karbon miktarı dengelenmiş olur (Svensson, 2006). Bu nedenle çalışmada, NBÜ tahmini için meşcerelerin gelişim periyotları hakkında bilgi edinmek, fiziksel gelişimlerini gözlemlemek ve döküntüler yoluyla toprağa karışan karbon miktarlarını belirlemek amacı ile yersel çalışmalar yapılmıştır. Mevcut orman örtüsünü tür çeşitliliği bakımından en iyi şekilde temsil eden alanlar belirlenerek, örnek parseller kurulmuştur. Bir yıl süre ile meşcerelerin boy, sıklık ve birim alandaki döküntü miktarları gibi fiziksel özelliklerinde meydana

gelen değişimler hakkında veriler toplanmıştır. Örnek alanlarda en yüksek boy ve çap ortalamasına Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresi sahiptir.

Çalışmada, aylık döküntü miktarları, meşcere bazında ayrı ayrı olmak üzere mevsimlere ve yıla göre genellenmiştir. Yıllık toplam döküntü miktarları sırasıyla, Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinde 417.17 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, karışık (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*) meşcerede 291,13 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresinde 115.53 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresinde 54.65 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Sedir (*Cedrus libani*) meşceresinde ise 45,9 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$'dır. Çalışma sonucu elde edilen bulgular, Seyhan Havzasında Evrendilek ve ark. (2005) tarafından yürütülen çalışma sonuçları ile farklılık göstermektedir. Evrendilek ve ark. (2005) tüm Seyhan Havzasını çalışmaları kapsamında değerlendirmiştir, yürütülen bu çalışma yukarı havzadaki orman alanları ile sınırlı kalmıştır. Özellikle yukarı havzanın kuzeyinde yer alan sınırlı miktardaki orman alanları ihmal edilmiştir, bunun sonucunda elde edilen değerlerde farklılıklar bulunmaktadır.

Mevsimlere ait toplam döküntü miktarları türlere göre farklılık göstermekle birlikte ilkbaharda minimum, sonbaharda ise maksimuma çıkmaktadır. Özellikle, Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresi yaz mevsiminde döküntü miktarında artış gösterirken, Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi sonbaharda, Sedir (Cedrus libani), Karaçam (Pinus nigra) ve karışık meşcerelerde (*Abies cilicica-Pinus nigra-Cedrus libani*) kışın artış göstermektedir. Yıllık toplam karbon üretim miktarları tür bazında; Kızılçam (*Pinus brutia*) meşceresinde 187.72 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, karışık meşcerede (*Abies cilicica, Pinus nigra, Cedrus libani*) 131 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Karaçam (*Pinus nigra*) meşceresinde 51.98 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresinde 24.59 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$, Sedir (*Cedrus libani*) meşceresinde ise 20.65 Mg ha^{-1} $yıl^{-1}$'dır.

Toprak üstü NBÜ çalışmalarının anahtar temsilcisi olan bu döküntü miktarlarının belirlenmesi, tüm alandaki karbon miktarlarının tahmini açısından oldukça önemlidir. Karbon stok miktarları, atmosfere giden ve gelen karbonun kontrol altında tutulması ve salınması açısından son derece önemlidir. Döküntülere ait kuru ağırlığın 0.45 katsayısı ile çarpımı net karbon miktarını vermektedir. 12 260 km^2'lik bir alanı kapsayan çalışma alanında, yılda toplam 2 150 Mg C karbon döküntüler yolu ile toprağın yapısına karışmakta ve karbon döngüsü sürecine dahil

olmaktadır. Bu değerlerin tüm ülke kapsamında yapılacak modelleme çalışmaları ile belirlenmesi geleceğe yönelik çevre politikalarının oluşturulması ve ormancılık stratejileri açısından son derece önemlidir.

Çalışmada döküntü miktarlarının ilişkilendirilmesi ve NBÜ modellemesi gibi aşamalarda kullanılmak üzere arazi örtüsü sınıflaması gerçekleştirilmiştir. 17 Ağustos 2003 tarihli LANDSAT ETM+ görüntüsü eğitimli olarak, Maksimum Olabilirlik algoritmasıyla 18 farklı arazi sınıfına sınıflanmıştır. Kızılçam (*Pinus brutia*) alanda en baskın türdür (% 14.01). Bunun dışında diğer arazi örtüleri Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Ardıç (*Juniperus excelsa*), Kızılçam-Karaçam (*Pinus brutia- Pinus nigra*) karışık meşceresi, Kızılçam-Ardıç (*Pinus brutia- Juniperus excelsa*) karışık meşceresi, Karaçam-Göknar (*Pinus nigra-Abies cilicica*) karışık meşceresi, Sedir-Göknar (*Cedrus libani- Abies cilicica*) karışık meşceresi, Duglaz (*Pseudotsuga spp.*), Kayın (*Fagus spp.*), Meşe (*Quercus spp.*) meşcereleri ile kuru tarım alanları, sulu tarım alanları, açık alanlar, kayalık (kireçli) alanlar, otluk-taşlık alanlar, yerleşimler ve su yüzeyleri şeklinde sıralanmaktadır.

Ağaç kapalılık haritası, CASA Modeli veri seti içinde yer almakla birlikte arazi çalışmaları sonucu oluşturulan yer veri setinin arazi örtüsü haritası ile birlikte kullanımı sonucu alana yaygınlaştırılması ve ilgili değişkenlerin konumsal dağılımlarının ortaya konmasında kullanılmıştır. Regresyon ağacı yöntemi ile ağaç kapalılık yüzdeleri başarıyla tahmin edilmiştir. Elde edilen 30 m çözünürlükte ağaç kapalılık yüzdesi haritası Akdeniz Bölgesi ormanlarının kapalılıklarını LANDSAT ETM+ verisi ve regresyon ağacı yöntemi ile modellenebileceğini göstermiştir. Biyosfer modelleme çalışmaları, dünya ekosisteminin durumunu geniş bir ölçekte belirleme açısından çok önemli bir rol oynamaktadır. NBÜ ölçümleri bu bağlamda, karbon ve besin dinamiklerinin odağında olması ve biyojeokimyasal ve ekolojik süreçlerle bağlantılı olması nedeni ile çok önemlidir. Bu dinamikleri yorumlama ve anlama, veri kayıtlarındaki boşluklar, veri kalitesindeki sınırlayıcılar, bazı mekanizmaların anlaşılmasındaki yetersizlikler nedeni ile kısıtlanmaktadır. Bu kısıtların başında veri çözünürlüğü gelmektedir. Bu çalışma ile literatürde yaygın olarak kullanılan kaba çözünürlükteki (MODIS, MERIS) veriler ile uygulanan yöntemlerin daha yüksek çözünürlüklerde de kullanım potansiyeli olduğu

kanıtlanmıştır. Havza ölçeğinde yapılan çalışmalarda kaba çözünürlükteki uydu verilerinde veri kaybı fazla olmaktadır. Özellikle gelecekte kullanımı yaygınlaşacak olan orta çözünürlü hiperspektral algılayıcıların kullanımı ile sadece yersel değil aynı zamanda tayfsal çözünürlüğün olumlu etkilerinden de yararlanılacaktır.

Çalışma ile Yukarı Seyhan Havzası'nın orman örtüsünü sınırları içine alan, 12 260 km^2'lik çalışma alanında meşcere bazında NBÜ değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. NBÜ tahmin çalışmaları iğne yapraklı herdemyeşil türlere dahil olan, Karaçam (*Pinus nigra*), Sedir (*Cedrus libani*), Göknar (*Abies cili*cica)), Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşcerelerinde yapılmıştır. Bu türler üzerinde yapılan yersel ve uzaktan algılanmış tahmin çalışmalarının yanı sıra, sadece uzaktan algılanmış veri setine dayanılarak yapılan Kayın (*Fagus orientalis*), Meşe (*Quercus spp*.), Duglaz (*Pseudotsuga spp*.) meşcereleri, tarım alanları, açık alanlar ve otluk-taşlık alanlara ait NBÜ tahmin çalışmaları da yer almaktadır.

Tahmin çalışmalarında tüm yersel veriler ile uzaktan algılanmış veriler entegre ederek aylık, mevsimsel ve yıllık periyotlar halinde NBÜ tahmini NASA-CASA Modeli ile gerçekleştirilmiştir. Model süreç temelli bir model olup, fPAR ve vejetasyon indeksi arasındaki ilişki ve etkileşimi kullanarak, fotosentez, ototrofik solunum ve transpirasyon gibi çeşitli süreçlerin bilgisayar ortamında temsil edilmesini sağlamıştır. Ancak bu modelin kullanımı, veri setinin varlığı, kalitesi ve gerçeği ne kadar iyi temsil ettiği ile sınırlanmaktadır. Bir başka sınırlayıcı etken ise, zamansal ve mekansal ölçektir. Çünkü süreç temelli modellerin çoğu meşcere düzeyinde test edilip, geliştirilmektedir.

NBÜ'nün aylara göre tüm alandaki toplam değerleri sırasıyla, Ocak ayında 15.42 Mg C ha^{-2}, Şubat ayında 18.99 Mg C ha^{-2}, Mart ayında 29.02 Mg C ha^{-2}, Nisan ayında 140.98 Mg C ha^{-2}, Mayıs ayında 279.54 Mg C ha^{-2}, Haziran ayında 481.80 Mg C ha^{-2}, Temmuz ayında 257.24 Mg C ha^{-2}, Ağustos ayında 176.36 Mg C ha^{-2}, Eylül ayında 310.92 Mg C ha^{-2}, Ekim ayında 149.56 Mg C ha^{-2}, Kasım ayında 178.75 Mg C ha^{-2} ve Aralık ayında 111.87 Mg C ha^{-2}'dir.

Çalışmada ayrıca yağış, sıcaklık ve solar radyasyondan oluşan iklim verilerinin NBÜ değerlerine olan etkisi de araştırılmıştır. NBÜ'nün miktarını belirleyen en önemli iklim verisinin yağış değişkeni olduğu belirlenmiştir. Ancak her

ne kadar yağış değişkeni etkili olsa da solar radyasyon ve sıcaklık değerlerinin yüksek olması NBÜ artışı için gereklidir.

NBÜ değerleri birbirinden farklı olsa da iğne yapraklı herdemyeşil türlerle birlikte, vejetasyon periyodu bu türlere benzeyen Meşe (*Quercus spp.*) meşceresi ile tarım alanları, açık alanlar ve otluk-taşlık alanlarda artış ve azalmalar benzerlik göstermektedir. Ancak, Kayın (*Fagus orientalis*) meşceresi diğer tüm meşcerelerden farklı olarak yüksek NBÜ periyoduna sahiptir. Özellikle üretim değeri, sıcaklık, yağış ve solar radyasyon değerlerinin artışa geçerek birbirini desteklemesi ile 5. ve 6. aylarda hızlı bir şekilde yükselişe geçmektedir. Kayındaki (*Fagus spp.*) çok yüksek aylık NBÜ değerinin en önemli nedeni üretim kapasitesi açısından yapraklı türlerin ibrelilere oranla daha yüksek bir değere sahip olmasıdır. Bu da ormancılık çalışmalarının yürütüldüğü alanlarda, iğne yapraklı türlere ek olarak, geniş yapraklı türlerin de tercih edilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Özellikle karbon tutma kapasitesini artırmak. Ortaya konulan karbon ve NBÜ değerlerinin tahmini ile orman alanlarında geleceğe yönelik ağaçlandırma ve yönetim planlamaları için geniş bir veri seti oluşturulabilmektedir. Sadece orman ve tarım alanı olarak değil aynı zaman da tür bazında da NBÜ ölçümlerinin yapılması, gelecekteki ormancılık çalışmalarına yön verecektir. Tür bazında tahmin edilen NBÜ değerleri ağaçlandırılacak yeni alanlardaki tür seçimi açısından son derece önemli bir kriter yaratacaktır. Ormanların biyolojik açıdan üretim kapasiteleri tür bazında belirlenerek, yüksek üretim gücüne sahip türlerin seçilmesi sağlanabilecektir.

Ülkemizin orman varlığı 21.2 milyon hektar olup, toplam ülke yüzölçümünün % 27'sini temsil etmektedir. Biyolojik çeşitlilik açısından oldukça zengin olan ormanlarımızın yaklaşık yarısı iğne yapraklı, diğer yarısı ise geniş yapraklı türlerden oluşmaktadır. Ülkemizdeki bu orman varlığının verimlilik değerlerinin izlenmesi ve konumsal bilgi sistemlerinin kullanımı sınırlı düzeyde olmaktadır. Günümüzde karbon miktarının ölçülebilmesi için tarım ve orman alanlarında ölçüm sistemlerinin kurulması ve bu yersel ölçümlere paralel olarak uzaktan algılama çalışmaları ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Ölçüm çalışmalarının geniş bir zaman dilimini kaplaması, ülkemiz toprakları üzerindeki vejetasyon örtüsünün çok çeşitlilik

göstermesi, topoğrafik açıdan ülkemizin değişken bir yapı sergilemesi, nedeni ile zordur.

Ülkemizdeki ormanların karbon tutma kapasitelerinin hesaplamasını ve atmosferik kirliliğe karşı koruyucu önlemlerin alınmasını sağlayacak ölçümlerin yapılabilmesi ve orman ekosistemlerinin takip ve gözlemlerinin sürekli yapılıp değerlendirilebilmesi amacı ile ormanlarda daimi deneme alanları ağı oluşturulmalıdır. Tüm dünya ekosisteminin bir bütün olarak düşünülmesi gerektiğinden, ülke çapında karbon miktarlarının dengede ve kontrol altında tutulması açısından sistemli bir veri kaynağı oluşturup, diğer ülkeler ile koordineli bir şekilde veri transferi sağlanmalıdır. Özellikle gelişmiş ülkelerde uygulanan ve ormancılık çalışmalarına ışık tutacak nitelikteki modelleme çalışmalarının geliştirilmesi amacı ile uluslar arası kuruluşlar ve ormancılığı gelişmiş ülkeler ile ilişkilerin geliştirilmesine, ortak organizasyon, bilgi ve teknoloji aktarımı konularına önem verilmelidir. Bu amaçla, ülkemizde henüz yeni bir konu olan net birincil üretim çalışmalarına destek olacak bilgi ve deneyim ağı oluşturulmalıdır.

Düzenli bir periyotta izleme ve geniş veri tabanı gelecek çalışmalara ışık tutacaktır. Ormancılık bilgi sistemi ile bilgiye ulaşılması kolaylaştırılmalıdır. Bu sayede, zamansal periyotlar halinde tahmin edilen NBÜ değerlerinin güncellenmesi sağlanabilecektir. Doğal ormanlardaki üretim baskılarını azaltmak ve karbon döngüsünü artırmak amacı ile ağaçlandırma çalışmaları AB ülkelerindeki benzer teşvik sistemleri ile desteklenmelidir. İleri teknolojiye sahip uzaktan algılama verilerinin NBÜ tahmin çalışmalarında kullanılabilmesi geniş ölçekte tahmin yeteneğinin arttırılması yanında zaman ve paradan tasarruf sağlamaktadır. Ulusal düzeyde veri tabanı ile arazi örtü sınıflaması ve model parametrelerindeki değişimlerin tespit çalışmasının standardizasyonunu sağlayan bir sistem oluşturulmalıdır. Orta çözünürlükteki uydu verilerinin kullanıldığı bölgesel ölçekte tespit çalışmalarına ağırlık verilebilir.

Yürütülen bu çalışma ile ülkemiz Akdeniz kıyılarındaki orman alanlarında yersel veriler ile uzaktan algılanmış verilerin birlikte kullanımı ile orman verimliliğinin tahminine yönelik güvenilir bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda çalışmada yoğun arazi ve laboratuvar çalışmaları ile birlikte görüntü

işleme ve sınıflandırması, CBS ortamında veri üretimi ve entegrasyonu, matematiksel modelleme gibi bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada metodolojisini oluşturan bu ekosistem modellerinin kullanımı yaygınlaştırılarak, NBÜ tahmin çalışmaları tüm ülke genelinde yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

AHERN, F.J., ERDLE, T., McLEAN, D.A., KNEPPECK, I.D., 1991. A Quantitative Relationship Between Forest Growth Rates and Thematic Mapper Reflectance Measurements. International Journal of Remote Sensing, Vol.12, pp.387-400.

AKÇA, A., 1981. Modern Hava Fotoğrafı Değerlendirme Yöntemleri ile Ağaç Servetinin Saptanması. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi. Sayı.2 (A), sf.75-86.

ALTAN, T., ARTAR, M., ATİK, M., ÇETİNKAYA, G., 2004. Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Yönetim Planı. Life Çukurova Deltası Biyosfer Rezervi Planlama Projesi. Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 372 sayfa. Adana. ISBN: 975-487-118-3.

ALTAN, T., AKTOKLU, E., ATMACA, M., KAPLAN, K., ATİK, M., ARTAR, M., GÜZELMANSUR, A., ÇİNÇİNOĞLU, A., BÜYÜKAŞIK, Y., 2007. Seyhan Havzası Bitki Örtüsünün Floristik ve Vejetasyon Açısından Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG-JPN-07. ICCAP Projesi Sonuç Raporu-Mart 2007.

ANONYMOUS, 1980. Aşağı Seyhan Havzası Master Planı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Barajlar ve H.E.S. Dairesi Başk. Ankara, 1980.

ANONYMOUS, 2000. Orman Meşcere Haritası. Adana Orman Genel Müdürlüğü.

ANONYMOUS, 2002. w3.gazi.edu.tr/~mkaracan/enstrumental.

ANONYMOUS, 2003. http://web.adu.edu.tr.

ANONYMOUS, 2004. Antalya İl ve Çevre Orman Müdürlüğü. Çevre Durum Raporu.

ANONYMOUS, 2005a. Assessment of Vulnerability of Water Resources System to Climate Change-Hydrology and Water Resources Sub-Group. TÜBİTAK TOVAG-JPN-07. The Progress Report of ICCAP- April 2005.

ANONYMOUS, 2005b. Ülkemizdeki Toprak Sınıfları. http://www. ozturkmevzuat. com

ANONYMOUS, 2006. İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu ve Uzaktan Algılama Merkezi Web Sayfası. "www.cscrs.itu.edu.tr".

ANONYMOUS, 2007a, Meteoroloji Ders Kitabı. www.ans.dmhi.gov.tr.

ANONYMOUS, 2007b. Uzaktan Algılama http://www.hasanbalik.com.

ANONYMOUS, 2007c. www.crcrs.itu.edu.tr.

ANONYMOUS, 2007d. http://www.cevreorman.gov.tr/or_2007.htm.

ANONYMOUS, 2007e. www.nik.com.tr.

ANONYMOUS, 2007f. http://www.sieurasia.com.

ANONYMOUS,2007g. Orman Genel Müdürlüğü Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü Web Sayfası. http://www.ogm-Balikesirobm.gov.tr/amenajman.htm

APLIN, P., ATKINSON, P., CURRAN, P., 1996. Fine Spatial Resolution Satellite Sensors for the Next Decade. Remote Sensing Society Conferance RSS'96. Durham University, England.

ARORA, V., 2006. Modelling Vegetation as a Dynamic Component in Soil-Vegetation-Atmosphere-Transfer Schemes and Hydrolojical Models. J. Geophs. Res. http://www.cccma.ec.gc.ca/papers/varora.

ASNER, P.G., TOWNSEND, A.R., BRASWELL, B.H., 2000. Satellite Observation of El Niňo Effects on Amazon Forest Pheonology and Productivity. Geophysical Research Letters, Vol.27, No.7, pp.981-984.

ASRAR, G., KANAMASU, E. T., JACKSON, R. D., PINTER, P. J., 1985. Estimation of Total Above-Ground Phytomass Production Using Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment, Vol.17, pp.211-220.

ATİK, M., ALTAN, T., ATMACA, M., AKTOKLU, E., KAPLAN, K., ARTAR, M., GÜZELMANSUR, A., ÇİNÇİNOĞLU, A., BÜYÜKAŞIK, Y., 2007. İklim Değişikliği ve Bitki Örtüsüne Etkileri; ICCAP Projesi ve Seyhan Havzası. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007. 11-13 Nisan 2007. İTU, İstanbul.

ATKINSON, P., PLUMMER, S. E., 1993. The Influence of the Percentage Cover and Biomass of Cover on the Reflectance of Mixed Pasture. International Journal of Remote Sensing, Vol.14, No.7, pp.1439-1444.

AYENSU, E., CLAASEN, D., COLLINS, M. ve ark., 1999. International Ecosystem Assessment. Science, Vol.286, pp.685-686.

AWAYA, Y., KODANI, E., TANAKA, K., LIU, J., ZHUANG, D., MENG, Y., 2004. Estimation of the Global Net Primary Productivity Using NOAA Images and Meteorological Data: Changes Between 1988-1993. International Journal of Remote Sensing, Vol.25, No.9, pp.1597-1613.

BAEZ-GONZALEZ, A.D., CHEN, P., TISCARENO-LOPEZ, M., SRINIVASAN, R., 2002. Using Satellite and Field Data with Crop Growth Modelling to Monitor and Esimate Corn Yield in Mexico.Crop Science, Vol.42, pp.1943-1949.

BAKER, J. C., 2001. Commercial Satellites: A Catalyst for Global Transparency. Imaging Notes. Vol.16, No.4. Thornton, U.S.A.

BANNARI, A., MORIN, D., BONN, F., HUETE, A.R., 1995. A Review of Vegetation Indıces. Remote Sensing Reviews, Vol.13, pp.95-120.

BARET, F., 1994. Imaging Spectrometry in Agriculture, Comparison of Modellistic Approaches and Experimental Data. In: J. Hill & J. Megier Eds. Imaging Spectrometry- A Tool for Environmental Observations. Dordrecht, Kluwer Academic, pp 20.

BAŞARAN, M., 2004. Türkiye'nin Organik Karbon Stoğu. Harran Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi. Sayı.8 (3/4), s.31-36.

BAŞAYİĞİT, L., AKGÜL,M., IŞILDAR, A.A., 2005. LANDSAT Verileri Yardımıyla Arazi Kullanım Türlerinin Belirlenmesi ve Yıllara Bağlı Olarak Değişimin İzlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-2.

BAŞPEHLİVAN, C., 2004. Uydu Teknolojileri ve Haritacılık. Piri Reis Harita ve CBS Çalışanları Yardımlaşma Derneği.

BATTAGLIA, M., SANDS, P. J., 1998. Process-Based Forest Productivity Models and Their Applications in Forest Management. For. Ecol. Manag., Vol.102, pp.13-32.

BEHRENFELD, M., FALKOWSKI, P., 1997. A Cunsumer's Guide to Phytoplankton Primary Productivity Models. Limnol. Oceonagraphy, Vol.42, pp.1479-1491.

BERBEROGLU, 1999. Optimising the Remote Sensing of Mediterranean Land Cover. University of Southampton, Science Faculty, PhD Thesis. 205 p.

BERBEROĞLU, S., DÖNMEZ, C., ÖZKAN, C., 2007a. Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti Kullanarak Modellenmesi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007. İTÜ-İstanbul.

BERBEROĞLU, S., DÖNMEZ, C., ÖZKAN, C., 2007b. EnviSAT MERIS Veri Seti Kullanarak Seyhan Üst Havzası Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007. İTÜ-İstanbul.

BETTINGER, P., HAYASHI, R., 2006. Estimation of Above Ground Biomass with Remotely Sensed Imagery: A Brief Literature Review. Research Notes. Forestry and Natural Resources, University of Georgia, Athens.

BIRK, E. M., VITOUSEK, P. M., 1986. Nitrogen Avalibility and Nitrogen Use Efficiency in Loblolly Pine. Ecology, Vol.67, pp.69-79.

BONAN, G.B., LEVIS, S., KERGOAT, L., OLESON, K.W. 2002. Landscapes as Patches of Plant Functional Types: An Integrating Concept for Climate and Ecosystem Models. Global Biogeochemical Cycles, Vol.16, pp.1360-1384.

BONAN, G. B., 1995. Land-Atmosphere CO_2 Exchange Simulated by a Land Surface Process Model Coupled to an Atmospheric General Circulation Model. Journal of Geographysical Research, Vol.100(D2), pp.2817-2831.

BREIMAN, L., FRIEDMAN, J.H., OLSHEN, R.A., STONE, C.J., 1984. Classification and Regression Trees. Montery: Wadsworth and Brooks/Cole.

BUNKEI, M., MASAYUKI, T., 2002. Integrating Remotely Sensed Data with an Ecosystem Model to Estimate Net Primary Prductivity in East Asia. Remote Sensing of Environment, Vol.81, pp.58-66.

BURNS, D. A., CIURCZARK, E. W., 1992. Handbook of Near-Infrared Analysis. In Practical Spectroscopy (13). Eds: E.G. Brame (New York: Academic Pres). pp.123-147.

CAMPELL, J.B., 1996. Introduction to Remote Sensing. Second Edition. Virginia Polytechnic Institute and State University. Taylor & Francis Ltd. London, England.

CHEN, J. M., LIU, J., CIHLAR, J., ve ark., 1999. Daily Canopy Photosynthesis Model Through Temporal and Spatial Scaling for Remote Sensing Applications. Ecological Modelling, Vol.124, pp.99-199.

CHEN, L. F., GAO, Y., LIU, Q., YU, T., GU, X, YANG, L., TANG, Y., ZHANG, Y., 2005. The MODIS-Based NPP Model and Its Validation. Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS apos; Proceedings. IEEE. Vol.4, pp.3028-3031.

CHIESI, M., MASELLI, F., BINDI, M., FIBBI, L., CHERUBINI, P., ARLOTTA, E., TIRONE, G., MATTEUCCI, G., SEUFERT, G., 2005. Modelling Carbon Budget of Mediterranean Forest Using Ground and Remote Sensing Measurements. Agricultural and Forest Meteodology. Agricultural and Forest Meteorology, Vol.135, pp.22-34.

CHIRICI, G., BARBATI, A., MASELL, F., 2007. Modelling of Itallian Forest Net Primary Productivity by the Integration of Remotely Sensed and GIS Data. Forest Ecology and Management, Vol.246, pp.285-295.

CLARK, D.A., BROWN, S., KICKLIGHTER, D.W., CHAMBERS, J.Q., THOMLINSON, J.R., NI, J., 2001. Measuring Net Primary Production in Forests: Concepts and Field Methods. Ecological Applications, Vol.11(2), pp.356-370.

COHEN, W. B., 1991. Temporal Versus Spatial Variation in Leaf Reflectance Under Changing Water Stres Conditions. International Journal of Remote Sensing, Vol.12, pp.1865-1876.

COOPS, N.C., WARING, R.H., 2001. Estimating Forest Productivity in the Eastern Siskiyou Mountains of Southwestern Oregon Using a Satellite Driven Process Model 3-PGS. Canada Journal of Forest Resources, Vol.31, pp.143-154. NRC Canada.

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

CURRAN, P. J., 1981. Multispektral Remote Sensing for Estimating Vegetation Biomass and Productivity, In Plants and the Day Light Spectrum. Eds. H.D. Smith (New York: Academic Press).

CURRAN, P. J. 1985. Principles of Remote Sensing (London: Longman). The Geographical Journal, Vol.151, No.3, pp.401.

CURRAN, P. J., HAY, A. M., 1986. The Importance of Measurement Error for the Certain Procedures in Remote Sensing at Optical Wavelenghts. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.52, pp. 229-241.

CURRAN, P.J., WILLIAMSON, H.D., 1986a. Estimating the Green Leaf Area Index of Grassland With Airborne Multispectral Scanner Data. Oikos, Vol.49, pp.141-148.

CURRAN, P.J., WILLIAMSON, H.D., 1986b. Airbone MSS Data to Estimate GLAI. International Journal of Remote Sensing, Vol.8, pp.57-74.

CURRAN, P.J., WILLIAMSON, H.D., 1986c. Sample Size for Ground and Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment, Vol.20, pp.31-41.

DANSON, F.M., 1995. Developments in the Remote Sensing of Forest Canopy Structure. Advances in Environmental Remote Sensing. John Wiley&Sons Ltd.

DeFRIES, R.S., HANSEN, M.C., TOWNSHEND, J.R.G., 2000. Global Continuous Fields of Vegetation Characteristics: A Linear Mixture Model Applied to Multi-Year 8 km AVHRR Data. International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, pp. 1389-1414.

DOĞAN, M., MERMER, A., ÜNAL, E., 2000. Bitki Örtüsü İndeks Değerleri. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. Sayı.135, sf.38-41. Ankara.

DOUGILL, A., TRODD, N., SHAW, M., 1998. Spatial Patterns of Grass Biomass in a Gazed Semi-Arid Savana: Ecological Implications. The North West Geographer, Vol.2, pp.41-52.

DSİ, 1994. Eğlence, Zamantı, Çakıt ve Körkün Akarsuları Alış Değerleri ve Mineorolojik Ölçümleri.

EFE, E., BEK, Y., 2000. SPSS'te Çözümleri ile İstatistiki Yöntemler II. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü, Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi. Yayın no:10, Kahramanmaraş.

ELVIDGE, C. D., 1990. Visible and Near Infrared Reflectance Characteristics of Dry Plant Materials. International Journal of Remote Sensing, Vol.11, pp.1775-1795.

EVRENDİLEK, F., 2004. Ekolojik Sistemlerin Analizi, Yönetimi ve Modellenmesi. Papatya Yayıncılık Eğitim Bilgisayar Sis. San.ve Tic. A.Ş., İstanbul.

EVRENDİLEK, F., BERBEROĞLU, S., TAŞKINSU-MEYDAN, S., YILMAZ, E., 2006a. Quantifying Carbon Budget of Conifer Mediterranean Forest Ecosystems, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, Vol.119, pp.527-543.

EVRENDİLEK, F., BERBEROĞLU, S., ÇELİK, İ., BEN-ASHER, J., AYDIN, M., KOÇ, M., MEYDAN-TAŞKINSU, S., BARUTÇULAR, C., KILIÇ, Ş, YILMAZ, E., DOĞAN, K., 2006b. Değişen Küresel İklim ve Arazi Kullanımları Sürecinde Seyhan Havzası Ekosistemlerine Ait Karbon ve Azot Dinamiklerinin Sayısallaştırılması. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurulu, Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu.

EVRENDİLEK, F., BERBEROĞLU, S., GÜLBEYAZ, Ö., ERTEKİN, C., 2007. Modeling Potential Distribution and Carbon Dyanmics of Natural Terrestrial Ecosystems: A Case Study of Turkey. Sensors, Vol.7(10), pp.2273-2296.

EASTMAN, R. J., 2001. IDRISI 32-Release 2 Guide to GIS and Image Processing, Vol.2. Clark Labs. United States of America.

FANG, H., WU, B., LIU, H., HUANG, X., 1998. Using NOAA AVHRR and LANDSAT TM to Estimate Rice Area Year-by-Year. International Journal of Remote Sensing, Vol.19, pp.521-525.

FAO., 1992. Protect and Produce: Putting the Pieces Together. (United Nation Food and Agriculture Organization). Rome. http//archive.sjc.edu.hk/bio.

FEARNSIDE, P.M., 1997. Carbon Emissions and Sequestration by Forests: Case Studies of Developing Countries. Climate Change, Vol.35, pp.263-277.

FENG, X.,LIU, G., CHEN, J. M., CHEN, M., LIU, J., JU, W. M., SUN, R., ZHOU, W.,

2006. Net Primary Productivity of China's Terrestrial Ecosystems from a Process Model Driven by Remote Sensing. Journal of Environmental Management, Vol.85, pp.563-573.

FIELD, C. B., RANDERSON, J. T., MALMSTRÖM, C. M., 1995. Global Net Primary Production: Combining Ecology and Remote Sensing. Remote Sensing of Environment, Vol.5(1), pp.74-88.

FIELD, B.F., BEHRENFELD, M.J., RANDERSON, J.T., FALKOWSKI, P., 1998. Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. Science, Vol. 281, pp.237-240.

FISCHER, W. A., 1975. History of Remote Sensing. Chapter 2 in Manual of Remote Sensing. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry, pp. 27-50.

FNTCC, 2007. First National Communication of Turkey on Climate Change. Coordinated by Ministry of Environment and Forestry.

FOODY, M.G., PALUBINSKAS, G., LUCAS, R.M., CURRAN, P.J., HONZAK, M., 1996. Identifying Terrestrial Carbon Sinks: Classification of Successional Stages in Regenerating Tropical Forest from LANDSAT TM Data. Remote Sensing of Environment, Vol.55, pp.205-216.

FOLEY, J.A., 1994. Net Primary Productivity in the Terrestrial Biosphere: The Application of a Global Model. Journal of Geophysics Research, Vol.99(D10), pp.20773-20783.

FOLEY, J. A., 1995. An Equilibrium Model of the Terrestrial Carbon Budget. Tellus, Vol.47(B), pp.310-319.

FRANKLIN, J., 1986. Thematic Mapper Analysis of Coniferus Forest Structure and Composition. International Journal of Remote Sensing, Vol.7, pp.1287-1301.

FRANKLIN, J., WOODCOCK, C.E., WARBINGTON, R., 2000. Digital Vegetation Maps of Forest Lands in California: Integrating Satellite Imagery, GIS Modelling and Field Data in Support of Resource Manegement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.66, pp.1209-1217.

FREITAS, S.R., MELLO, M.C.S., CRUZ, C.B.M., 2005. Relationships Between Forest Structure and Vegetation Indices in Atlantic Rainforest. Forest Ecology and Management, Vol.218, pp.353-362.

FRIEDL, M.A., MICHAELSEN, J., DAVIS, F.W., WALKER, H., SCHIMEL, D.S., 1994. Estimating Grassland Biomass and Leaf Area Index Using Ground and Satellite Data. International Journal of Remote Sensing, Vol.15, No.7, pp.1401-1420. Taylor &Francis Ltd.

FRIEDL, M.A., BRODLEY, C.E., 1997. Decision Tree Classification of Land Cover from Remotely Sensed Data. Remote Sensing of Environment. Vol.61, No.2.

GALLANT, A.R., 1987. Nonlinear Statistical Models. John Wiley & Sons, New York.

GASTELLU-ETCHEGORRY, J. P., ZAGOLSKY, F., MOUGIN, E., MARTY, G., GIORDANO, G., 1995. An Assessment of Canopy Chemistry with AVIRIS-A Case Study in the Landes Forest, South-West France. International Journal of Remote Sensing, Vol.16, pp.487-501.

GAUSMAN, H. W., 1977. Reflectance of Leaf Components. Remote Sensing of Environment. Vol.6, pp.1-9.

GOEL, 1989. Inversion of Canopy Reflectance Models for Estimation of Biophysical Parameters from Reflectance Data. In: G. Asrar Ed., Theory and Applications of Optical Remote Sensing. Wiley, New York, pp.205-251.

GOETZ, S.J., PRINCE, S.D., GOWARD, S.N., THAWLEY, M.M., SMALL, J., 1999. Satellite Remote Sensing of Primary Production: An Improved Production Efficiency Modeling Approach. Ecological Modelling, Vol.122, pp.239-255.

GOPAL, S., WOODCOCK, C.E., STRAHLER, A.H., 1999. Fuzzy Neural Network Classification of Global Land Cover From A 1° AVHRR Data Set. Remote Sensing of Environment, Vol.67, pp.230-243.

GOWARD, S.N., WARING, R.H., DYE, D.G., YANG, J., 1994. Ecological Remote Sensing at OTTER: Satellite Macroscale Observations. Ecol. Appl., Vol.4, pp.322-343.

GRACE, J., 2004. Understanding and Managing the Global Carbon Cycle. Journal of Ecology, Vol.92, pp.182-202.

GUYOT, G., BARET, F., JACOQEMOUD, S., 1992. Imaging Spectroscopy for Vegetation Studies. In: F. Toselli & J. Bodechtel, Imaging Spectroscopy:

Fundamentals and Prospective Applications. Kluwer Academic, Dordrecht, pp. 145-165.

GÜLER, Ç., ÇOBANOĞLU, Z., 1997. Enerji ve Çevre. Çevre Sağlığı. Temel Kaynak Dizisi. No:41. Ankara.

HANSEN, M.C., DUBAYAH, R., DeFRIES, R., 1996. Classification Trees: an Alternative to Traditional Land Cover Classifiers. International Journal of Remote Sensing, Vol.17, No.5.

HANSEN, M.C., DeFRIES, R.S., TOWNSHEND, J.R., SOHLBERG, R., CARROLL, M., DIMICELI, C., 2002a. Global Percent Tree Cover from MODIS Data. American Geophysical Union, Spring Meeting.

HANSEN, M.C., DeFRIES, R.S., TOWNSHEND, J.R.G., SOHLBERG, R., DIMICELI, C., CARROLL, M., 2002b. Towards an Operational MODIS Continuous Field of Percent Tree Cover Algorithm: Examples Using AVHRR and MODIS Data. Remote Sensing of Environment, Vol.83, pp.303-319.

HANSEN, M.C., DeFRIES, R.S., TOWNSHEND, J.R.G., MARUFU, L., SOHLBERG, R., 2002c. Development of a MODIS Tree Cover Validation Data sets for Western Province, Zambia. Remote Sensing of Environment, Vol.83, pp.320-335.

HANSEN, M.C., DeFRIES, R.S., TOWNSHEND, J.R.G., CARROLL, M., DIMICELI, C., SOHLBERG, R.A., 2003. Global Percent Tree Cover at a Spatial Resolution of 500 Meters: First Results of the MODIS Vegetation Continuous Fields Algorithm. Earth Interactions, Vol.7, Paper no. 10.

HANSEN, M.C., DeFRIES, R., 2004. Detecting Long Term Global Forest Change Using Contınuous Fields of Tree Cover Maps from 8 km Advanced Very High resolution Radiometer (AVHRR) Data for the Years 1982-1999. Ecosystems, Vol.7, pp.695-716.

HAYASHI, R., 2006. Above Gorund Biomass Estimation Using LANDSAT Thematic Mapper Imagery with Regression Analysis in a Small Forestland. Masters Thesis, University of Georgia, Athens. GA.

HAZARIKA, K.M., YASAOKA, Y., DYE, D., 2004. Estimation of Net Primary Productivity by Integrating Remote Sensing with an Ecosystem Model. Remote Sensing of Environment, Vol.94, pp.298-310.

HICKE, A. J., ASNER, G. P., RANDERSON, J. T., TUCKER, C., LOS, S., BIRDSEY, R., JENKINS, J. C., FIELD, C., HOLLAND, E., 2002. Satellite-Derived Increases in Net Primary Productivity Across North America, 1982-1998. Geophysical Research Letters. Vol.29, No.10.

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.

HUANG, C., TOWNSHEND, J.R.G., 2007. A Stepwise Regression Tree for Nonlinear Approximation: Application to Estimating Subpixel Land Cover. Internatıonal Journal of Remote Sensing, Vol.24, pp.75-90.

IPCC, 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Pres, Cambridge.

IPCC, 2000. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Pres, Cambridge.

IPCC, 2007. Climate Change 2007. IPCC the Fourth Assessment Report (AR4).

ITO, A., SASAI, T., 2006. A Comparison of Simulation Results from Two Terrestrial Carbon Cycle Models Using Three Climate Data Sets. Tellus. Vol.58, pp.513-522.

IVERSON, L.R., COOK, E.A., GRAHAM, R.L., 1989. A Technique for Extrapolating and Validating Forest Cover Across Large Regions: Calibrating AVHRR Data with TM Data. International Journal of Remote Sensing, Vol.10, No.11, pp.1805-1812.

İNCECİK, S., 2007. İnsan Kaynaklı İklim Değişimi ve Türkiye. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi- TİKDEK 2007, 11-13 Nisan 2007. İTÜ-İstanbul.

JENSEN, J.R., QIU, F., JI, M., 1999. Predictive Modelling of Coniferus Forest Age Using Statistical and Artificial Neural Network Approaches Applied to Remote Sensor Data. International Journal of Remote Sensing, Vol.20, pp.2805-2822.

JHINGOU, Y., ZHENG, N., CHENLI, W., 2006. Vegetation NPP Distribution Based on MODIS Data and CASA Model-A Case Study of Northern Hebei Province. Chinese Geographical Science. Vol.16, pp.334-341.

JIANG, L., ISLAM, S., 1999. A Methodology for Estimation of Surface Evapotranspiration Over Large Areas Using Remote Sensing Observations. Geophys. Res. Lett., Vol.26, pp.2773-2776.

JIPP, P.H., ve ark., 1998. Deep Soil Moisture Storage and Tranpiration in Forests and Pastures of Seasionally-Dry Amazonia. Climate Change, Vol.39, pp.395-412.

JUNBANG, W., ZHENG, N., BINGMIN, H., CHANGYAO, W., YANCHUN, G., CHUNYAN, Y., 2003. The Carbon Flux Estimation of China Terrestrial Ecosystems Based on NOAA/AVHRR Data. Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'03. Vol.5, pp.3225-3227.

JONG, S. M., 1994. Aplications of Reflective Remote Sensing for Land Degradation Studies in a Mediterranean Environment. Nederlandse Geografische Studies 177. Nederland, Utrecht.

KANBER, R., İklim Değişikliği ve Sivil Toplum Kuruluşları Forumu, TÜBİTAK TOVAG-JPN-07. ICCAP Projesi. Ankara.

KAVAK, K.Ş., 1998. Uzaktan Algılamanın Temel Kavramları ve Jeolojideki Uygulama Alanları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Sayı:52, Mayıs.

KELLER, M., KAPLAN, W.A., WOFSY, S.C., 1986. Emissions of N_2O, CH_4 and CO_2 from Tropical Soils. J. Geophys. Res., Vol.91, pp.11791-11802.

KNYAZIKHIN, Y., MARTONCHIK, J.V., MYNENI, R.B., DINER, D.J., RUNNING, S.W., 1998. Synergistic Algorithm for Estimating Vegetation Canopy Leaf Area Index and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation from MODIS and ISR Data. Journal of Geophysical Research, Vol.103, pp.32257– 32276.

KUMAR, M., MONTEITH, J.L., 1982. Remote Sensing of Plant Growth. In Plants and the Day Light Spectrum. Edited by H. Smith. Academic Pres, London. pp.133-144.

KURT, İ., TÜRE, M., KÜRÜM, A.T., 2007. Koroner Arter Hastalığının Tahmininde Sınıflandırma Tekniklerinin Performanslarının Karşılaştırılması. VII. Ulusal Biyoistatistik Kongresi, İstanbul.

LACAZE, B., CASELLES, V., COLL, C., HILL, H., HOFF, C., de JONg, S., MEHL, W., NEGENDANK, J. F., RIESEBOS, H., RUBIO, E. SOMMER, S., TEIXEIRA, J., VALOR, E., 1996. De Mon-Integrated Approches to Desertification Mapping and Monitoring in the Mediterranean Basin. Final Report of De-Mon I Project. Joint Research Centre of European Comission, Ispra (VA), Italy.

LEFSKY, M.A., COHEN, W.B., SPIES, T.A., 2001. An Evaluation of Alternate Remote Sensing Products for Forest Inventory, Monitoring and Mapping of Douglas-Fir Forests in Western Oregon. Canadian Journal of Forest Research. Vol.31, pp.78-87.

LIETH, H., WHITTAKER, R. H., (Eds), 1975. Primary Productivity Biosphere. Speinger, New York.

LINDEMAN,R.F., 1942. The Tropic-Dynamic Aspect of Ecology. Ecology, Vol.23, pp.399-418.

LINTZ, J., SIMONETT, D. S., 1976. Remote Sensing of Environment. Reading. MA: Addison-Wesley, pp.694.

LIU, J., CHEN, J.M., CIHLAR, J., PARK, W. M., 1997. A Process-Based Boreal Ecosystem Productivity Simulator Using Remote Sensing Inputs. Remote Sensing of Environment, Vol.62, pp.158-175.

LIU, J., CHEN, J. M., CHEN, W., 1999. Net Primary Productivity Distribution in the BOREAS Region from a Process Model Using Satellite and Surface Data. J. Geophys.Res., Vol.104, No.22, pp.27735-27754.

LIVINGSTON, G.P., VITOUSEK, P.M., MATSON, P.A., 1988. Nitrous Oxide Fluxes and Nitrogen Transformations Across a Landscape Gradient in Amazonia. J. Geophys. REs., Vol.93, pp.1593-1599.

LOBELL, D.B., J.A. HICKE, G. P. ASNER, C.B. FIELD, C. J. TUCKER, S.O. LOS., 2002. Satellite Estimates of Productivity and Light Use Efficiency in United States Agriculture. 1982–1998. Glob. Chem. Biol. 8: 722–735.

LOS, S.O., POLACK, N.H., PARRIS, M.T., COLLATZ, G.J., TUCKER, C.J:, SELLERS, P.J., MALMSTROM, C.M., DeFRIES, R.S., BOUNOUA, L., DAZLICH, D.A, 2000. Global 9-yr Biophysical Land Surface Dataset from NOAA AVHRR Data. Journal of Hydrometeorology, Vol.1, pp. 183-199.

LU, D., MAUSEL, P., BRONDIZIO, E., MORAN, E., 2002. Above-Ground Biomass Estimation of Successional and Mature Forests Using TM Images in the Amazon Basin. In Joint International Symposium on Geospatial Theory. Processing and Applications. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Commission IV.

LU, L., Li, X., VEROUSTRAETE, F., DONG, Q. H., 2004. Estimation of NPP in Western China Using Remote Sensing and the C-Fix Model. Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'04. Vol.1, pp.14.

LU, D., BATISTELLA, M., MORAN, E., 2005. Satellite Estimation of Above Ground Biomass and Impacts of Forest Stand Structure. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.71, pp.967-974.

MAGNUSSON, M., FRANSSON, J.E.S., 2005. Estimation of Forest Stem Volume Using Multispectral Optical Satellite and Tree Height Data in Combination. Scandinavian Journal of Forest Research, Vol.20, pp.431-440.

MAJID, R.M., 2006. Subpixel Estimation of Impervious Surface Using Regression Tree Model: Accuracy of the Estimation at different Spatial Scales. http://www.gisdevelopment.net/technology/rs/ma06_110pf.htm

MAKTAV, D., SUNAR, F., 1991. Uzaktan Algılama: Kantitatif Yaklaşım. Hürriyet Ofset A.Ş. Çeviri Kitap.

MALLINIS, G., KOUTSIAS, N., MAKRAS, A., KARTERIS, M., 2004. Forest Parameters Estimation in a European Mediterranean Landsacape Using Remotely Sensed Data. Forest Science, Vol.50, pp.450-460.

MARENGO, J.A., 1992. Interannual Variability of Surface Climate in the Amazon Basin. International Journal of Climate, Vol.12, pp.853-863.

MASELLI, F., CHIESI, M, 2005. Integration of High and Low Resolution Satellite Data to Estimate Pine Forest Productivity in a Mediterranean Costal Area. IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing, Vol.43, No.1.

MATHER, P.M., 1999. Computer Processing of Remotely Sensed Data; An Introduction. John Wiley & Sons, 292 pp.

MATTHEWS, E., 2001. Understanding the RFA. World Resources Institute Forest Briefing, No.1, World Resources Institute, Washington, D.C., XX pp.

McNAUGHTON, S.J., 1990. Ibid. 345. 613.

MEENTEMEYER, V., 1978. Microclimate and Lignin Control of Decomposition Rates. Ecology, Vol.59 pp.465-472.

MELILLO, J.M., ABER, J.D., MURATORE, J.F., 1982. Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamics. Ecology, Vol.63, pp.621-626.

MICHEALSEN J., SCHIMEL D., FRIEDL M., DAVIS F., DUBAYAH R., 1994. Regression Tree Analysis of Satellite and Terrain Data to Guide Vegetation Sampling and Surveys. Journal of Vegetation Science, Vol.5, pp.673-686.

MİGM, 1990. Adana Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Adana İli Yıllık İklim Verileri. Adana.

MİGM, 2004. Adana Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Adana İli Yıllık İklim Verileri. Adana.

MONTEITH, J.L., 1972. Solar Radiation and Productivity in Tropical Ecosystems. J. App. Ecology., Vol.9, pp.747-766.

MOREL, A., 1991. Prog. Oceanography, 26. 263.

MOSS, R. A., 1951. Absorbtion Spectra of Leaves. Ph.D. Thesis, Iowa State University, Iowa, USA.

MUSICK, H. B., 1984. Assesment of LANDSAT Multipectral Scaner Spectral Indices for Monitoring Arid Rangelands. Remote Sensing of Environment, Vol.22, pp.512-519.

MYNENI, R.B., WILLIAMS, D.L., 1994. On the Relationship Between fAPAR and NDVI. Journal of Remote Sensing Environment, Vol.49, pp.200-209.

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, pp.14784-14789.

NAMAYANGA, L.N., 2002. Estimating Terrestrial Carbon Sequestred in Aboveground Woody Biomass from Remotely Sensed Data. International Institute for Geo-Informatıon Science and Earth Observation Enschede, The Nederlands.

NEPSTAD, D., ve ark., 1994. The Role of Deep Roots in the Hydrological and Carbon Cycles of Amazonian Forests and Pastures. Nature, 372. 666-669.

OCHI, S., MURAI, S., 1999. Analysis of Relationship Between NPP and Population Carrying Capacity for Major River Basins in Asia. In Proceedings of 9th SEIKEN Forum. Global Environment Monitoring from Space.

ODUM, E.P., 1969. The Strategy of Ecosystem Development. Science, Vol.164, pp.262-270.

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

ÖZEKES, S., 2005. Veri Madenciliği Modelleri ve Uygulama Alanları. İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi. http://www.iticu.edu.tr/kutuphane/dergi.

ÖZKAN, C., 2001. Uydu Görüntü Verisinin Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi. İstanbul.

PEARMAN, G. I., 1966. The Reflection of Visible Radiation from Leaves of Some Western Australian Species. Australian Journal Biological Science, Vol.19, pp.97-103.

PETERSON, D., ABEL, D., PAMELA, A., CARD, D., SWANBERG, N., WESSMAN, C., SPANNER, M., 1988. Remote Sensing of Forest Canopy and Biochemical Contents. Remote Sensing of Environment, Vol.24, pp.85-108.

PETERSON, D. L., HUBBARD, G. S., 1992. Scientific Issues and Potential Remote Sensing Requirements for Plant Biochemical Content. Journal of Imaging Science and Technology, Vol.36, pp.446-456.

PLUMMER, 2000. Perspective on Combining Ecological Process Models and Remotely Sensed Data. Ecological Modelling, Vol.129, pp.169-186.

POTTER, C. S., RANDERSON, J. T., FIELD, C. B., MATSON, P. A., VITOUSEK, P. M., MOONEY, H. A., KLOOSTER, S. A., 1993. Terrestrial Ecosystem Production: A Process Model Based Global Satellite and Surface Data. Global Biogeochemistry Cycles, Vol.7, pp.811-841

POTTER, C.S., ve ark., 1998. Regional Application of an Ecosystem Production Model for Studies of Biogeochemistry in Brezilian Amazonia. Glob. Change Biol., Vol.4, pp.315-334.

POTTER, C.S., DAVIDSON, E., NEPSTAD, D., CARVALHO, C.R., 2001. Ecosystem Modeling and dynamic Effects of Deforestation on Trace Gas Fluxes in Amazon Tropical Forests. Forest Ecology and Management, Vol.152, pp.97-117.

POTTER, C., GENOVESE-BROKS, V., KLOOSTER, S., TORREGROSA, 2002. Biomass Burning Emissions of Reactive Gases Estimated from Satellite Data Analysis and Ecosystem Modeling for Brazilian Amazon Region. Journal of Geophsical Research, Vol.107.

POTTER, C., KLOOSTER, S., MYNENI, GENOVESE, V., TAN, P., KUMAR, V., 2003. Continental-Scale Comparisons of Terrestrial Carbon Sinks Estimated from Satellite Data and Ecosystem Modeling 1982-1998. Global and Planetary Change, Vol.39, pp.201-213.

PRIESTLY, C.H.B., TAYLOR, R.J., 1972. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evapotranspiration Using Large-Scale Parameters. Monthly Weather Review, Vol.100, pp.81-92.

PRINCE, S., TUCKER, C., 1986. Satellite Remote Sensing of Rangelands in Botswana II. NOAA AVHRR and Herbaceous Vegetation. International Journal of Remote Sensing, Vol.7, pp.1555-1570.

PRINCE, S.D., 1991. A Model of Regional Primary Production for Use With Coarse

Resolution Satellite Data. International Journal of Remote Sensing, Vol.12, pp.1313-1330.

PRINCE, S.D., GOWARD, S. N., 1995. Global Primary Production: A Remote Sensing Approach. Journal of Biogeography, Vol.22, pp.815-835.

PRIVETTE, J.L., ve ark., 1995. Effects of Orbital Drift on Advanced Very High Resolution Radiometer Products: NDVI and Sea Surface Temperature. Remote Sensing of Environment, Vol.53, pp.164-171.

RAHMAN, M.M., CSAPLOVICS, E., KOCH, B., 2005. An Efficient Regression Strategy for Extracting Forest Biomass Information from Satellite Sensor Data. International Journal of Remote Sensing, Vol.26, pp.1511-1519.

RAY, T.W., MURRAY, B.C., 1996. Nonlinear Spectral Mixing in Desert Vegetation. Remote Sensing of Environment, Vol.55, No.1.

REICHLE, D., HOUGHTON, J., KANE, B., EKMAN, J., 1999. Carbon Sequestration Research and Development. Office of Science of Fosil Energy. USA Department of Energy.

ROKHMATULOH, 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., TATEISHI, R., 2005a**.** Application of Regression Tree Method for Estimating Percent Tree Cover of Asia with QuickBird Images as Training Data. http://www2.cr.chiba-u.jp/symp2005/documents/Postersession/p028_Rokhmatuloh_paper.pdf.

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.

RUIMY, A., SAUGIER, B., DEDIEU, G., 1999a. Methodology for the Estimation of Terrestrial Net Primary Production from Remotely Sensed Data. Journal of Geophysics Research, Vol.99(D3), pp.5263-5383.

RUIMY, A., KERGOAT, A., BONDEAU, A. ve ark., 1999b. Comparing Global Models of Terrestrial Net Primary Productivity (NPP): Analysis of

Differences in Light Absorbtion and Light-Use Efficiency. Global Change Biology, Vol.5(Suppl.1), pp.56-64.

RUNNING, S. W., COUGHLAN, J. C., 1988. A General Model of Forest Ecosystem Processes for Regional Applications. I. Hydrologic Balance, Canopy Gas Exchange and Primary Production Processes. Ecol. Model., Vol.42, pp.125-154.

RUNNING, S. W., NEMANI,, R. R., PETERSON, D. L., ve ark., 1989. Mapping Regional Forest Evapotranspiration and Photosynthesis by Coupling Satellite Data with Ecosystem Simulation. Ecology, Vol.70, pp.1090-1101.

RUNNING, S. W., GOWER, S. T., 1991. FOREST-BGC, A General Model of Forest Ecosystem Processes for Regional Applications. II. Dynamic Carbon Allocation and Nitrogen Budgets. Tree Physiol., Vol.9, pp.147-160.

RUNNING, W.S., LOVELAND, R.T., PIERCE, L.L., 1994. A Vegetation Classifcation Logic Based on Remote Sensing For Use in Global Biogeochemical Models. Royal Swedish Academy of Sciences, Vol.23, No.1. Swedish.

ROGAN, J., CHEN, D., 2004. Remote Sensing Technology For Mapping and Monitoring Land Cover and Land Use Change. Progress and Planning, Vol.61/4, pp.301-325.

SABINS, F. F., 1987. Remote Sensing. Principles and Interpretation. Freeman and Company, New York, 449 pp.

SARAÇOĞLU, N., 2002. Bir Enerji Kaynağı Olarak Orman Biyokütlesi. Ekoloji ve Çevre Dergisi. Sayı: 22.

SCHIMEL, D. S., 1995. Terrestrial Ecosystems and the Carbon Cycle. Global Change Biol., Vol.1, pp.77-91.

SCHLESINGER, W.H., 1991. Biogeochemistry: An Analysis of Global Change. Academic Press, San Diego, CA.

SCHOWENGERDT, R.A., 1997. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press, San Diego.

SCHWARZ M., ZIMMERMANN, N.E., 2007. A New GLM-Based Method for Mapping Tree Cover Continuous Fields Using Regional MODIS Reflectance Data Remote Sensing of Environment, Vol. 95, 425-448.

SELLERS, P.J., 1985. Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration. International Journal of Remote Sensing, Vol.68, pp.1335-1372.

SELLERS, P.J., 1987. Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration. The Role of Biophysics in th Linearity of Their Interdependence. Remote Sensing Environment, Vol.21, pp.143-183.

SELLERS, D. A., RANDALL, G. J., COLLATZ, J. A., BERRY, C. B., FIELD, D. A., DAZLICH, C., ZHANG, L., BOUNOUA, 1996. A Revised Land-Surface Parameterization (SIB2) for GCMs. Part I: Model Formulation. Journal of Climate, Vol.9, pp.676–705.

SELLERS, P.J., DICKINSON, R.E., RANDALL, D.A., BETTS, A.K., HALL, F.G., MOONEY, H.A., NOBRE, C.A., SATO, N., FIELD, C.B., HENDERSON, A., 1997. Modeling the Exchanges of Energy, Water and Carbon Between Continents and the Atmosphere. Science, Vol.275, pp.502-509.

SESÖREN, A., 1999. Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar. Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti. İstanbul.

SMITH, K., ve ark., 1998. Litterfall and Nitrogen Use Efficiency of Plantations and Primary Forest in the Eastern Brezilian Amazonian. For. Ecol. Manage., Vol.109, pp.209-220.

SIMONETT, D. S., 1983. Developments and Principles of Remote Sensin. in Geography. In Proceeding of the Fourth International Symposium on Remote Sensing of the Environment. An Arbor: Universtiy of Michigan, Institute of Science and Technology, pp.37-47.

STEINBACH, M., TAN, P., KUMAR, V., 2002. Temporal Data Mining for the Discovery and Analysis of Ocean Climate Indices. http://www-users.cs.umn.edu/~kumar/papers/kdd_tele_9.pdf.

STEININGER, M.K., 2000. Satellite Estimation of Tropical Secondary Forest Above Ground Biomass: Data From Brasil and Bolivia. International Journal of Remote Sensing, Vol.21, pp.1139-1157.

STONE, K., 1974. Developing Geographical Remote Sensing. Chapter I in Remote Sensing: Techniques for Environmental Analysis (J.E. Estes and L.W. Senger, eds.) Santa Barbara, CA: Hamilton. pp.1-13.

SUN, O., 1980. Kızılçam Türüne ait Biyolojik Kütlenin Saptanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi, No: 104. Ankara.

SUN, R., ZHU, Q., 2001. Estimation of Net Primary Productivity in China Using NOAAA-AVHRR Data. IEEE.

SVENSSON, M., 2006. Carbon Dynamic in Spruce Forest Ecosystems-Modelling Pools and Trends for Swedish Conditions. KTH Architecture and the Built Environment. TRITA-LWR PhD Thesis 1029. Swedish.

ŞATIR, O., 2006. Uygun Bulanık (Fuzzy) Sınıflama Yöntemleri ile Aladağ Örneğinde Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Yüksek lisans Tezi, Adana.

TAN, C.H., SHIH, S.F., 1997. Using NOAA Satellite Thermal Infrared Data for Evapotranspiration Estimation in South Florida. Soil and Crop Science Society of Florida Proocedings, Vol.56.

TANRE, D., ve ark., 1992. Athmosferic Correction Algorithm for NOAAA AVHRR Products: Theory and Application. IEEE Trans. Geoscience Rem. Sens., Vol.30, pp.231-246.

TANSLEY, A.G., 1935. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. Ecology, Vol.16, pp.284-307.

TEMEL, G.Ö., ÇAMDEVİREN, H., AKKUŞ, Z., 2005. Sınıflama Ağaçları Yardımı ile Restless Legs Syndrome Hastalarına Tanı Koyma. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi. Sayı.12(2), sf.111-117.

TEZCAN, L., EKMEKÇİ, M., ATİLLA, Ö., SOYLU, M.E., ve ark., 2006. Water Availabity in Subcutaneous Zone as a Boundary Layer Controlling the Climate-Soil-Vegetation and Groundwater Dynamics: Preliminary Results from Modelling Water Resouces in the Seyhan River Basin, Turkey. TÜBİTAK TOVAG-JPN-07. The Advance Report of ICCAP-May 2006.

TEZCAN, L., EKMEKÇİ, M., ATİLLA, Ö., SOYLU, M.E., ve ark., 2007. Seyhan Nehri Havzası'nda Tarım Güvenliği için Su Kaynakları Sistemlerinin İklim Değişikliklerine Karşı Duyarlılıklarının Araştırılması. TÜBİTAK TOVAG-JPN-07. ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları-Mart 2007.

THOMPSON, M.V., RANDERSON, J.T., MALMSTROM, C.M., FIELD, C.B., 1996. Change in Net Primary Production and Heterotrophic Respiration: How Much is Necessary to Sustain the Terrestrial Carbon Sink? Global Biochem. Cycles, Vol.10, pp.711.

TOTTRUP, C., RASMUSSEN, M.S., EKLUNDH, L., JONSSON, P., 2007. Mapping Fractional Forest Cover Across the Highlands of Maınland Southeast Asia Using MODIS Data and Regression Tree Modelling. International Journal of Remote Sensing, Vol.28, No.1, pp.23-46.

TOWNSHEND, J.R.G., JUSTICE, C.O., SKOLE, D., MALINGREAU, J.P., CIHLAR, J., TEILLET, P., SADOWSKI, F., RUTTENBERG, S., 1994. The 1 km Resolution Global Data Set: Needs of the International Geosphere-Biosphere Programme. International Journal of Remote Sensing, Vol.17, pp.231-255.

TROTTER, C.M., DYMOND, J.R., GOULDING, C.J., 1997. Estimation of Timber Volume in a Coniferous Plantation Forest Using LANDSAT TM. International Journal of Remote Sensing, Vol.18, pp.2209-2223.

TUCKER, C.J., 1979. Red and Photographic Infrared Linear Combinations For Monitoring Vegetation. Remote Sensing of Environment; Vol.8, pp.127-150.

TUCKER, C. J., JUSTICE, C. O., PRINCE, S. D., 1986a. Monitoring the Grasslands of the Sahel 1984-1985. International Journal of Remote Sensing, Vol.7, pp.1571-1582.

TUCKER, C.J., SELLERS, P.J., 1986b. Satellite Remote Sensing of Primary Production. International Journal of Remote Sensing, Vol.7, pp.1395-1416.

TUNAY, M., ATEŞOĞLU, A., 2006. Uydu Görüntüleri Kullanılarak Meşcere Kapalılık Derecesi Haritalanması. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri. 13-16 Eylül 2006. Fatih Üniversitesi, İstanbul.

TURKSTAT, 2007. Greenhouse Gas Emissions Inventory, 1990-2004. No. 197.

TURNER, P.D., OLLINGER, S., SMITH, M.L., KRANKINA, O., GREGORY, M., 2004. Scaling Net Primary Production to a MODIS Footprint in Support of Earth Observing System Product Validation. International Journal of Remote Sensing, Vol. 25.

TÜRKEŞ, M. 2001. Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Sa.61, sf.14-29. İstanbul.

TYNAN, C.T., 1998. Ecological Importance of the Southern Boundary of the Antarctic Circumpolar Current. Nature, Vol.392, pp.708-710.

UN-ECEFAO., 2000. Forest Resources of Europe , Cis, North America, Australia, Japan and New Zealand: Contribution to the Global Forest Resources Asessment 2000. Geneva Timber and Forest Study Papers, No.17. Rome.

UZUN, G., ALTUNKASA, M. F., ALTAN, T., YÜCEL, M., GÜLTEKİN, E., DÜZENLİ, A., AVŞAR, N., YILMAZ, K.T., KARACA, İ., ve ark., 2000. Aladağlar Milli Parkı Uzun Devreli Gelişme Planı. Çukurova Üniversitesi, Target Ltd. Şti., Adana.

WARING, H. R., RUNNING, S. W., 1998. Forest Ecosystems. Analysis at Multiple Scales. Second ed. Academic Pres, San Diego, pp.55.

WEETMAN, G.F., 1990. Strategies and Tactics in the Study of Forest Nutrition and Productivity Relationships. In: 19. IUFRO World Congress Division, Monreal, pp.232-235.

WEISER, R.L., ASRAR, G., MILLER, G.P., KANEMASU, E.T., 1986. Assessing Grassland Characteristics From Spectral Measurements. Remote Sensing of Environment; Vol.20, pp.141-152.

WESSMAN, C. A., 1992. Estimating Canopy Biochemistry Though Imaging Spectrometry. In: J. Hill & J. Megier Eds. Imaging Spectrometry-A Tool for Environmental Observations. Dordrecht, Klouwer Academic, 14 pp.

WHITE, L. P., 1977. Aerial Photography and Remote Sensing for Soil Survey. Oxford. Clarendon Press, 104 pp.

WOOLLEY, J. T., 1971. Reflectance and Transmittance of Light by Leaves. Plant Physiology, Vol. 47, pp. 656-662.

YAN, L., YINGSHI, Z., XIAOMING, F., 2005. A Remote Sensing-Based Net Primary Productivity Model for Semi-Arid Grasslands: Model Description and Validation. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'05. Vol.1, pp.4.

YANG, C., LIU, J., HUANG, H., CAO, S., 2003. The Correlation Analysis of the LANDSAT TM Data and Its Derived Data with the Biomass of the Tropical Forest Vegetation. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'05. Vol.4, pp.2583-2585.

YILMAZ, T., ALPHAN, H., İZCANKURTARAN, Y., 2004. Forest Stand Structure an Altitudinal Gradient in the ICCAP Area. TÜBİTAK TOVAG-JPN-07 Proceeding of the International Workshop for the Research Project ICCAP.Cappadocia, Turkey.

YIN, Z., WILLIAMS, T.H.L., 1997. Obtaining Spatial and Temporal Vegetation Data from LANDSAT MSS and NOAA/AVHRR Satellite Images for a Hydrologic Model. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing; Vol.63, pp.69-77.

YOMRALIOĞLU, T., REİS, S., 2002, LANDSAT ETM+ Kullanılarak Trabzon İli Arazi Kullanım Haritasının Elde Edilmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü. Trabzon.

ZAGOLSKI, F., PINEL, V., ROMIER, J., ALCAYDE, D., FONTANARI, J., GASTELLU, J.P., GIORDANO, G., MARTY, G., MOUGIN, E., JOFFREE, R., 1996. Forest Canopy Chemistry with High Spectral Resolution Remote Sensing. International Journal of Remote Sensing, Vol.17, No.6, pp.1107-1128.

ZHENG, D., RADEMACHER, J., CHEN, J., CROW, T., BRESEE, M., LE MOINE, J., RYU, S.R., 2004. Estimating Above Ground Biomass Using LANDSAT 7 ETM+ Data Across a Managed Landscape in Northern Wisconsin., USA. Remote Sensing of Environment, Vol.93, pp.402-411.

ZHIHUI, Z., A., 1993. Model for Estimating Net Primary Productivity of Natural Vegetation. Chinese Science Bulletin, Vol.38(15), pp.1412-1426.

ZHONG, L., APPS, E., BANFIELD, W., KURZ, A.W., 2002. Estimating Net Primary Productivity of Forests in the Canadian Prairie Provinces Using an Inventory-Based Carbon Budget Model. Canada Journal of Forest Resources, Vol.32, pp.161-169. NRC Canada.

ZHU, Z., EVANS, D.L., 1994. US Forest Types and Predicted Percent Forest Cover from AVHRR Data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.60, No.5, pp.525-531.

ZHU, W., PAN, Y., HU, H., LI, J., GONG, P., 2004. Estimating Net Primary Productivity of Terrestrial Vegetation Based on Remote Sensing: A Case Study in Inner Mongolia, China. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'04. Vol.1, pp.531.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılı Kahramanmaraş ili doğumludur. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Kahramanmaraş İli Pazarcık İlçesi'nde tamamladı. Lisans öğrenimini 1993-1997 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü'nde yaptı. Yüksek Lisans öğrenimini 1997-2001 tarihleri arasında yine Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı'nda tamamladı ve doktora programına başladı. Halen Adana Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğü'nde Peyzaj Mimarı olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.