ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Cenk DÖNMEZ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİSİ ALTINDA SEYHAN ÜST-HAVZASI EKOSİSTEM BİLEŞENLERİNİN MODELLENMESİ VE ETKİLEŞİM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİSİ ALTINDA SEYHAN-ÜST HAVZASI EKOSİSTEM BİLEŞENLERİNİN MODELLENMESİ VE ETKİLEŞİM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Cenk DÖNMEZ

DOKTORA TEZİ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Bu Tez 11/10/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……..	…….....
Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU	Prof. Dr. K.Tuluhan YILMAZ	Prof. Dr. Vedat PEŞTEMALCI
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE
...…….....	...……..	
Prof.Dr. Filiz SUNAR	Doç. Dr. Nuriye PEKER SAY	
ÜYE	ÜYE	

Bu Tez Enstitümüz Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Selahattin SERİN
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2010D8

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİSİ ALTINDA YUKARI-SEYHAN HAVZASI EKOSİSTEM BİLEŞENLERİNİN MODELLENMESİ VE ETKİLEŞİM DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Cenk DÖNMEZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

Danışman: Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU
Yıl : 2012, Sayfa: 289
Jüri : Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof.Dr. K.Tuluhan YILMAZ
: Prof.Dr.Vedat PEŞTEMALCI
: Prof.Dr. Filiz SUNAR
: Doç.Dr. Nuriye PEKER SAY

Bu çalışmanın amacı Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Yukarı-Seyhan Havzası'nda, yüzey akışı, evapotranspirasyon ve yağış gibi hidrolojik bileşenlerin Net Birincil Üretim (NBÜ) üzerindeki etkilerinin tahmin edilmesidir. Bu kapsamda, ekosistem bileşenlerinin etkileşim düzeyleri eko-hidrolojik tabanlı bir yaklaşımla NBÜ ve hidrolojik bileşenler temel alınarak belirlenmiştir. Çalışma alanı ağaç türleri, su varlığı ve kalitesi bakımından yüksek çeşitliliğe sahiptir. Su döngüsü ve orman verimliliğinin tahmini, orman ekosistemlerinin gelecekteki dinamiklerinin belirlenmesi bakımından önem taşımaktadır. Bu durum yarı kurak Akdeniz ekosistemlerinde su kaynaklarının yönetimi açısından da özel bir öneme sahiptir.

Çalışmada, hidrolojik bileşenlerin orman verimliliği üzerindeki etkileri üç ana bölümde modellenmiştir; i) hidrolojik bileşenlerin J2000 hidrolojik modelleme sistemi ile modellenmesi, ii) BIOME-BGC modeli ile NBÜ modellemesi, iii) J2000 ve BIOME-BGC modeli sonuçlarının hidrolojik bileşen ve orman verimliliği arasındaki etkileşim ve sezon değişimlerinin belirlenmesi için birleştirilmesi

Sezon değişimlerinin belirlenebilmesi için ekosistem bileşenlerinin değerlendirilmesi aylık bazda yapılmıştır. Model sonuçları değerlendirildiğinde, model yaklaşımlarının farklı yüksekliklerde karbon ve su döngülerinin hesaplanmasındaki ana fiziksel süreçleri kabul edilebilir doğrulukta tahmin edebildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hidrolojik Modelleme, Net Birincil Üretim, Yukarı-Seyhan – Havzası, Uzaktan Algılama.

ABSTRACT

PhD THESIS

MODELLING AND INVESTIGATING THE UPPER-SEYHAN RIVER BASIN ECOSYSTEM VARIABLES AND THEIR INTERACTIONS UNDER THE CLIMATE CHANGE

Cenk DÖNMEZ

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

Supervisor: Prof. Süha BERBEROĞLU
Year : 2012, Page: 289
Jury : Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU
: Prof.Dr. K.Tuluhan YILMAZ
: Prof.Dr. Vedat PEŞTEMALCI
: Prof.Dr. Filiz SUNAR
: Assoc.Prof.Dr. Nuriye PEKER SAY

The main objective of this study is to estimate the effects of hydrological quantities including runoff components, evapotranspiration and precipitation on the Net Primary Production (NPP) of Upper-Seyhan Basin located on Eastern Mediterranean Region of Turkey. The correlations of the ecosystem variables were derived on eco-hydrological basis in respect to the interactions between the NPP and hydrological quantities. The area is characterised by a rich biodiversity in terms of tree species and high vulnerability to water availability and quality. Predicting and modelling the interactions of water cycles and forest productivity are an important issue to understand future dynamics of forest ecosystems under different scenarios. This has particular importance in managing water resources at semi-arid environments of Mediterranean.

In this study, the interaction of hydrological dynamics and the forest productivity were modelled in three main phases; i) modelling hydrological dynamics using J2000 hydrological modelling system, ii) modelling Net Primary Production (NPP) of the forest ecosystem using BIOME-BGC Model, iii) incorporating the J2000 and BIOME model results to define seasonal changes and the interaction of hydrological dynamics and the forest productivity, The evaluation on a monthly basis were performed to investigate seasonal changes of the ecosystem functions and their interactions. According to the model validations, the model approaches were able to capture the main physical processes that govern the carbon and water fluxes across different altitude zones. Thus, the corresponding cycles in a Mediterranean subcatchment were simulated with reasonable accuracy, reasonably.

Keywords: Hydrological Modelling, NPP, Upper-Seyhan River Basin, Remote Sensing.

TEŞEKKÜR

Çalışma amacının kurgulanması, uygun yöntem seçimi ve uygulaması süresince bilimsel, araştırmaya katkı sağlayan projeler kapsamında her türlü yurt içi / yurtdışı seyahatleri için maddi ve tanıştığım ilk günden beri manevi desteğini esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Prof. Dr.Süha BERBEROĞLU'na teşekkür ederim.

Tez izleme jüri üyeliğini kabul ederek çalışmalarıma destek veren ve yardımlarını esirgemeyen bölümümüz hocalarından sayın Prof.Dr. K. Tuluhan YILMAZ'a, Ç.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden sayın Prof.Dr. Vedat PEŞTEMALCI'ya, İTÜ İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü'nden sayın Prof.Dr. Ayşe Filiz Sunar'a ve bölümümüz hocalarından sayın Doç. Dr. Nuriye PEKER SAY'a çok teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan hidrolojik modelleme yaklaşımını geliştiren; çalışma alanına adaptasyonu konusunda desteğini gördüğümüz Friedrich-Schiller Üniversitesi Geoinformatik Bölümü Başkanı Sayın Prof.Dr.Wolfgang-Albert FLÜGEL, Dr.Peter KRAUSE ve Dr.Jörg HELMSCHROT'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmada kullanılan NBÜ modelleme yaklaşımının seçiminde ve uygulanmasında değerli fikirlerine başvurduğumuz Boston Üniversitesi, Çevre Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Prof.Dr.Ranga MYNENI ve ekibine teşekkürü borç bilirim.

Tez projemi destekleyerek bana maddi olanak sağlayan, Ç.Ü. Bilimsel Araştırmaları Destekleme Birimine teşekkür ederim.

Eğitim hayatıma başladığım günden itibaren maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme içten teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

CENK DÖNMEZ

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER ..... ….IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XVI
1.GİRİŞ 1
1.1. Uzaktan Algılama, Uydu Teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) 5
1.1.1. Suyun Uzaktan Algılanması ve Hidrolojik Bileşenlerin Tahmini 10
1.1.2. Vejetasyonun Uzaktan Algılanması ve Net Birincil Üretim Tahmini .. 13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 21
2.1. Net Birincil Üretim Tahmini Konusunda Yapılan Çalışmalar 22
2.2. Hidrolojik Modelleme Konusunda Yapılan Çalışmalar 30
2.2.1. Yeraltı Suyu Tahmini ve Modelleme Çalışmaları 34
2.3. NBÜ ve Hidrolojik Modelleme Yaklaşımlarının Bütünleştirildiği Çalışmalar ... 35
3. MATERYAL VE METOD 41
3.1. Materyal 41
3.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yapısı 41
3.1.2. Yersel Veriler ve Zaman Serisi Verilerinin Genel Özellikleri 46
3.1.2.1. Yersel Verilerin Özellikleri 46
3.2.1.1.(1). LANDSAT ETM+ Uydu Görüntüsü 46
3.1.2.1.(2). IKONOS Uydu Görüntüleri 49
3.2.1.1.(3). Envisat MERIS Uydu Görüntüleri 51
3.2.1.1.(4). Topoğrafik Haritalar 52
3.2.1.1.(5). Orman Meşcere Haritaları 53
3.1.2.2. Zaman Serisi Verilerinin Özellikleri 55
3.2.1.2.(1). Meteorolojik Veriler 55
3.2.1.2.(2). Akım Gözlem Verileri 58

3.2. Yöntem 58
3.2.1. Ön İşlemler 60
3.2.2. Hidrolojik Modelleme Aşaması 60
3.2.2.1. J2000 Hidrolojik Modelleme Sistemi 61
3.2.2.1.(1). Arazi Örtüsü Sınıflaması 65
3.2.2.1.(2). Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Bileşenleri 66
3.2.2.1.(3). Toprak ve Jeoloji Haritalarının Düzenlenmesi 67
3.2.2.1.(4). Hidrolojik Tepki Ünitelerinin (HRU) Oluşturulması . 68
3.2.2.1.(5). Alt Havzaların Oluşturulması 68
3.2.2.2. J2000 Modelleme Süreci 69
3.2.2.2.(1). Meteorolojik Verilerin Bölgeselleştirilmesi 70
3.2.2.2.(2). Radyasyon-Evapotranspirasyon (ET) Modülü 71
3.2.2.2.(3). İntersepsiyon Modülü 72
3.2.2.2.(4). Toprak-Su Modulü 73
3.2.2.2.(5). Yeraltı Suyu Modulü 76
3.2.2.2.(6). J2000 Model Doğruluk ve Hassasiyet Analizleri 77
3.2.3. Net Birincil Üretim (NBÜ) Modelleme Aşaması 78
3.2.3.1. BIOME-BGC Modelleme Sistemi 79
3.2.3.1.(1). Bitki Fonksiyonel Tipleri (BFT) ve Model Hesaplamaları 82
3.2.3.1.(2). Arazi Örtüsü Haritasının Oluşturulması 87
3.2.3.1.(3). Toprak Bilgisinin Oluşturulması 87
3.2.3.1.(4). Meteorolojik Verilerin Oluşturulması 88
3.2.3.2. BIOME-BGC Modelleme Süreci 88
3.2.3.3. Döküntü Dağılımının Belirlenmesi 90
3.2.4. Seyhan Havzası Bileşenleri Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi 96
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 97
4.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri 97
4.1.1. Topoğrafik Yapı ve Sayısal Yükseklik Modeli Haritası 97
4.1.2. Hidrolojik Yapı 101
4.1.3. İklim 101

4.1.4. Toprak Yapısı ve Toprak Haritası 104
4.1.5. Jeolojik - Jeomorfolojik Yapı ve Jeoloji Haritası 108
4.1.6. Orman Toplulukları ve Arazi Örtüsü Haritası 112
4.1.7. Tarım Potansiyeli 118
4.1.8. Yaban Hayatı 119
4.1.9. Yerleşim 119
4.2. Hidrolojik Modelleme Bulguları 120
4.2.1. Seyhan Nehri Akım Ağı, Akım Yönü ve Potansiyeli 120
4.2.2. Akım Ölçüm Verileri ve Alt Havzaların Oluşturulması 123
4.2.3. Hidrolojik Tepki Ünitelerinin (HRU) Oluşturulması 126
4.2.4. Alt Havza Bazında Hidrolojik Modelleme Bulguları 129
4.2.4.1. Himmetli Alt Havzası Modelleme Sonuçları 129
4.2.4.2. Gökdere Alt Havzası Modelleme Sonuçları 136
4.2.4.3. Ergenuşağı Alt Havzası Modelleme Sonuçları 141
4.2.4.4. Üçtepe Alt Havzası Modelleme Sonuçları 147
4.2.4.5. Körkün (Hacılıköprü) Alt Havzası Modelleme Sonuçları 152
4.2.4.6. Sarıahmetli Alt Havzası Modelleme Sonuçları 157
4.2.4.7. Emeğli Alt Havzası Modelleme Sonuçları 161
4.2.4.8. Eğribük Alt Havzası Modelleme Sonuçları 167
4.2.4.9. Değirmenocağı Alt Havzası Modelleme Sonuçları 173
4.2.4.10. Salbaş Alt Havzası Modelleme Sonuçları 178
4.2.4.11. Oruç Alt Havzası Modelleme Sonuçları 183
4.2.4.12. Kılıçmehmet Alt Havzası Modelleme Sonuçları 188
4.3. Net Birincil Üretim Modelleme Bulguları 191
4.3.1. Arazi Örtüsü Sınıfları ve Bitki Fonksiyonel Tipleri 191
4.3.2. Toprak Bilgisi 194
4.3.3. Alt Havza Bazında Net Birincil Üretim Modelleme Bulguları 194
4.3.3.1. Himmetli Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 195
4.3.3.2. Gökdere Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 201
4.3.3.3. Ergenuşağı Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 206
4.3.3.4. Üçtepe Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 210

4.3.3.5. Körkün (Hacılıköprü) Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 214
4.3.3.6. Sarıahmetli Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 219
4.3.3.7. Emeğli Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 223
4.3.3.8. Eğribük Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları 225
4.3.3.9. Değirmenocağı Alt Havzası Modelleme Sonuçları 230
4.3.3.10. Salbaş Alt Havzası Modelleme Sonuçları 232
4.3.3.11. Oruç Alt Havzası Modelleme Sonuçları 235
4.3.3.12. Kılıçmehmet Alt Havzası Modelleme Sonuçları 238
4.4. Seyhan Üst-Havzası Bileşenleri Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi 241
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 259
KAYNAKLAR 271
ÖZGEÇMİŞ 289

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 2.1. Ürün bazında model sonuçları. 39

Çizelge 3.1. Landsat ETM+ uydusunun özellikleri. 47

Çizelge 3.2. IKONOS Algılayıcısının Özellikleri..... 49

Çizelge 3.3. MERIS algılayıcısının standart bant düzeni. 52

Çizelge 4.1. Seyhan Üst-Havzası eğim sınıflarının alansal dağılımları ve yüzdeleri. 100

Çizelge 4.2. Seyhan Üst-Havzası bakı sınıflarının alansal dağılımları ve yüzdeleri. 100

Çizelge 4.3. Toprak sınıflarının alansal ve yüzde dağılımları. 106

Çizelge 4.4. Seyhan Üst-Havzası jeoloji tiplerinin alansal ve yüzde dağılımları. . 109

Çizelge 4.5. Arazi örtüsü ve alan kullanımlarının alansal ve yüzde dağılımları.... 113

Çizelge 4.6. Arazi sınıflaması örnek doğruluk analizi sonuçları. 118

Çizelge 4.7. Alt havzaların isim ve alansal büyüklükleri..... 126

Çizelge 4.8. Himmetli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 130

Çizelge 4.9. Himmetli havzası için J2000 modeli HRU veri giriş tablosu 131

Çizelge 4.10. Himmetli Alt Havzası model değişken hassasiyet analizi sonuçları. 132

Çizelge 4.11. Himmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenleri. 134

Çizelge 4.12. Himmetli Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 135

Çizelge 4.13. Gökdere Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu 137

Çizelge 4.14. Gökdere Alt Havzası model değişken hassasiyet analizi sonuçları. .. 138

Çizelge 4.15. Gökdere Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 140

Çizelge 4.17. Ergenuşağı Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 142

Çizelge 4.18. Ergenuşağı Alt Havzası model değişken hassasiyet analiz sonuçları.143

Çizelge 4.19. Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 146

Çizelge 4.20. Ergenuşağı Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 146

Çizelge 4.21. Üçtepe Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 148

Çizelge 4.22. Üçtepe Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 151

Çizelge 4.23. Üçtepe Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 151

Çizelge 4.24. Körkün Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 153
Çizelge 4.25. Körkün Alt Havzası model değişken hassasiyet analizi sonuçları..... 154
Çizelge 4.26. Körkün Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 156
Çizelge 4.27. Körkün Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 157
Çizelge 4.28. Sarıahmetli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 158
Çizelge 4.29. Sarıahmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 160
Çizelge 4.30. Sarıahmetli Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 161
Çizelge 4.31. Emeğli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 162
Çizelge 4.32. Sarıahmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 166
Çizelge 4.33. Emeğli Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 167
Çizelge 4.34. Emeğli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 168
Çizelge 4.35. Eğribük Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 170
Çizelge 4.36. Eğribük Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 171
Çizelge 4.37. Değirmenocağı Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 174
Çizelge 4.38. Değirmenocağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları..... 175
Çizelge 4.39. Değirmenocağı Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)..... 177
Çizelge 4.40. Salbaş Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 179
Çizelge 4.41. Salbaş Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 180
Çizelge 4.42. Salbaş Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 182
Çizelge 4.43. Oruç Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 184
Çizelge 4.44. Oruç Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 185
Çizelge 4.45. Oruç Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 187
Çizelge 4.46. Kılıçmehmet Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu. 188
Çizelge 4.47. Kılıçmehmet Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları. 189
Çizelge 4.48. Kılıçmehmet Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3) 190
Çizelge 4.49. Model BFT örnekleri. 193
Çizelge 4.50. BIOME modeli için çalışma alanı örnek toprak girdi verisi. 194

Çizelge 4.51. Himmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 198
Çizelge 4.52. Himmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 198
Çizelge 4.53. Himmetli Alt Havzasıkarbon bütçeleri (1 Megaton (Mt) = 1000000 Ton) 199
Çizelge 4.54. Himmetli Alt Havzası NEV değerleri 200
Çizelge 4.55. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1976-2006). 203
Çizelge 4.56. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 203
Çizelge 4.57. Gökdere Alt Havzası Karbon bütçeleri 204
Çizelge 4.58. Gökdere Alt Havzası NEV değerleri. 205
Çizelge 4.59. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1976-2006). 208
Çizelge 4.60. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri 2070-2099). 208
Çizelge 4.61. Gökdere Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri 209
Çizelge 4.62. Ergenuşağı Alt Havzası NEV değerleri. 210
Çizelge 4.63. Üçtepe Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 212
Çizelge 4.64. Üçtepe Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 213
Çizelge 4.65. Çizelge 4.65. Üçtepe Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri (1 Mt) = 1000000 Ton) 214
Çizelge 4.66. Körkün Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 217
Çizelge 4.67. Körkün Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 217
Çizelge 4.68. Körkün Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri (1 Mt = 1000000 Ton). ... 218
Çizelge 4.69. Körkün Alt Havzası NEV değerleri. 218
Çizelge 4.70. Sarıahmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 221
Çizelge 4.71. Sarıahmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 221
Çizelge 4.72. Sarıahmetli Alt Havzası karbon (C) bütçeleri 222
Çizelge 4.73. Sarıahmetli Alt Havzası NEV değerleri. 222
Çizelge 4.74. Emeğli Alt Havzası NBÜ bütçeleri. 224
Çizelge 4.75. Emeğli Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri (1 Mt = 1000000 Ton) 225
Çizelge 4.76. Eğribük Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 227
Çizelge 4.77. Eğribük Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 228
Çizelge 4.78. Eğribük Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri 229
Çizelge 4.79. Eğribük Alt Havzası NEV değerleri. 229
Çizelge 4.80. Değirmenocağı Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 231
Çizelge 4.81. Değirmenocağı Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 231

Çizelge 4.82. Değirmenocağı Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri..... 231
Çizelge 4.83. Salbaş Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006)..... 233
Çizelge 4.84. Salbaş Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099)..... 233
Çizelge 4.85. Salbaş Alt Havzası karbon (C) bütçeleri..... 234
Çizelge 4.86. Oruç Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 237
Çizelge 4.87. Oruç Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 237
Çizelge 4.88. Oruç Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri 237
Çizelge 4.89. Oruç Alt Havzası NEV değerleri 238
Çizelge 4.90. Kılıçmehmet Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006). 240
Çizelge 4.91. Kılıçmehmet Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099). 240
Çizelge 4.92. Kılıçmehmet Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri 241
Çizelge 4.93. Kılıçmehmet Alt Havzası NEV değerleri. 241
Çizelge 4.94. Seyhan Üst-Havzası hidrolojik bileşenleri yıllık toplam değerleri.... 243
Çizelge 4.95. Seyhan Üst-Havzası hidrolojik bileşenleri su bütçeleri. 243
Çizelge 4.96. Seyhan Üst-Havzası NBÜ bileşenleri yıllık toplam değerleri. 249
Çizelge 4.97. Seyhan Üst-Havzası ekosistem bileşenleri korelasyon düzeyleri..... 256
Çizelge 5.1. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları NBÜ ve yüzey akışı dağılımları .. 265

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum Bölgeleri. 7
Şekil 1.2. Elektromanyetik Işıma Tanecik Modeli 8
Şekil 1.3. Uzaktan algılanmış görüntüde piksel değerleri..... 9
Şekil 1.4. Farklı su kaynaklarında yansıma özellikleri. 11
Şekil 1.5. Radyasyonun yaprak üzerinde yansıma-soğurulma hareketi..... 13
Şekil 1.6. Farklı Vejetasyon gruplarının spektral yansıma eğrileri..... 14
Şekil 1.7. Yaprakta yansımayı etkileyen faktörlerin gösterimi..... 16
Şekil 3.1. Seyhan Üst-Havzası'nın Konumu..... 42
Şekil 3.2. Seyhan Üst-Havzası karaçam (*Pinus nigra*) meşceresinden bir görünüş 43
Şekil 3.3. Seyhan Üst-Havzası Sedir (*Cedrus libani*) meşceresinden bir görünüş .. 43
Şekil 3.4. Seyhan Üst-Havzası Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresinden görünüş 44
Şekil 3.5. Seyhan Üst-Havzası Kızılçam *(Pinus brutia*) meşceresinden görünüş ... 44
Şekil 3.6. Seyhan Üst-Havzası LANDSAT ETM+ verisi. (05 Mayıs 2003) 48
Şekil 3.7. IKONOS Verilerinin Çalışma Alanındaki Konumları..... 50
Şekil 3.8. MERIS algılayıcısın yersel veriyi algılama süreci..... 51
Şekil 3.9. Çalışma Alanı Orman Meşcere Haritası Örneği 54
Şekil 3.10. GDM şematik gösterimi..... 56
Şekil 3.11. İstatistiksel ölçek küçültme yöntemi, senaryo geliştirme akış şeması..... 57
Şekil 3.12. Çalışmada İzlenen Yöntemin Akış Şeması..... 59
Şekil 3.13. J2000 Model Yaklaşımının Bölümleri..... 62
Şekil 3.14. Seyhan Havzası'nın tanımlandığı J2000 modeli XML kodu bölümü 63
Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan J2000 hidrolojik modeli akış şeması..... 64
Şekil 3.16. Maksimum Olabilirlikte Yansıma Karakterine Göre Sınıf
Dağılımları Örneği 66
Şekil 3.17. J2000 Modeli Simülasyon Süreci 69
Şekil 3.18. BIOME-BGC Modeli kavramsal yapısı. 80
Şekil 3.19. Model dosya yapısı. 81
Şekil 3.20. NBÜ Modelleme Süreci Akış Şeması. 89
Şekil 3.21. Regresyon Ağacı Modeli Akış Şeması 91

Şekil 3.22. IKONOS Görüntüleri. 92
Şekil 3.23. Regresyon Ağacının Gösterimi. 94
Şekil 3.24. Döküntü dağılımı haritalama sürecine ait akış şeması. 95
Şekil 4.1. Seyhan Üst-Havzası Sayısal Yükseklik Modeli. 98
Şekil 4.2. Seyhan Üst-Havzası eğim haritası (a); bakı haritası (b). 99
Şekil 4.3. Seyhan Üst-Havzası iklim istasyonlarının konumları 103
Şekil 4.4. Seyhan Üst-Havzası toprak haritası. 105
Şekil 4.5. Seyhan Üst-Havzası jeoloji haritası. 111
Şekil 4.6. Arazi örtüsü haritası. 114
Şekil 4.7. Arazi örtüsü haritası (Hidrolojik Modelleme) 115
Şekil 4.8. Arazi örtüsü sınıflarının yükselti bazında dağılımları. 116
Şekil 4.9. Seyhan Üst-Havzası Akış Yönü Haritası, Akış Potansiyeli Haritası. 121
Şekil 4.10. Seyhan Üst-Havzası akım ağları. 122
Şekil 4.11. Seyhan Üst-Havzası akım gözlem istasyonlarının konumları 124
Şekil 4.12. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları. 125
Şekil 4.13. Seyhan Üst-Havzası HRU haritası. 128
Şekil 4.14. Himmetli Alt Havzası hidrolojik yıl yüzey akışı ve ET dağılımı. 133
Şekil 4.15. Himmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). . 134
Şekil 4.16. Himmetli Alt Havzası hidrolojik yıl su girdi-çıktı dağılımı. 135
Şekil 4.17. Gökdere Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 139
Şekil 4.18. Gökdere Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). ...140
Şekil 4.19. Ergenuşağı Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 145
Şekil 4.20. Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları 146
Şekil 4.21. Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik yıl su girdi-çıktı dağılımı 147
Şekil 4.22. Üçtepe Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 150
Şekil 4.23. Üçtepe Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). 151
Şekil 4.24. Üçtepe Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları 155
Şekil 4.25. Körkün Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). 156
Şekil 4.26. Sarıahmetli Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 159
Şekil 4.27. Sarıahmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).
..... 160

Şekil 4.28. Emeğli Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 164
Şekil 4.29. Emeğli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). 165
Şekil 4.30. Emeğli Alt Havzası hidrolojik yıl su su dengesi dağılımı. 167
Şekil 4.31. Eğribük Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 171
Şekil 4.32. Eğribük Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). 172
Şekil 4.33. Eğribük Alt Havzası su dengesi. 172
Şekil 4.34. Değirmenocağı Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 176
Şekil 4.35. Değirmenocağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları 177
Şekil 4.36. Değirmenocağı Alt Havzası su dengesi. 178
Şekil 4.37. Salbaş Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 181
Şekil 4.38. Salbaş Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). 182
Şekil 4.39. Salbaş Alt Havzası su dengesi. 182
Şekil 4.40. Oruç Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006). 186
Şekil 4.41. Oruç Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 186
Şekil 4.42. Oruç Alt Havzası su dengesi. 187
Şekil 4.43. Kılıçmehmet Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları. 190
Şekil 4.44. Kılıçmehmet Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları. 191
Şekil 4.45. Kılıçmehmet Alt Havzası su dengesi. 191
Şekil 4.46. Himmetli Alt Havzası iğne ve geniş yapraklı orman NBÜ dağılımları. 196
Şekil 4.47. Himmetli Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 197
Şekil 4.48. Himmetli Alt Havzası ormanları verimlilik bileşenleri. 199
Şekil 4.49. Gökdere Alt Havzası iğne ve geniş yapraklı orman NBÜ dağılımları. 201
Şekil 4.50. Gökdere Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 202
Şekil 4.51. Gökdere Alt Havzası ormanları verimlilik bileşenleri. 203
Şekil 4.52. Ergenuşağı Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 206
Şekil 4.53. Ergenuşağı Alt Havzası tarım(a) ve mera (b)alanları NBÜ dağılımları. 207
Şekil 4.54. Ergenuşağı Alt Havzası verimlilik bileşenleri. 209
Şekil 4.55. Üçtepe Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 211
Şekil 4.56. Üçtepe Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 212
Şekil 4.57. Üçtepe Alt Havzası verimlilik bileşenleri. 213
Şekil 4.58. Körkün Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 215

Şekil 4.59. Körkün Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 216
Şekil 4.60. Körkün Alt Havzası verimlilik bileşenleri. 217
Şekil 4.61. Sarıahmetli Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 219
Şekil 4.62. Sarıahmetli Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 220
Şekil 4.63. Emeğli Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 224
Şekil 4.64. Eğribük Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 226
Şekil 4.65. Eğribük Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 227
Şekil 4.66. Eğribük Alt Havzası verimlilik bileşenleri. 228
Şekil 4.67. Değirmenocağı Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları..... 230
Şekil 4.68. Salbaş Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 232
Şekil 4.69. Salbaş Alt Havzası mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları. 233
Şekil 4.70. Oruç Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 235
Şekil 4.71. Oruç Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 236
Şekil 4.72. Kılıçmehmet Alt Havzası iğne yapraklı orman NBÜ dağılımları. 239
Şekil 4.73. Kılıçmehmet Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ dağılımları. 239
Şekil 4.74. Seyhan Üst-Havzası aylık yağış ve sıcaklık ortalamaları. 242
Şekil 4.75. Seyhan Üst-Havzası yüzey akışı haritası (1975-2006) 244
Şekil 4.76. Seyhan Üst-Havzası yüzey akışı haritası (2070-2099) 245
Şekil 4.77. Seyhan Üst-Havzası yüzey akış fark haritası 246
Şekil 4.78. Seyhan Üst-Havzası ağaç kapalılık yüzdesi haritası 247
Şekil 4.79. Seyhan Üst-Havzası döküntü haritası (güncel durum) 248
Şekil 4.80. Seyhan Üst-Havzası döküntü haritası (2070) 248
Şekil 4.81. NBÜ-Yağış etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099. 249
Şekil 4.82. NBÜ-Sıcaklık etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099. 250
Şekil 4.83. NBÜ-ET etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099..... 252
Şekil 4.84. NBÜ-Yüzey Akışı etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099. 253
Şekil 4.85. Yağış-Yüzey Akışı etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b)2070-2099. 254
Şekil 4.86. Yüzey Akışı-ET etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.... 255
Şekil 4.87. Toplam karbon ve su değişimi korelasyon grafiği. 256
Şekil 5.1. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları NBÜ değerleri. 266
Şekil 5.2. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları yüzey akışı değerleri 267

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
APAR	: Absorbed Photosynthetic Active Radiation
BBÜ	: Brüt Birincil Üretim
BFT	: Bitki Fonksiyonel Tipleri
CBS	**:** Coğrafi Bilgi Sistemleri
CO_2	: Karbondioksit
DN	: Dijital Değer
EI	: Elektromanyetik Işıma
EMR	: Elektromagnetic Radiation
ENVISAT	: Environmental Satellite
EOS	: Earth Observing System
ERTS	**:** Earth Resources Technology Satellite
ESA	: European Space Agency
ET	: Evapotranspirasyon
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus (LANDSAT)
FAO	: Food and Agriculture Organization
FPAR	: Fraction of Photosynthetic Active Radiation
GDM	: Genel Döngü Modeli
HadCM3	: Hadley Centre Coupled Model
HRU	: Hydrological Response Units
IDW	: Inverse Distance Weighting
IKE	: Işık Kullanım Etkinliği
IPCC	: Intergovermental Panel on Climate Change
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
İYH	: İğne Yapraklı Herdemyeşil Orman
IWRM	: Integrated Water Resources Management
LPJ-DGVM	: Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model
LPS	: Large Pore Storage

MMS	: Modular Modelling System
MO	: Maksimum Olabilirlik
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Radiometer
MPS	: Middle Pore Storage
MSS	**:** Multi Spectral Sensor
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
NBÜ	: Net Birincil Üretim
NDVI	: Normalised Difference Vegetation Index
NEV	: Net Ekosistem Verimliliği
NEXRAD	: Next Generation Weather Radar
NSMEK	: Nash-Sutcliffe Model Etkinlik Katsayısı
NTSG	: Numerical Terradynamic Simulation Group
OMS	: Object Modelling System
PAR	: Photosynthetic Active Radiation
PM	: Penman-Monteith
PRMS	: Precipitation Runoff Modelling System
RHESSys	: Regional Hydro-Ecologic Simulation System
RMSE	: Root Mean Square Error
SMR	: Snow-Melt Runoff
SRES	: Special Report on Emissions Scenarios
SRM	: Snowmelt-Runoff Model
SSCB	: Sovyetler Birliği
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TM	: Tematik Haritalayıcı (LANDSAT)
TRMM	: Tropical Rainfall Measurement Mission
UA	**:** Uzaktan Algılama
UEB	: Utah Energy-Balance Model
USDA	: United States Department of Agriculture
YAI	: Yaprak Alan İndeksi
YDG	: Yaprak Döken Geniş Yapraklı Orman

1.GİRİŞ

Yer kürenin coğrafî özellikleri, oluşumundan bu yana çeşitli aralıklarla değişmektedir. Bu doğal sürece sanayi devriminin etkileri ile hızlı nüfus artışı, enerjiye olan ihtiyacın artması ve üretim faaliyetleri, doğal sistemler üzerindeki baskıyı daha da artırmıştır. Enerjinin büyük bir bölümünü fosil yakıtlardan (petrol, kömür, doğalgaz vb.) sağlanmakta ve bunun sonucunda atmosfere fazla miktarda karbondioksit verilmektedir.

Yaşamın sürdürülebilmesi için çok gerekli olan karbondioksit, güneş enerjisi ile birlikte, tüm canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gereksinim duyulan enerjinin bitkiler tarafından üretilebilmesi için kullanılır. Atmosfere verilen bu karbondioksitin büyük bir kısmı okyanus ve denizlerde çözünür, bir kısmı da, kalsiyum ve magnezyum karbonat formunda kayaya dönüşerek doğada tutulmaktadır (Öztürk, 2002). Atmosferdeki karbondioksit, yaşamın devamı için yararlı etkileri olması ile birlikte, küresel ısınmaya önemli derecede katkıda bulunan ve sera etkisi yaratan gazlardan biridir.

Güneş ışınları yeryüzüne düştüğü gibi, yeryüzü, güneş enerjisinin bir bölümünü uzaya geri yansıtmaktadır. Atmosferde yer alan ve çeşitli molekül kümelerinden oluşan koruyucu katmanın büyük bölümünü karbondioksit gazı oluşturmaktadır. Karbondioksitin görünür ışığa karşı geçirgenliği vardır, fakat kızıl-ötesi ışığı soğurma eder. Dünyanın güneşten aldığı enerji, çoğunlukla görünür ışık formundadır. Atmosferdeki karbondioksit, görünür ışığa karşı geçirgen olduğu için, enerji doğrudan yeryüzüne ulaşır. Fakat yeryüzünden yansıyan ışık genelde kızıl-ötesi formundadır ve atmosferdeki karbondioksit tarafından soğurma edilir. Karbondioksit molekülü bu enerjiyi tutmaz ve bütün yönlere olmak üzere tekrar yayar ve böylece, bir kısmını yeryüzüne geri göndermiş olur. Bu fonksiyonuyla karbondioksit uzaya doğru yansıyan radyasyonu bir süre tutarak, yeryüzünün ısınmasına neden olur. Bu sürece, sera etkisi denmektedir. Seralarda olduğu gibi atmosfer, güneş radyasyonunun içeri girmesine izin verip büyük miktarının dışarı çıkmasına engel olmaktadır (Anonim, 2007a).

Güncel ölçümler, atmosferdeki karbondioksit miktarının her yıl düşük oranda arttığını göstermektedir. İnsanoğlu yılda yaklaşık sekiz milyar ton karbon atığını atmosfere yüklemektedir. Bu miktarın yaklaşık 2.5 milyar tonluk kısmı bitkiler tarafından emilmektedir. Atmosferdeki karbondioksit miktarının artışı ve neden olduğu sera etkisi, dünya üzerindeki ekosistemlerin dengesinin bozulması gibi önemli problemleri de beraberinde getirmektedir (Dönmez, 2008).

Sera gazı salınımları ile birlikte, atmosferdeki karbondioksit miktarının her yıl arttığı düşünüldüğünde, sera etkisin artışı ile yeryüzündeki ortalama sıcaklıklarda da bir artış beklentisi ortaya çıkmaktadır. Dünyanın ikliminde ciddi etkilere neden olması için, bu sıcaklık artışının çok fazla olması gerekmemektedir. Örneğin, Antarktika buzullarının büyük oranda eriyerek dünyanın kıyı şehirlerinde sel haline dönüşmesi için, yaklaşık 4°C'lik bir artış yeterli olacaktır. Özellikle 1975 yılından bu yana, sera etkisi ile ortalama sıcaklıkta ekosistem dengelerini etkileyebilecek düzeyde bir artış gözlemlenmektedir (Türkeş, 2001). 21. yüzyılda küresel ortalama hava sıcaklığı yaklaşık olarak, 0.5 °C ± 0.2 artış göstermiş ve deniz seviyesi 10-25 cm yükselmiştir (Meydan, 2008).

Tüm bu gelişmelerle ilgili günümüzde, sera gazlarının atmosferik birikimlerini ve iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirecek en önemli hükümetler arası çaba Birleşmiş Milletler (BM) İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'dir (İDÇS). Bu sözleşme, Haziran 1992'de Rio'da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Zirvesi'nde imzaya açılıp 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin amacı, atmosferde tehlikeli boyutlara varan insan kaynaklı sera gazı konsantrasyonunun iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek ve belli bir düzeyde tutulmasını sağlamaktır.

Ülkemiz, sahip olduğu karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle insan etkilerinin yarattığı küresel ısınmaya bağlı olarak, görülebilecek iklim değişikliklerinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir. Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik olarak yürütülen bu küresel ortak eylemde yerini almak için sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihi itibariyle 189. taraf olarak katılmıştır (Türkeş, 2001). İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile birlikte

sözleşmeye taraf olan ülkemiz için, karbondioksitin doğa içerisindeki döngüsü ve dinamiklerinin belirlenmesi resmi bir yükümlülük haline gelmiştir.

Global ölçekte artan karbondioksit miktarı ve öngörülen bu iklim değişikliğinin doğal sistemler üzerine etkilerinin belirlenebilmesi için en olası strateji bölgesel ölçekte ekosistem bileşenlerinin tahmini ve etkileşim düzeylerinin belirlenmesidir. Özellikle tür çeşitliliğinin fazla olduğu ülkemizde öngörülen iklim değişikliğinin indikatörü olabilecek en önemli ekosistem bileşenlerinden birisi vejetasyonun Net Birincil Üretim (NBÜ) miktarıdır. Bitkiler, fotosentez süreci vasıtasıyla güneş enerjisini kullanarak elde ettikleri fotosentez ürünlerinin bir kısmını solunumda, geri kalanını bünyelerinde yeni dokular üretmek için kullanırlar. Bitkilerin bu reaksiyonuna brüt birincil üretim; solunumla kullanılan ürün ile brüt birincil üretimin farkına ise NBÜ denir (Berberoğlu ve ark., 2007). NBÜ, vejetasyon aktivitesinin önemli biyofiziksel değişkenlerinden biridir ve küresel ölçekte karbon bütçesi bakımından büyük önem taşır. NBÜ, aynı zamanda karasal ekosistemler içerisinde yaşamın varlığı ve biyoçeşitliliğin devamı için en önemli ekosistem bileşenlerinden biri ve ekosistem performansı için önemli bir belirleyicidir (Lobell, 2002).

Karasal ekosistemler içerisinde, yaşamın varlığı ve biyoçeşitliliğin devamı için gerekli olan NBÜ ve karbon döngüleri ile birlikte en önemli yapıtaşlarından birisi havza içerisindeki su varlığı ve suyun döngüsüdür. Su, insanoğlu için özellikle içme suyu, hidroelektrik, tarımsal sulama ve endüstriyel üretim açısından hayati önem taşımakla birlikte, ekosistem dengelerinin sürdürülebilmesi için en önemli ekosistem bileşenlerinden birisidir (Jackson ve ark., 2001).

Su kıtlığı ve suyun bölgeler arasında düzensiz dağılımı, dünya üzerinde çevresel ve sosyo-ekonomik problemlerin oluşmasında en önemli etkenlerden birisidir. Ülkemizin sahip olduğu karmaşık ekosistem yapısı ve topoğrafik yapı göz önüne alındığında bölgesel ölçekte su varlığı ve yönetiminin tarımsal üretim ve zengin tür çeşitliliği açısından hayati önem taşıdığı görülmektedir. Bu nedenle tarımsal üretim, gıda güvenliği ve biyo-çeşitliliğin sürdürülebilirliği potansiyel su kıtlığı riski için planlamaların yapılmasına bağlıdır (Dönmez ve ark., 2009).

Havza bazında hidrolojik döngü, suyun buhar halinde yağmura, yağmurdan yer yüzeyine düşerek yer altına süzülmesi ya da yüzey akışı ile göller ve rezervuarlara birikmesi, buradan evaporasyon ve transpirasyon ile tekrar su buharına dönüşmesiyle gerçekleşir. Bölgesel ölçekte su kaynaklarının ve su kalitesinin devamlılığı hidrolojik döngüyü sağlayan hidrolojik bileşenlere (yüzey akışı, yer altı suyu depolama ve boşalım miktarları, evapotranspirasyon vb.) bağlıdır (Singh and Fiorentino, 1996). Hidrolojik bileşenler, su kalitesinin korunması için ölçümlerin yapılabilmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için karar vericiler tarafından plan kararlarının alınabilmesi konusunda önemli rol oynar.

Karasal ekosistemler içerisinde, suyun döngüsü ile sistem içerisindeki karbon döngüsü ve NBÜ miktarları, birbirleri ile etkileşim içerisindedir. Bir ekosistemin, yalnızca bir bileşeninde meydana gelen değişim, diğer bileşenlerini de kritik düzeyde etkileyebilmektedir. Örneğin, suyun hidrolojik bileşenler aracılığı ile havza içerisindeki döngüsü, karasal ekosistemlerin fonksiyon ve yapısına doğrudan etkide bulunmaktadır. Karbonun karasal ekosistem içerisindeki döngüsü ise, bölgedeki su varlığına bağlı olarak değişkenlik gösterebilen NBÜ ile doğrudan ilişkilidir (Waring and Running, 1998). Bitki örtüsü ve orman verimliliğin, bölgesel ölçekte havzadaki hidrolojik bileşenleri ve özellikle yüzey akışını etkilediği ve bu sayede suyun havza içerisindeki döngüsüne etkide bulunduğu bilinmektedir. Bunun en önemli örneği, bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte toplam su kaybı olarak nitelendirilen gerçek evapotranspirasyonun karasal ekosistemler içerisinde birim alandaki su bütçesine doğrudan etkide bulunması gösterilebilir (Bosch and Hewlett, 1982; Oltchev et al., 2002).

Özellikle iklim değişikliğinin etkisi altında, zengin tür çeşitliliğine sahip orman ekosistemlerinin bulunduğu bölgelerde havza bazında NBÜ ve hidrolojik bileşenler ile bu bileşenlerin birbirleri arasındaki etkileşimler hakkında bilgi edinmek geleceğe yönelik plan kararlarının oluşturulabilmesi açısından önemli hale gelmiştir.

Günümüzde, havza ekosistemlerindeki hidrolojik bileşenler ve orman verimliliğinin yüksek doğrulukta tahmini ve güncel olarak haritalanabilmesi için modern tekniklerden yararlanılmaktadır. Ekosistemlerin kompleks ve dinamik yapılarının izlenebilmesi için kullanılan bu tekniklerin uygulanabilmesi için doğru ve

periyodik yersel bilgi akışı gerekmektedir. Bu bilgi akışı için gelişen teknolojiye paralel olarak modern havacılık ve uzay teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Gelişmiş uydu teknolojileri ile elde edilmiş yersel veriler, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleriyle yorumlanabilmektedir.

1.1. Uzaktan Algılama, Uydu Teknolojileri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Uzaktan Algılama (UA), yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara (uydu) yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla (algılayıcı), objelerle fiziksel temasa geçilmeden, yeryüzündeki doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir. Diğer bir ifadeyle, objelerle fiziksel temasta bulunmadan herhangi bir uzaklıktan yapılan ölçümlerle bilgi edinme bilimi olarak ifade edilir (Meydan, 2008).

Dünya genelinde UA çalışmalarının başlangıcı 1800'li yılların ortalarında başlamıştır. İlk bilinen hava fotoğrafı 1858'de Gaspard Felix Tournachon'un, 700 ft. yükseklikten Paris'i çektiği fotoğraftır. 1908'de, Amerikalı Wilbur Wright ve L. P. Bonvillain uçaktan ilk hava fotoğrafını çekmişlerdir. II. Dünya savaşının sonlarında uçaklardan çekilen hava fotoğraflarının keşif amaçlı kullanımı büyük önem kazanmıştır ve bu dönemde kızıl ötesine duyarlı özel filmler geliştirilmeye başlanmıştır.

UA tarihinde ilk uydu görüntüleri elde teme çalışmaları, 1950'lerde Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Sovyetler Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin (SSCB) girişimleri ile başlamıştır ve sistemlerden sağlıklı görüntüler alınmaya başlanmıştır. Bu dönemde, 1955 yılında Viking-12 roketi ile 244 km ve 1959 yılında da Atlas roketi ile 1120 km yükseklikten ABD'nin bazı bölgelerinin fotoğrafları çekilebilmiştir. Bununla birlikte, 1960-1972 yılları arasında ABD CORONA Programı, uyduya dayalı ilk keşif amaçlı görüntü elde edilmesi çalışmaları bu alandaki ilk çalışmalardır.

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; Meydan, 2008).

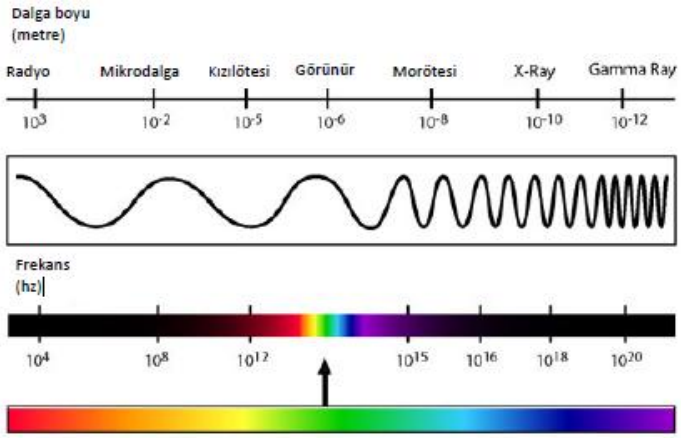
Bulutluluk, ozon miktarı ve konsantrasyonu, buzul alanlarının, atmosferik sıcaklık ve nem profillerinin tespiti, yağış miktarının tespiti, kara ve deniz yüzeyi sıcaklıklarının belirlenmesi pasif algılamaya, okyanus dalga boyu, dalga yüksekliklerinin ve deniz yüzeyi rüzgar hızı ve yönünün tespiti aktif algılamaya örnek teşkil etmektedir (Anonim, 2007b; Meydan, 2008).

UA platformları sahip oldukları algılama özellikleri ile doğal sistemlerin karmaşık yapılarının incelenmesinde çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajların en önemlileri UA verilerinin güncel ve periyodik veri sağlanabilmesi ve dünya üzerinde istenilen yer ile ilgili görüntü elde edilebilmesidir.

UA, enerji kaynağı, radyasyon ve atmosfer, radyasyon ve dünya yüzeyi, algılayıcı ve yer istasyonu olmak üzere beş adet bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin katılımları ile UA süreci, veri elde etme ve veri işleme olmak üzere iki temel aşamada gerçekleşmektedir. Veri elde etme aşamasında en önemli bileşen enerji kaynağıdır. Optik uydu platformları için enerji kaynağı güneştir ve veri kaydı elektromanyetik radyasyonun (EMR) ya da ışınların algılanması ile gerçekleşir (Anonim, 2006a).

EMR, atomlardan çeşitli şekillerde ortaya çıkan enerji türleri ve bunların yayılma şekillerine verilen addır. İçinde X ve γ ışınlarının ve görülebilir ışığın da bulunduğu radyasyonlar, dalga boyları ve frekanslarına göre bir elektromanyetik radyasyon spektrumu oluştururlar. Elektromanyetik enerji spektrumu (EMS), 10^{-10} μm dalga boylarından, 10^{10} 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 (Meydan, 2008). Bu dalga boylarında

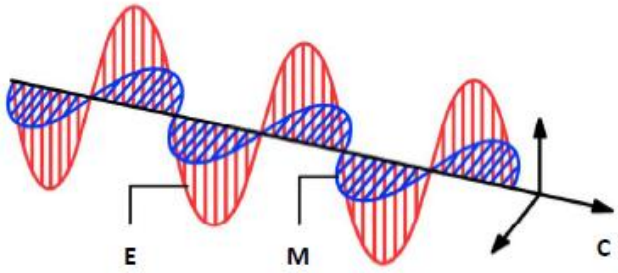
algılanan enerji öncelikle güneşten kaynaklanan ve yeryüzündeki cisimlerden yansıyan ısınımdır (Maktav ve Sunar, 1991).EMS, radyo dalgalarından Gamma ışınlarına geniş bir aralıkta tanımlıdır. EMS bölgeleri Şekil 1.1.'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum Bölgeleri (Anonim, 2009a).

Uzaktan algılama sürecinde EMR, yeryüzü özelliklerine bağlı olarak, yansıma, geçirme ve radyasyon dönüşümü olmak üzere 3 değişik şekilde etkileşebilir. Yansıma, gelen enerjinin belli kurallara göre geri gelmesi, geçirme ise enerjinin cisim içinde yayılmasını ifade etmektedir. Radyasyon dönüşümü, gelen radyasyonun kısmen veya tamamen yutularak ısı gibi diğer enerji şekillerine dönüşmesi olayıdır.

Elektromanyetik ışıma (EI) ise, enerjinin dalgalar halinde bir objeden diğer bir objeye transferini tanımlar. Tüm objeler belli oranda enerji yayarlar ve başka objelerden gelen enerjileri yansıtırlar. Uzaktan algılamanın temeli objelerin emdiği ve yansıttığı bu enerjilerin ölçümüne dayanmaktadır. Elektromanyetik enerjinin absorpsiyonu ve emisyonu ile ilgili olayların açıklanmasında tanecik modeli geliştirilmiştir. Bu modelde EI, enerjileri frekansıyla orantılı olan ve foton adı verilen parçacıklar veya enerji paketlerinden oluşmuş olarak görülür. EI tanecik modeli, dalga boyu, frekans ve genlik faktörlerinden oluşmaktadır.



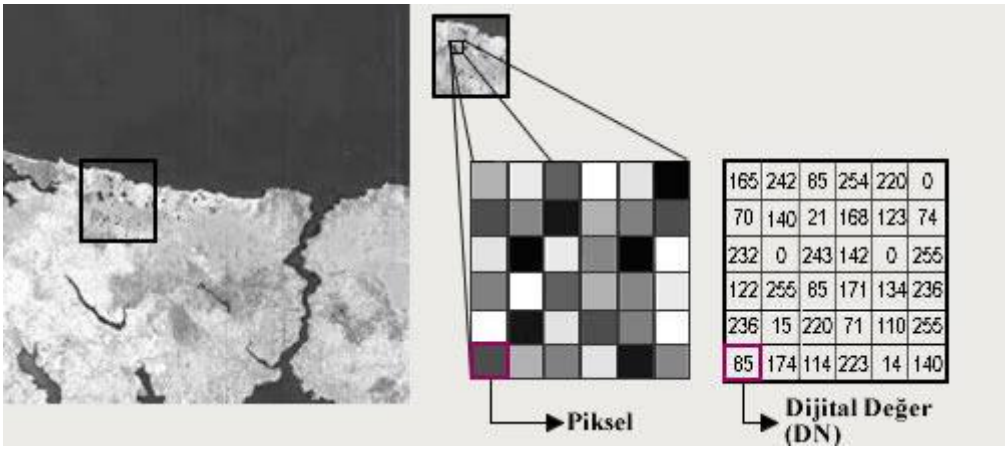
E = Elektrik vektörü
C = Işık hızı
M= Manyetik vektör

Şekil 1.2 Elektromanyetik Işıma Tanecik Modeli

Elektromanyetik enerjinin uydu platformlarında algılanması ile gerçekleşen UA sürecinden elde edilen görüntüler, dijital formlarda kayıt edilir ve bilgisayarlar tarafından görüntüye dönüştürülmek üzere işlenir. Bir uzaktan algılama sisteminde algılayıcı enerjiyi (ışığı) algılar, ölçer ve miktarını bilgisayarın okuyabileceği bir sayıya çevirir. Yörüngedeki uzay aracı bu kodları sinyaller ile yeryüzündeki uydu yer istasyonuna gönderir. Bu sinyaller alınarak sayı dizilerine çevrilir, sıra ve sütunlar bir gri değerine denk gelen sayı ile ifade edilir ve bir dijital görüntü oluştururlar. Dijital görüntüyü oluşturan resim elemanlarına piksel adı verilir. Her piksele ait olan ve temsil edilen alandan gelen ortalama ışınımı veren değer dijital değer (DN) ile gösterilir (Anonim, 2006a) (Şekil 1.2.).

Uydu görüntüleri sahip oldukları çözünürlük potansiyeline göre yer yüzeyi ile ilgili farklı detayda bilgiler sağlamaktadır. Çözünürlük bir görüntüleme sisteminde kayıt edilen detayların ayırt edilebilirlik ölçüsüdür. Uydu Görüntüleri için zamansal, yersel, yansıma ve radyometrik olmak üzere 4 farklı çözünürlük tanımlanmaktadır.

Zamansal çözünür, bir uzaktan algılama sisteminin aynı bölgeyi görüntüleme sıklığı ile ilgilidir. Farklı uydu platformları farklı zamansal çözünürlüklere sahiptir ve yer yüzeyi ile ilgili değişik sıklıklarda veri sağlayabilir. Uydu platformlardan sahip oldukları zamansal çözünürlüğe bağlı olarak, bir bölgede zamanla değişen spektral karakteristiklerin izlenmesi için periyodik bilgi sağlanabilir ve çok-zamanlı görüntü setleri kullanılarak değişim analizi yapılabilir.



Şekil 1.3. Uzaktan algılanmış görüntüde piksel değerleri (Anonim, 2006a).

Yersel çözünür, bir uydu görüntüsünün yer yüzeyi için sağladığı bilginin detayını ifade etmektedir. Bir görüntüde fark edilebilir en küçük detay, algılayıcının yersel çözünürlüğü ile ilgilidir ve görülebilen en küçük hedef boyutunu tanımlar. Ticari uydular bir metreden kilometrelere varan çözünürlükler sağlamaktadırlar. Sadece çok büyük nesnelerin görülebildiği görüntülerin çözünürlüğü düşük, küçük nesnelerin ayırt edilebildiği görüntüler ise yüksek çözünürlüklüdür.

Yansıma çözünür, algılayıcının duyarlı olduğu dalga boyu aralıkları ile ilgilidir. Spektral çözünürlüğün iyi olması bir kanal ya da bandın algıladığı dalga boyu aralığının küçük olduğunu gösterir. Çok gelişmiş çoklu-spektral algılayıcılara hiperspektral algılayıcılar denilmektedir. Bu algılayıcılar elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve orta-kızılötesi bölgelerinde yüzlerce küçük spektral aralıkta algılama yapmaktadırlar.

Radyometrik çözünür, elektromanyetik enerji miktarında sahip olunan hassasiyet olarak ifade edilir ve bir görüntüleme sisteminin enerji farklılıklarını ayırt edebilme yeteneğini gösterir (Anonim, 2006).

Günümüzde uydu teknolojileri ve uzaktan algılama ile yeryüzü doğal ve kültürel değişimlerinin araştırılması amacıyla, yeryüzüne ilişkin periyodik bir bilgi akışı sağlanmaktadır. Bu verilerin karmaşık yapılarının incelenmesi ve farklı amaçlardaki çalışmalara entegrasyonu için gereken organizasyon Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında gerçekleştirilmektedir. CBS, karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunların çözümüne yönelik mekana/konuma dayalı karar verme

süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekansal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, coğrafi veri ve yöntem bütünüdür. CBS, doğal kaynak yönetiminin araştırıldığı modelleme çalışmalarında kullanılan yersel verilerin analizine olanak sağlaması bakımından da önem taşımaktadır.

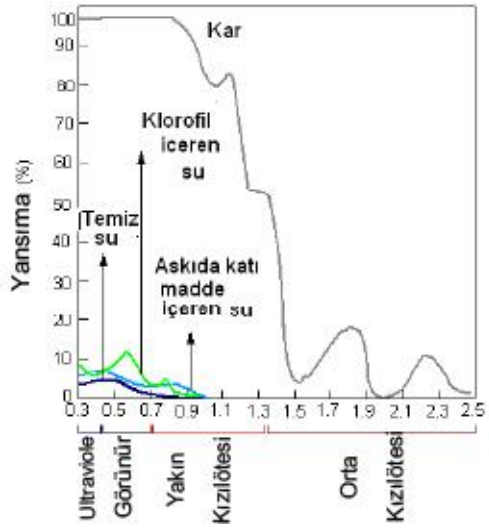
1.1.1. Suyun Uzaktan Algılanması ve Hidrolojik Bileşenlerin Tahmini

Uzaktan algılama teknikleri, geniş bölgelere yayılmış su yüzeylerinin karakteristikleri hakkında mekânsal bilgiler sağlamakta ve yersel tabanlı izleme programlarının uygun maliyet ile yapılabilmesine olanak sağlayan önemli bir potansiyele sahiptir. Geçmişten günümüze uzaktan algılama teknikleri yardımıyla yapılabilen en önemli hidrolojik uygulamalar aşağıda sıralanmıştır;

- Su kaynakları yönetimi,
- Su kirliliği inceleme,
- Sel haritalaması ve izleme,
- Kıyı bilimleri araştırmaları,
- Kar dağılımını ve miktarını belirleme ve erime miktarı tespiti,
- Okyanus bilimleri araştırmaları,
- Sulak alanların haritalanması,
- Yağış düşen alanların belirlenmesi ve düşen yağışın tespiti
- Su kalitesi analizleri

Farklı ölçeklerde okyanus, deniz, göl gibi su yüzeylerinin yeryüzü üzerindeki dağılımları incelenirken suyun farklı dalga boylarındaki yansıma karakteristikleri kullanılmaktadır. Suyun temiz ve derin olduğu yerlerdeki spektral yansıma grafiği incelendiğinde, 0.7 μm'den büyük dalga boylarında (yakın kızılötesi, termal bantlar vb.) suyun çok az yansıma verdiği veya yansıma vermediği görülmektedir. Bulanık, çok geçirgen olmayan bol klorofil ve sediment içeren su kaynakları farklı yansıma

özellikleri gösterebilmektedir (Sunar, 1992). Bu tip su kaynakları, görünür ve yakın kızılötesi dalga boylarında yüksek yansıma vermektedir (Verbyla, 1995). Suda klorofilin varlığı mavi dalga boylarının (0.4-0.5 μm) emilmesine ve yeşil dalga boylarının (0.5-0.6 μm) yansıma değerlerinin artmasına yol açmaktadır. Farklı su kaynaklarında görülen yansıma miktarları Şekil 1.4.'te görülmektedir.



Şekil 1.4. Farklı su kaynaklarında yansıma özellikleri.

Uzaktan algılama ile hidrolojik bileşenlerin tahmin edilmesi çalışmaları ilk kez 1930'lu yıllarda karla kaplı alanların zamansal ve mekânsal olarak izlenmesi ile başlamıştır. Hidrolojik döngünün önemli bir parçası olan kar, bulunduğun yerin iklim özelliklerini etkiler, termal ve radyoaktif özellikleri ile üzerinde bulunduğu toprağın ve üzerinde bulunan havanın özelliklerini değiştirir. Karla kaplı alana gelen radyasyonun yaklaşık %80'ini atmosfere geri dönmektedir. Bu durum, karla kaplı alanların uzaktan algılama uygulamaları ile izlenmesine olanak sağlamaktadır. Karın alansal ve zamansal dağılımı göz önüne alındığında karla kaplı alan ve kar-su eşdeğeri bilgileri optik ve pasif mikrodalga uydu görüntüleri kullanılarak izlenebilmektedir (Özkaya ve Kaya, 2010). Uydu platformlarından sağlanan veriler ile araziye tesis edilmiş kar ölçüm istasyonları ve kar yataklarından elde edilen bilgiler ilişkilendirilerek kar örtüsü ve kar-su eşdeğeri yüksek doğrulukta haritalanabilmektedir.

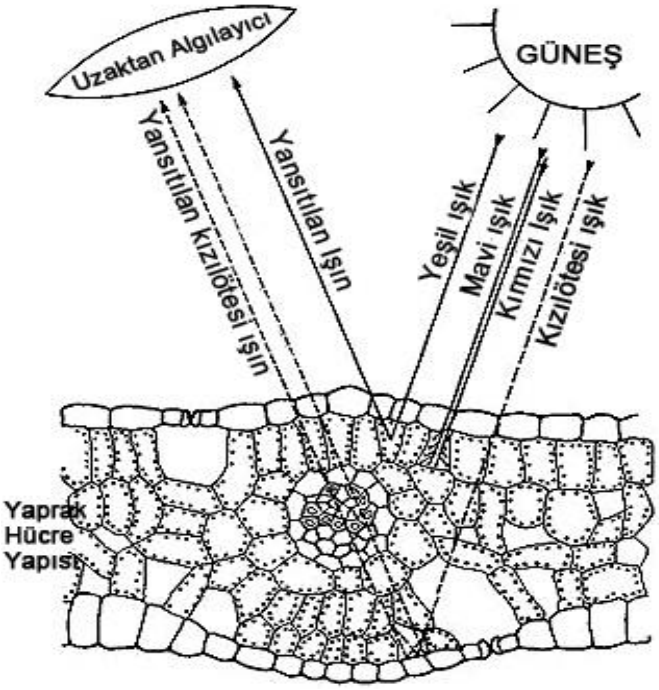
Hidrolojik bileşenler içerisinde kar dinamikleri ile su yüzeylerindeki değişimler farklı dönemler için elde edilmiş uydu verileri ve uzaktan algılama yöntemleri ile doğrudan tahmin edilebilmekte ve haritalanabilmektedir. Temiz su, enerjiyi mavi ve yeşil dalga boylarında yüksek oranda geçirme özelliği ile su altı özelliklerinin de araştırılabilmesine olanak sağlamaktadır. Kar dinamikleri ve su yüzeyleri dışında yüzey akışı, yer altı suyu vb. bileşenlere ait miktar ve dağılımların uzaktan algılama yöntemleri ile doğrudan hesaplanabilmesi mümkün olmamaktadır (Ustin, 2004).

Bu bileşenlerin hesaplanabilmesinde çeşitli geleneksel ve istatistiksel modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Hidrolojik bileşenlerin tahmini için en etkin yöntem, uzaktan algılanmış verilerin, günümüzde kullanılan hidrolojik modelleme yaklaşımlarına dahil edilmesidir. Yer gerçeği ve uydu verilerinin birleştirilmesi ile UA ve CBS analizleri kullanılarak toprak, jeoloji, arazi örtüsü, iklim vb. haritaları elde edilebilir. Uzaktan algılanmış verilerin model yaklaşımlarına dahil edilme süreci, bu verilerin fiziksel model yaklaşımlarına entegrasyonu ile gerçekleşir. Hidrolojik modellerin uygulanmasındaki başarıyı belirleyen etmenler, modele girdi oluşturan verilerin miktarı ve kalitesidir. Bu noktada, UA ve CBS yöntemleri, süreç tabanlı hidrolojik modellere doğru ve güncel veriler girdi sağlanabilmesi konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. UA verilerin dahil edildiği modelleme çalışmaları ile su potansiyelinin tespiti ve akış tahminleri, iklim değişikliği altında havza yönetimi konusunda karar vericiler için önemli bir araç olabilmekte ve ülke ekonomisine olumlu katkı sağlayabilecek planlar oluşturulmasına katkı sağlayabilmektedir.

UA ve CBS yöntemleri hidrolojik bileşenlerin güncel modelleme yaklaşımları ile hesaplanabilmesine önemli bir potansiyel sağlamaktadır. Bununla birlikte bu yöntemler, doğal ekosistemlerde vejetasyonun dinamik yapısının izlenebilmesine de olanak sağlamaktadır.

1.1.2. Vejetasyonun Uzaktan Algılanması ve Net Birincil Üretim Tahmini

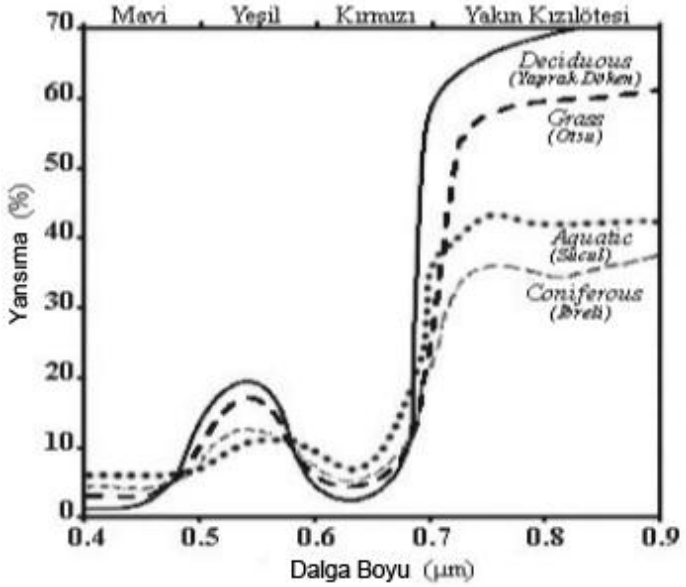
Vejetasyon, yeryüzü objeleri arasında uzaktan algılama yöntemleriyle en kolay ve sağlıklı şekilde tanımlanabilen ve incelenmesi mümkün olan objelerin başında gelmektedir. Bunun en önemli nedeni, bitkilerin çeşitli dalga boylarındaki ışınları, hücre yapılarına, yaprak ve yüzey genişliklerine, yapılarında bulundurdukları su miktarına ve doğal ortamlarındaki konumlarına göre kendilerine özgü bir şekilde soğurma ya da yansıtma özelliklerine sahip olmalarıdır (Teillet ve ark., 1997). Genel olarak bitkiler, görünür ışın bölgesi denilen 0,4–0,7 μm dalga boyundaki ışınları soğururlar. Kızılötesi ışınları ise çok düşük oranda soğururken, çok büyük bir bölümünü yansıtırlar (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Radyasyonun yaprak üzerinde yansıma-soğurulma hareketi (Anonim, 2009a).

Kızılötesi ışınların bitkiler tarafından farklı oranlarda yansıtılmaları, algılayıcı tarafından algılanması ve uzaktan algılama yöntemleri ile analiz edilmesi açısından büyük kolaylık sağlar. İğne yapraklı türlerden oluşan bitki örtüsü, yapraklı türler ve yoğun çayırlık veya tarımsal alanlardaki bitki örtülerine göre, kızılötesi ışınları daha

düşük oranda yansıtır. Vejetasyon türlerine göre ışığın yansıtılma miktarları, Şekil 1.6.'da görülmektedir.



Şekil 1.6. Farklı Vejetasyon gruplarının spektral yansıma eğrileri (Duran, 2007).

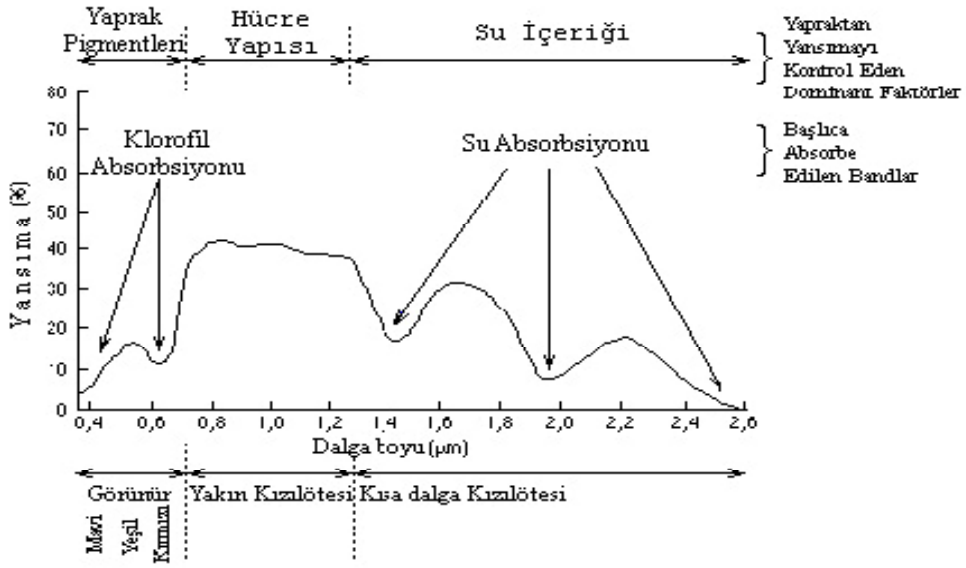
Vejetasyonun uzaktan algılanmasında, bitkiler sahip oldukları yaprak özelliklerine göre farklı elektromanyetik spektrum bölgelerinde farklı değerlerde algılanır. Spektrumda görünür bölgede (0.4–0.7 μm) yaprakların pigmentasyonu dominant faktördür. Burada yansıma klorofil, karoten, ksantofil ve antosyanis gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde yansıma düşük düzeydedir. Bunun nedeni yapraktaki klorofilin yaklaşık olarak 0,45 ile 0,65 μm arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarından gelen enerjinin çoğunu soğurma etmesidir (Anonim, 2009b). Yapraktaki iki klorofile bağlı soğurma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir yutma kaybı, yaklaşık 0.54 μm de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur. Bu dalga boylarındaki düşük soğurma; normal, sağlıklı yaprakların algılanmasını sağlamaktadır. Bitkinin stres altında klorofil üretimi azaldıysa, klorofil-yutma bantlarında daha az soğurma olmakta ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıtıma sahip olacaklarından, sarımsı veya klorotik renkte gözükmektedir (Maktav ve Sunar, 1991). Bu bölgede bitki yapraklarındaki pigmentlerin ışığı fazla soğurmaları nedeniyle düşük yansıma olmaktadır, bu nedenle 0,4–0,7 μm bölgesi pigment

soğurma dilimi olarak tanımlanır. Soğurma özellikle mavi ve kırmızı ışığın bitki yapraklarında fotosentez işleminde kullanılmasından ileri gelmektedir. Yeşil dalga enerjisinin önemli bir miktarı ise geri yansıtılmaktadır ve bu nedenle sağlıklı bitkiler yeşil görünmektedir.

Spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde (0,7–1,3 μm) soğurulma az ve yansıma çok yüksek olduğundan bitki türüne bağlı olarak arasında yansıma oranı (%30–70) değişmektedir. Geri kalan enerjinin yüksek bir miktarı ise yaprak içine iletilmektedir. Sağlıklı yeşil bitki örtüsü, yakın kızılötesi bölgesinde (0,7–1,3 μm), görünür dalga boyları ile karsılaştırıldığında, çok yüksek yansıtım (yaklasık: %45'den %50'ye kadar), çok yüksek geçirgenlik (yaklasık: %45'den %50'ye kadar) ve çok düşük soğurulma (%5'den az) ile karakterize edilmektedir (Duran, 2007). Bitki yapraklarının hücre yapısı çok karmaşıktır ve yakın kızılötesi bölgesinde yansıtımı kontrol altında tutan en önemli etken bu iç yapıdır. Yaprak yapısı farklı bitki türleri için farklı özellikler gösterdiğinden, yansıtma değerlerine göre türleri ayırt etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıtma özelliğini de değiştirdiğinden bitki hastalıklarını da saptamak kolaylaşmaktadır (Rees, 2001).

Orta kızılötesi bölgesinde (1,3–2,7 μm) bitkilerin su içeriği spektral yansımaya etki eder. 1,4 μm, 1,9 μm, 2,7 μm yakınında oluşan güçlü su yutma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında etkilidir. Yansıma eğrisi bu kısımlarda düşüş gösterir. Orta kızılötesi dalga boylarında yansıtım tepe noktaları ve su yutma bantları arasında, yaklaşık 1,6 μm ile 2,2 μm de oluşur. Gelen güneş enerjisinin bitki örtüsü tarafından soğurma derecesi yaprakta mevcut su miktarının bir fonksiyonudur. Yansıtma ile yapraktaki su içeriği ters orantılı olup, su içeriği de yaprak kalınlığı ile orantılıdır. Yaprakların nem oranı azaldıkça, orta kızıl ötesi bölgesindeki yansıtım artar. Yapraklar nem kaybettikçe hücre yapılarında oluşan değişim yakın kızılötesi yansıtımı da etkiler (Maktav ve Sunar, 1991; Duran, 2007).

Yaprak yüzeyinin yapısı da yansıma ve algılanabilirlik düzeyini etkilemektedir. Farklı vejetasyon türleri, farklı morfoloji, su içeriği, yaprak yüzeyi ve pigment içerdiğinden spektral yansıma tipleri de değişkenlik göstermektedir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Yaprakta yansımayı etkileyen faktörlerin gösterimi (Duran, 2007).

Günümüzde, UA teknolojileri ve CBS analiz yetenekleri ile farklı vejetasyon grupları ve orman alanlarında meydana gelen değişimler efektif olarak tahmin edilmektedir. Özellikle iklim değişikliği ile birlikte karbon tutma yetenekleri göz önüne alındığında ormanlardaki değişimlerin UA yöntemleri ile izlenmesinin önemi her geçen gün artmaktadır. Orman ekosistemleri, oksijen ve karbondioksit dengesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Waring ve Running, 1998; Meydan., 2008). Ormanlar, fotosentez yaparak, bir yandan canlıların solunumu için gerekli olan oksijeninin bir bölümünü üretirken, diğer yandan küresel ısınmaya neden olan karbondioksit gazının miktarını azaltmakta ve bu özellikleri ile ekosistem verimliliği bakımından belirleyici olmaktadır.

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 (Meydan, 2008).

Küresel ölçekte karbon dağılımı incelendiğinde, karbon bileşeninin atmosfer, hidrosfer, litosfer ve biyosfer olmak üzere dört büyük rezervi bulunmaktadır. Bu rezervler yıl içerisinde okyanuslar ve karasal ekosistemler ile atmosfer arasında yer değiştirmekte ve bu değişim miktarları milyar ton seviyesinde gerçekleşmektedir. Karbon döngüsü atmosferdeki karbondioksitin bitkiler ve bazı algler tarafından fotosentez aracılığıyla bağlanmasıyla başlamaktadır (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, 60 milyar tonu bulmaktadır (Meydan, 2008). Okyanusların da katkısı ile her yıl atmosferde yaklaşık 3.2 milyar ton karbon birikmektedir (Reichle ve ark., 1999).

Karbon uygun şartlarda çok uzun süre toprakta ve bitki bünyesinde muhafaza edilebilir. Fakat arazi kullanımındaki değişim ve tarımsal kullanımda yoğun toprak işleme teknikleri, erozyon ve iklim değişikliği etkisi ile orman ve topraktaki karbon stokları önemli ölçüde azalmaktadır.

Karbonun optimum düzeyde yönetilebilmesi için bu bileşenin alanda bitki ve toprak arasında döngü miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. 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. 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 temsil eden biyokütle: Kapalılık yüzdesi ve döküntü miktarı; Toprak üstü biyokütle; Toprak altı biyokütle; Toprak organik madde; Fotosentez Toprak üstü bitki solunumu; Toprak altı bitki solunum; Hetetrofik (toprak) solunumu; Döküntü sonucu Topraktan CO2 akışı ölçümleri, canlılardaki enerji ve madde dağılımını yansıtan önemli göstergelerdir. Bunlar arasında döküntü miktarının ölçümü, orman ekosisteminde tutulan karbon miktarının belirlenmesi için önemli bir değişkendir.

Küresel ve bölgesel ölçekte karbon dinamiklerinin dağılımı ve ekosistem performansı için en önemli gösterge ise NBÜ'dir. NBÜ, birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentezi (brüt birincil üretimden-BBÜ) ile ototrofik solunum (RA) değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Lieth ve Whittaker, 1975; Sun ve Zhu, 2001; Zhong ve ark., 2002; Lu ve ark., 2004; Meydan, 2008). NBÜ aynı zamanda, birim alan ve zamanda bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarına (Eşitlik 1.1.) eşittir (Chen ve ark., 1999).

$$NBÜ = BBÜ - RA \quad (1.1.)$$

Ekosistemde farklı faktörlerin etkilediği NBÜ gibi bileşenlerin tahmini için farklı istatistiksel modelleme uygulamaları gerekmektedir. Bu noktada, UA ve CBS yöntemleri ile elde edilmiş yersel bilgiler, özel olarak geliştirilmiş matematiksel modellere girdi verisi olarak kullanılmakta ve bu modeller orman verimliliğinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Uzaktan algılama yöntemleri ve arazi ölçümleri ile elde edilmiş güvenilir veri setlerinin kullanıldığı bu modeller özellikle, alanın yapısı ve zamana bağlı olarak, çevresel faktörler, iklim değişiklikleri ve insan kullanımlarının etkisi altında, formasyonları değişen orman ekosistemlerinin güncel ve geleceğe yönelik durumlarının izlenebilmesi açısından son derece önemlidir (Waring ve Running, 1998).

Fiziksel modeller ile NBÜ tahmininde iki önemli noktaya dikkat edilmelidir. Bu noktalar, karbon döngüsü simülasyon mekanizmalarının ekosistemin

fonksiyonunu güncel olarak sunabilmesi ve model veri setinin NBÜ fonksiyonu ile ilişkili olmasıdır (Bunkei ve Masayuki, 2002).

Karasal ekosistemlerin tahmini için kullanılan NBÜ tahmin modelleri istatistiksel, parametrik ve süreç tabanlı olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Ruimy ve ark., 1999). İstatiksel modeller, temel düzeyde çalışmakta iklimsel verilerle NBÜ arasında istatistiksel ilişki kurarak NBÜ tahmininde bulunmaktadır. Parametrik modellerde gerekli parametreleri ve değişkenleri hesaplamak oldukça zordur (Prince, 1991; Potter ve ark., 1993; Foley, 1994; Ruimy ve ark., 1999a; Sun ve Zhu, 2001; Meydan, 2008). Bu modeller istatistiksel modellere kıyasla daha karmaşık yapıdadır. Süreç tabanlı modeller Fotosentetik Aktif Radyasyon (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; Meydan, 2008). Bu modellerde NBÜ ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanır. Süreç tabanlı fiziksel modeller, günümüzde NBÜ tahmininde sağladıkları yüksek doğruluk ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Süreç tabanlı modeller, NBÜ'in mevsimsel ve aylık alansal dağılımı ve değişimlerinin tahmininde gün ışığı şiddeti, solar radyasyon ve fotosentez enerjisi parametrelerini kullanmaktadır.

Avrupa ve Amerika kıtasında yer alan önemli nehir havzalarında NBÜ ve hidrolojik bileşenlerin tahmin edildiği ekosistem modelleme çalışmaları yakın geçmişten günümüze periyodik olarak sürdürülmektedir. Yaklaşık, 78 milyon hektar olan ülkemiz yüzölçümünün, 20.763.248 hektarlık kısmı ormanlarla kaplıdır. Burada değerler oransal olarak ifade edilecek olursa, topraklarımızın % 26.6'sı ormanlık alandır (Dönmez, 2008). Türkiye'deki orman alanlarının büyük bir kısmını doğal orman alanları oluşturmaktadır (Anonim, 2007a). Tür çeşitliliğinin fazla olduğu ve önemli nehir sistemlerinin bulunduğu ülkemizde de hidrolojik bileşenler, karbon bütçeleri ve NBÜ gibi ekosistem bileşenlerinin tahmin edilebileceği modelleme çalışmalarının yapılabilmesi, ekolojik ve politik olarak geleceğe yönelik plan kararlarının alınması açısından önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin etkisi altında ülkemizin en önemli havzalarından biri olan Doğu Akdeniz Bölgesi Seyhan Üst-Havzası hidrolojik (yüzey akışı, yer altı-toprak suyu, ET vb.) ve NBÜ bileşenleri (toprak solunumu, toprak üstü

NBÜ ve döküntü karbonu) ve bu bileşenlerin ekosistem içerisindeki etkileşim düzeylerinin belirlenmesidir.

Çalışma kapsamında ekosistem bileşenleri ve etkileşim düzeylerinin belirlenebilmesi, doğal kaynakların sürdürülebilirliğini ve verimli kullanımını sağlamak amacıyla bu kaynakların analizi ve izlenmesi için önemli bir altlık oluşturmaktadır. Bu altlık potansiyeli, ekosistem bileşenlerinin güncel veriler ile modellenmesi, peyzajın duyarlılığının saptanması-yönetimi için oluşturulabilecek peyzaj yönetim ve arazi kullanım planlarına envanter sağlanabilmesi açısından stratejik bir öneme sahiptir. Bileşenlerin güncel ve geleceğe yönelik durumlarının konumsal olarak belirlenebilmesi de, korunması öncelikli alanların tespiti ve arazi kullanım planlarına aktarılması konusunda önemlidir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Farklı türlerin bir arada bulunduğu orman ekosistemleri dünya yüzeyinin yaklaşık %30'unu kaplamaktadır. Orman ekosistemleri kapladıkları bu alanla birlikte küresel ölçekte toplam karbonun % 75-90'nını depolamaktadır. Dünya üzerinde özellikle ülkesel ölçekte karbon rezerv miktarları net olarak bilinmediğinden birim alan karbon dinamikleri hakkında en önemli bileşen olan NBÜ, karbon döngüsü çalışmalarının odağını oluşturmaktadır. NBÜ 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 (Hazarika ve ark., 2004; Meydan, 2008).

Orman ekosistemlerinin performansı için en önemli gösterge olan NBÜ'yü etkileyen en önemli etmen küresel ölçekte su varlığı ve suyun dengeli dağılımıdır. İklim değişikliğinin etkileri altında suyun dağılımı ve miktarlarının bilinmesi hidrolojik bileşenlere bağlıdır.

UA ve CBS yöntemleri ile elde edilmiş yersel bilgiler, özel olarak geliştirilmiş matematiksel modellere girdi verisi olarak kullanılmakta ve bu modeller havza bazında hidrolojik bileşenlerin ve orman verimliliğinin belirlenmesinde kullanılabilmektedir. Uzaktan algılama yöntemleri ve arazi ölçümleri ile elde edilmiş güvenilir veri setlerinin kullanıldığı bu modeller özellikle, alanın yapısı ve zamana bağlı olarak, çevresel faktörler, iklim değişiklikleri ve insan kullanımlarının etkisi altında, formasyonları değişen orman ekosistemlerinin ve havzanın hidrolojik bileşenlerinin güncel ve geleceğe yönelik durumlarının izlenebilmesi açısından son derece önemlidir (Odum 1971; Waring ve Running, 1998). Bu tip modelleme teknikleri ile havza bazında hidrolojik döngü ve orman verimliliğinin doğru ve güncel olarak tahmin edilebilmesi, özellikle tür çeşitliliğinin fazla olduğu önemli nehir sistemlerinin bulunduğu bölgeler için önem taşımaktadır.

Geçmişten günümüze özellikle son otuz yılda, farklı çalışma alanlarında NBÜ ve hidrolojik bileşenlerin modellenmesi konusunda özellikle Amerika ve Avrupa'da birçok çalışma yapılmıştır.

2.1. Net Birincil Üretim Tahmini Konusunda Yapılan Çalışmalar

Ekosistemdeki bileşenlerin belirlenmesinde kullanılan fiziksel tabanlı biyokimyasal modeller, yaygın ve etkin kullanım potansiyeline ulaşmıştır. Bu modeller, uygun veri setlerinin entegrasyonu ile ekosistem bileşenlerinin güncel durumu ve gelecekteki potansiyeli hakkında yüksek doğrulukta tahmin yapabilmekte ve doğal kaynak yönetiminde plan kararları alınmasında kullanılabilecek referans veriler sağlamaktadır. Ancak, bu yeteneklerinin yanı sıra, özellikle karmaşık yapıdaki alanlarda elde edilmesi ya da oluşturulması zor olan çeşitli bileşenlerin gerekliliği modellerin uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Ağaç kapalılık yüzdesi, Yaprak Alan İndeksi (YAI), Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi (NDVI), meşcerelerin fizyolojik özellikleri vb. bu bileşenler orman kompozisyonunu ve yapısını temsil etmektedir, ayrıca geleneksel yöntemlerle ölçümleri zaman almakta ve maliyet getirmektedir.

Karmaşık yapıdaki ekosistemlerde vejetasyonu temsil eden bileşenlerin daha kolay ve az maliyetli olarak ölçülebilmesi UA yöntemleri ile mümkün olabildiğinden, bu yöntemler ekosistem verimliliği çalışmaları açısından önemli ve yaygın kullanılan araçlardır. Doğru, güncel ve periyodik bilgi akışı sağlayabilen UA tekniklerinin de entegre edildiği fiziksel tabanlı modeller yüksek doğrulukta NBÜ tahmininde kullanılabilmektedir (Zhu ve Evans, 1994).

Modelleme yaklaşımlarında vejetasyona ait zamansal ve alansal dinamiklerin tam ve doğru olarak temsil edilmesi, NBÜ, yüzey hidrolojisi, iklimsel ve karbon modelleri için gereken girdi verileri açısından çok önemlidir. Geçmişten günümüze arazi çalışmaları ve geleneksel yöntemler ile yapılan modelleme çalışmalarında, heterojen vejetasyon ve topoğrafik yapı nedeniyle elde edilen verilerin geniş alanlara uyarlanmasında yapılan çevrim hataları nedeniyle tahmin doğrulukları beklenen seviyede olamamaktaydı. Bu noktada vejetasyon bileşenlerinin tahmininde uzaktan algılanmış veriler kullanılarak, geleneksel yöntemlerin alansal ve zamansal sınırlayıcılığı ortadan kaldırılmış ve yüksek doğrulukta tahmin potansiyeli geliştirilmiştir.

Özellikle son on yılda gerçekleştirilen NBÜ'nün mevsimsel ve aylık alansal dağılımı ve değişimlerinin belirlendiği modelleme çalışmalarında, UA teknikleri ile algılanıp yorumlanabilen çok bantlı uydu görüntüleri ile PAR (Fotosentetik Aktif Radyasyon), fenoloji, YAI gibi alan örtü değişkenleri de kullanılmaktadır (Sun ve Zhu, 2001). NBÜ tahmini ile birlikte, modelleme süreçlerine dahil edilen biyokütle, YAI, ağaç kapalılık yüzdesi vb. vejetasyon bileşenleri arasındaki işlevsel ilişki ve modelleme yaklaşımlarına katkıları bir çok araştırmanın konusu olmuştur.

Vejetasyon bileşenlerinin dahil edildiği havza bazında gerçekleştirilen NBÜ modelleme çalışmalarında, karbon miktarları ve vejetasyon dağılımını tahmin eden fiziksel tabanlı modeller kullanılmaktadır. Bu model algoritmalarının girdi verisi olarak, zaman serileri ve uzaktan algılanmış veriler kullanılmakta ve verimlilik miktarlarının yersel dağılımları haritalanabilmektedir. Geçmişten günümüze kullanılan, karbon ve NBÜ dağılımının tahmin edilebildiği en önemli modeller içerisinde, NASA-CASA Modeli (Carnegie, Ames, Stanford Approach) (Potter et al. 2003a, Potter et al. 2004); BIOME-BGC (Biome BioGeochemical Cycle) modeli (Running et al. 2004), DOLY (Dynamic Global Phytogeography) modeli (Woodward et al. 1995) ve CENTURY modeli (Parton et al., 1993) ve LPJ-DGVM/GUESS (Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model) modeli (Sicht et al, 2003) yer almaktadır.

Havza bazında yapılan NBÜ modelleme çalışmalarına örnek olarak, Chiesi ve ark. (2007), BIOME-BGC modeli kullanarak İtalya'nın Tuscany Bölgesi ormanlarında tür bazında NBÜ miktarını tahmin etmişlerdir. Çalışmada, Akdeniz iklimini temsil eden Meşe ve Çam türlerine ait NBÜ miktarları modellenmiş ve modelin havza bazında uygulanabilirliği ortaya konulmuştur.

Hicke ve ark., (2002), 8-km çözünürlü uydu görüntüleri ve NASA-CASA model yaklaşımını kullanarak 1982-1998 yılları arasında Kuzey Amerika'da NBÜ değişimlerini tahmin etmiştir. NASA-CASA modeli yaklaşımı ile çalışma alanında 0.03 PgC yr-2 bir artış tahmin edilmiştir. Bu artış yaklaşık %8 olarak gerçekleşmiştir. Model girdi verileri olarak NDVI ve toprak haritalarından yararlanılmıştır. Elde edilen model sonuçları Birleşik Devletler Tarım Dairesi'nden (USDA) sağlanan

istatistiksel veriler ile karşılaştırılmış ve model tahminlerinin güvenilirliği test edilmiştir.

Potter ve ark. (1998), Brezilya Amazon Ormanlarında NASA-CASA model yaklaşımı kullanarak NBÜ tahmini yapmışlardır. Çalışmada NBÜ miktarları ile birlikte orman verimliliğinin çevresel faktörler ve nem düzeyinden etkilenme oranını da ortaya konulmuştur. Toprak, arazi örtüsü, NDVI vb. model girdi verileri CBS ortamında hazırlanmıştır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilen iklimsel veriler girdi verisi olarak kullanılmak üzere interpole edilmiş ve haritalanmıştır. Model simülasyon sonuçları alanın kuzeyinde bulutların solar radyasyonu kesmesi sonucu nem azalışı sebebiyle NBÜ'nün azaldığını göstermiştir. Herdemyeşil orman türleri için NBÜ yıllık ortalama 1.4 kgC m-2 y-1 olarak tahmin edilmiştir.

Field ve ark., (1995), çalışmalarında küresel ölçekte NBÜ tahminlerine UA veri ve tekniklerinin entegrasyonunu değerlendirmişlerdir. NBÜ modellerinde girdi verisi olarak kullanılan UA verileri ve bu verilerin NBÜ tahminlerine katkıları ortaya konulmuştur. Çalışma NBÜ konusunda uygulanan modeller ve kullanılan verilerin değerlendirilmesine yönelik bir derleme niteliğindedir. Sonuç olarak UA verilerinin NBÜ tahmini konusunda zaman ve maliyet tasarrufu sağladığı ve uygun veri seçimi ile model yaklaşımlarının yüksek doğrulukta tahminler yapabildiği belirlenmiştir.

Hansen ve ark. (2005), çalışmalarında NBÜ tahmini için yapılan modelleme çalışmalarının en önemli girdi verilerinden biri olan ağaç kapalılık yüzdesini haritalamışlardır. Çalışmada, 500 m çözünürlü MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectrometer) verilerini kullanarak küresel, kıtasal, bölgesel ve yerel ölçeklerde ağaç kapalılık yüzdesi tahmininde bulunulmuştur. Çalışmada MODIS algılayıcısından elde edilmiş tek tarihli görüntüler, 40 günlük bileşik (image composite) veriler ile çoklu zamansal metrikler kullanılmış ve uygulamada ağaç kapalılığı tahmininde daha doğru sonuç veren veri türleri belirlenmiştir. Test alanı olarak Zambia'nın batı kesimleri seçilmiştir. Bunun nedeni, Zambia'nın bu kesimlerinde herdemyeşil türlerin çeşitliliği ve Kalahari çölü kumlarının yayılımıyla topraktan algılayıcıya daha net sinyal gönderilmesi olarak belirtilmiştir. Çalışmada 30 m çözünürlü Landsat ETM+ verileri test verisi olarak kullanılmıştır. Tek tarihli

MODIS verilerinin % 1 standart hata katsayısıyla kapalılığın tahmini için en iyi sonucu verdiği saptanmıştır.

Namayanga, (2002), çalışmasında Afrika Bostwana'da Serowe bölgesinde NASA-CASA ve SEBAL model yaklaşımlarını kullanarak farklı vejetasyon türlerinde biyokütle miktarlarını hesaplamıştır. Girdi verisi olarak kullanılan NDVI haritaları Landsat ETM+ görüntüleri kullanarak hesaplanmıştır. Çalışmada biyokütle miktarının fiziksel model yaklaşımları ile hesaplanmasından elde edilen sonuçlar kabul edilebilir bulunmuştur. Hesaplanan biyokütle miktarının çalışma alanında tutulan karbon miktarlarının belirlenebilmesi için bir altlık veri olarak kullanabileceği vurgulanmıştır.

Propastin ve Kappas, (2009), uzaktan algılama, iklim ve arazi ölçüm verilerini kullanarak Kazakistan Merkez Bölgesinde yaklaşık 26.000 km^2 alanda, mera alanları için net ekosistem verimliliğini modellemişlerdir. Alanda 1 km çözünürüdeki her piksel için karbon döngüleri PAR, Işık Kullanım Etkinliği (IKE), ekosistem solunumu kullanılarak tahmin edilmiştir. PAR verisi, dünya-güneş mesafesi, solar yükseklik açısı, coğrafi pozisyon ve bulutluluk bilgilerini kullanan matematiksel model yardımı ile hesaplanmıştır. Ekosistem solunumu meteorolojik veriler yardımıyla belirlenmiştir. Modelleme sonucu elde edilen karbon tahminleri incelendiğinde bölgedeki meraların yutak özelliği taşıdığı ortaya konulmuştur. Alanda ortalama yıllık NBÜ'nün 131.30 gCm-2y-1, net ekosistem verimliliğinin 13.17 gCm-2y-1 olarak tahmin edilmiştir.

Zheng ve ark. (2004), uydu verilerinden elde edilen yansıma değerleri ile yer verilerinin çoklu regresyon analizlerini kullanarak, Wisconsin- Amerika'da alansal olarak toprak üstü biyokütle haritası ve meşcere yaş haritasını üretmişlerdir. Çalışmada, orman örtüsünü sert ve yumuşak yapılı odun olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. 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 revize 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.

Yılmaz ve ark., (2004), çalışmalarında Doğu Akdeniz Bölgesi, Seyhan Havzası'nda vejetasyon tiplerinin yükseltiye bağlı olarak dağılım ve değişimlerini ortaya koymuşlardır. Bu kapsamda havzada, *Pinus brutia* türünün 1200 m yükseltiye kadar dominant olduğu belirlenmiştir. Maki formasyonunda *Quercus coccifera*'nınen yaygın tür olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, araştırmada orman meşcere tipleri ve vejetasyon türlerinin alansal dağılımları verilmiştir. Bu çalışma, Seyhan Havzası vejetasyon türlerinin belirlenmesi konusunda rehber çalışma niteliğindedir.

Lamberty ve ark. (2005), araştırmalarında BIOME-BGC modelini tek bir simülasyonda farklı orman türlerine ait NBÜ tahmini yapabilmesi konusunda geliştirmeye çalışmışlardır. Bu amaçla model kaynak kodu çoklu hesaplama yapabilmesi için revize edilmiştir. Model kodu farklı vejetasyon tiplerine ait verileri aynı anda okuyabilecek şekilde geliştirilmiştir. Revize edilen model Manitoba, Kanada'da Populus tremuloides (kavak), Picea mariana (ladin) Pinus banksiana (çam) farklı meşcere tipleri için çalıştırılmış ve güvenilir doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir. Model çalışma süresinin 3 farklı tür için tek türe oranla yaklaşık 3 kat daha uzun olduğu gözlemlenmiştir.

Tatarinov ve Cienciala, (2006), BIOME-BGC model ile NBÜ tahmininde hangi parametrelerin daha etkin olduğunu belirlemek için hassasiyet analizi yapmışlardır. Çalışmada ortalama sıcaklık ve yağış değerlerini içeren 23 yıllık meteoroloji verisi kullanılmıştır. Model simülasyonlarında yükselti, eğim, bakı, tür, albedo ve toprak verilerinin kullanımı çeşitlendirilmiştir. Hassasiyet analizi sonucunda NBÜ tahmininde kök-yaprak karbon oranı ve bazı yaprak alanı parametrelerinin model doğruluğuna olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Ladin türleri için toplam yaprak oranı parametresinin önemli ölçüde model sonuçlarını etkilediği görülmüştür.

Clark ve ark. (2001), çalışmalarında geçmişten günümüze NBÜ tahmin çalışmaları için yapılmış modelleme ve arazi çalışmalarını incelemişlerdir. Günümüze kadar yapılan çalışmalar karşılaştırılmış ve NBÜ tahmininde kullanılabilecek yöntemler etkinlik düzeylerine göre sıralanmıştır. Bununla birlikte çalışmada NBÜ miktarı tanımlanmış, toprak üstü ve altı elemanları ve arazi ölçüm yöntemleri tartışılmıştır.

Potter ve ark. (2006), çalışmalarında ABD'de orman ekosistemleri için karbon bütçelerini hesaplamışlardır. Çalışmada uzaktan algılanmış veriler NASA-CASA modeli için girdi verisi olara kullanılmıştır. NBÜ modelleme, on farklı bölgede gerçekleştirilmiş ve bu bölgelerdeki orman ekosistemlerinin NBÜ, biyokütle ve döküntü miktarları belirlenmiştir. Elde edilen NBÜ miktarları alansal büyüklükler ile ilişkilendirilmiş ve toplam NBÜ değerleri elde edilmiştir. NBÜ bileşenlerine ait değerler toplanmış ve 0.45 biyokütle katsayısı ile çarpılarak bölgeler için toplam karbon miktarları belirlenmiştir.

Law ve ark. (2004), Amerika'nın Batı Oregon bölgesinde, iklimsel ve çevresel faktörlerin karbon stokları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu etkilerin belirlenmesinde arazi ve uzaktan algılama verileri ile süreç tabanlı BIOME-BGC modelini kullanılmıştır. BIOME model yaklaşımı ile Oregon bölgesinde karbon bütçesi belirlenmiştir. Simülasyon sonucu tüm ormanlık alanda yıllık net ekosistem verimliliğinin 88 ile 226 gCm-2 yr-1 arasında değiştiği tahmin edilmiştir. Çok yıllık simülasyonlar sonucu ürün hasadı ve yangın emisyonlarının toplam verimliliği azalttığı belirlenmiştir. Alanda toplam verimlilik 13.8 TgC olarak tahmin edilmiş ve alanın yutak özelliği taşıdığı ortaya konulmuştur. Alanda karbon stoklarındaki değişimlerde, endüstriyel ormancılığının çevresel ve iklimsel faktörlerden daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Sitch ve ark. (2003), çalışmalarında Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model (LPJ-DGVM) model yaklaşımı ile ekosistem dinamiklerinin değerlendirilmesi ve karbon tahmininin ne düzeyde yapılabileceğini araştırmışlardır. LPJ-DGVM farklı model yaklaşımlarının birleştirilmesi ile oluşturulmuş ve farklı ölçeklerde NBÜ, yüzey akışı ve evapotranspirasyon tahmini yapabilen kompleks bir yapıya sahiptir. Modelin NBÜ tahmininde kullanılan bölümü, BIOME-BGC model yaklaşımından uyarlanmıştır. Model yapısı içerisinde yüzey akışını hesaplayabilen hidrolojik modelleme bölümünde ise TOPMODEL kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında LPJ-DGVM'in yapısı ile birlikte özellikle modelin karbon tahmininde kullandığı bitki fonksiyonel tipleri (BFT) incelenmiştir. Modelin uygun iklim verileri kullanıldığında geçmiş, güncel ve gelecekteki durum için karasal ekosistemlerde NBÜ tahmini yapabildiği belirtilmiştir.

Ochi ve ark. (2000), UA ve CBS tekniklerini kullanarak Asya Kıtası'nın büyük havzalarında yer alan tarımsal alanlardaki NBÜ'yü hesaplamışlardır. Çalışmada yükselti, arazi örtüsü, NDVI ve PAR bilgileri girdi verisi olarak kullanılmış ve bitkilerin IKE baz alınarak NBÜ tahmini yapılmıştır (Eşitlik 2.1.).

$$NPP = 0.5 \int_{i=1}^{12} fPAR\ (NDVI_i) * PAR_i \quad (2.1.)$$

NBÜ tahmini ile Asya Kıtası'nda yer alan bazı büyük akarsu havzalarında 1981-1993 yılları arasındaki NBÜ değişimleri ortaya konulmuştur.

Rokhmatuloh ve ark. (2005), regresyon ağacı modelini kullandıkları çalışmalarında NBÜ modelleri için en önemli girdi verilerinden olan ağaç kapalılık yüzdesini haritalamışlardır. Çalışmada 1 km çözünürlü MODIS verileri kullanılmış, Afrika Kıtası'nın 11 farklı bölgesini temsil eden örnek alanlara ait Quickbird görüntüleri test verisi olarak kullanılmıştır. MODIS verilerinden elde edilmiş metrikler de modelin doğruluğunu artırmak için kullanılmış ve meşçere kapalılıkları haritalanmıştır.

Lu ve ark. (2004), 2002 yılına ait 1 km çözünürlü SPOT-4 verileri ile Çin'in batı kesiminde yaklaşık 4.45 milyon km² alanda, karasal ekosistemlerin NBÜ miktarını tahmin etmişlerdir. NBÜ tahmini için çalışmada Monteith Parametrik–C Fix Modelini kullanmışlardır. Bu model ile sıcaklık, solar radyasyon ve fPAR veri setini kullanılarak karbon kütle akışı tahmin edilmiştir.

Zhong ve ark. (2002), Kanada'nın orta kesimlerinde farklı eyaletlerde yer alan ormanlarda NBÜ belirlemişlerdir. Çalışmada, NBÜ tahmininde Karbon Bütçe Modeli (CBMCFS2) kullanılmıştır. Bu model, orman envanter tabanlı bir ekosistem simülasyon modelidir. Arazi verileri ve yağış eğrisini kullanarak biyokütle tahmini yapabilmektedir. Deneysel olarak, ağaç biyokütlesini açıklayan ilişkileri kullanarak organik toprak karbonu ve toprak altı-üstü döküntü (DOM-Dead Organic Matter) dinamiklerini modellemektedir. Bu kapsamda çalışmada, Kanada'nın üç eyaletinde orman verimliliği belirlenmiş ve CBMCFS2 Modeli'nin NBÜ tahminindeki performansı test edilmiştir.

Yang ve ark. (2003), Çin'inYunnan bölgesinde yer alan tropik ormanlarda biyokütle tahmini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, 30 m yersel çözünürlü LANDSAT TM görüntüsü kullanılmıştır. LANDSAT TM verisi kullanılarak vejetasyonu temsil eden BI (Bright Index), Green Vegetation Index (GVI) ve WI (Wetness Index) gibi vejetasyon indisleri hesaplanmış ve biyokütle tahmin sürecine dahil edilmiştir. Biyokütle tahmini, arazi çalışmaları ile elde edilen veriler kullanılarak örnekleme yapılan noktalar için gerçekleştirilmiştir.

Evrendilek ve ark. (2006), Doğu Akdeniz Bölgesi, Seyhan Havzası'nda yer alan herdemyeşil iğne yapraklı orman türleri için toprak üstü biyokütle, toprak üstü döküntü ve yaprak çürüme değerlerini tespit etmişlerdir. Bu türler içerisinde Kızılçam (Pinus brutia), Karaçam (Pinus nigra), Sedir (Cedrus libani), Ardıç (Juniperus excelsa) ve karışık meşcerelere (% 17 P.nigra, 28 *C. libani*, %55 *Abies cilicica*) yer almaktadır. Çalışmada, her bir tür için belirlenmiş alanlara kurulan kapanlardan elde edilen döküntü miktarları laboratuvar ortamında incelenmiş ve tür döküntülerinde depolanan karbon miktarları belirlenmiştir. Elde edilen değerler orman ekosistemlerinin değişimi ve karbon stoklarının tahmini için bölgesel ölçeğe çevrilmiştir. Çalışma sonucu, 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 en yüksek türün Kızılçam en düşük türün ise Sedir olduğu belirlenmiştir.

White ve ark., (2000), günümüzde meşcere bazında NBÜ tahmininde kullanılan yaygın olarak kullanılan BIOME-BGC modelinin parametrizasyonu ve hassasiyet analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, ekosistem simülasyon modelleri ile BIOME-BGC model hesaplamalarında kullanılan parametreler incelenmiş ve bu parametrelerin vejetasyonun dinamik yapılarını hangi düzeyde temsil ettiği araştırılmıştır. Bu kapsamda, karbon ve nitrojen oranları, bitki materyalinin alandaki yüzdesi, lignin miktarı, yaprak morfolojisi, selüloz, ışık azlığı ve kanopi su azlığı bilgilerini içeren model parametreleri gruplara ayrılmıştır. Bu gruplar baz alınarak BIOME-BGC modeli farklı alanlar için farklı sayılarda koşturulmuş ve en fazla doğruluk sağlayan parametre değerleri belirlenmiştir. Özellikle vejetasyon-atmosfer etkileşiminin belirlenebilmesi için çeşitli faktöriyel

analizler kullanılmış ve model doğruluğunu en fazla etkileyen parametreler belirlenmiştir. Çalışmada yapılan hassasiyet analizleri ile tüm vejetasyon tiplerinin karbon – nitrojen oranından etkilendiği ortaya konulmuştur. Özellikle odunlu türlerin yaprak alanı ve maksimum stoma çapından etkilendiği belirlenmiştir. Yapılan hassasiyet analizleri ile model için en önemli girdi verisi olan Bitki Fonksiyonel Tipleri (BFT) belirlenmiş ve farklı vejetasyon tipleri için uygun hale getirilmiştir.

2.2. Hidrolojik Modelleme Konusunda Yapılan Çalışmalar

Hidroloji bilimi, suyun oluşumunu, dolanımını, dağılımını, devinimini, zamansal ve yersel değişimini, çevre ve insanlarla ilişkisini ortaya koyan bir bilim dalıdır. Yeryüzündeki yaşam için en önemli öğe olan ve üretilemeyen suyun nitelik ve niceliğinin iyi araştırılması ve incelenmesi gerekir. Suyun sürdürülebilir yönetimi, ekonomik, sosyal, çevresel ve kültürel bileşenlerin birlikte ve uyum içerisinde değerlendirilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle özellikle bölgesel ölçekte hidrolojik bileşenler, ekolojik ve ekonomik açıdan büyük öneme sahiptir.

Ülkemiz sahip olduğu ekosistem potansiyeli ile birlikte su kaynaklarının kısıtlı olduğu bir bölgedir ve bu şartlarda kalkınma çabasını sürdürmektedir. 20. yüzyılın ikinci yarısında, ülkemizin su kaynaklarını geliştirmek için özellikle geleneksel yöntemler ile çalışmalar yapılmış fakat bu kapsamda su kaynakları potansiyelinin ancak yarısına yakını değerlendirilebilmiştir.

Küresel ölçekte iklim değişikliğinin etkileri ile birlikte, suyun stratejik öneminin arttığı günümüzde hidrolojik bileşenlerin dağılımı, miktarı ve potansiyelinin belirlenebilmesi için geleneksel yöntemler ile birlikte modelleme çalışmaları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Hidrolojik modelleme çalışmaları içerisinde, özellikle 1960'lı yılların sonuna doğru su varlığı ve dağılımının belirlenmesi için çeşitli bilgisayar modelleri gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda son on yılda özellikle Avrupa'da yapılan hidrolojik modelleme çalışmaları göze çarpmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında, hidrolojik bileşenlerin tahmin edilmesinde, birleştirilmiş, düzenlenmiş ya da yarı düzenlenmiş süreç tabanlı modeller yaygın olarak kullanılan uygulamalar

arasındadır. Geçmişten günümüze kullanılan hidrolojik modeller içerisinde; Thornthwaite su denge modeli (Thornthwaite, 1948), HYMOD (Moore, 1985), J2000 (Krause, 2001), ASIM-ETH (Schulla ve Jasper, 1999), Yağış Akış Modelleme Sistemi (Precipitation – Runoff Modelling System - PRMS) (Leavesley et al., 1983) ve SNOW17 (Anderson, 1973) modelleri yer almaktadır.

Avrupa'da yapılan modelleme çalışmalarına örnek olarak Krause ve Hanisch (2009), Almanya'nın Thüringen Eyaletinde havza bazında hidrolojik modelleme uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, öngörülen iklim değişikliğinin havza bazında hidrolojik bileşenler ve su dengesine etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada hidrolojik bileşenlerin tahmin edilmesi için J2000 hidrolojik modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. J2000 modelinden elde edilen sonuçlara göre, yakın gelecekte özellikle kış aylarında dağlık bölgeler için yüzey akış miktarlarında bir artış olacağı tahmin edilmiştir. Bununla birlikte yaz ve sonbahar aylarında iklim değişikliği altında sıcaklık artışına bağlı olarak yağış miktarının azalacağı ve evapotranpirasyonun artacağı, bunun bir etkisi olarak yüzey akışı miktarlarının azalacağı öngörülmüştür.

Koudmani, (2004), çalışmasında hidrolojik bileşenlerin hesaplanmasında uzaktan algılama tekniklerinin katkısını irdelemiştir. Çalışma, hidrolojik bileşenlerin tanımı ve hangi yöntemlerle hesaplandığına dair kavramsal bir araştırma niteliğindedir. Bu kapsamda çalışmada uzaktan algılanmış verilerin hidrolojik modelleme süreçlerine hangi düzeyde dahil olduğu değerlendirilmiştir.

Schaper ve Seidel, (2000), kar erimesi ile oluşan yüzey akışı miktarını uzaktan algılanmış verileri kullanarak modellemiştir. Çalışmada yüzey akışı simülasyonları İsviçre'de 3 farklı havzada gerçekleştirilmiştir. 30 m yersel çözünürlü Landsat ETM görüntüleri sınıflanarak çalışma alanındaki kar örtüsü haritalanmıştır. CBS ortamında gerçekleştirilen interpolasyon işlemleri ile meterolojik veriler de haritalanmıştır. Haritalanan veriler SRM+G deterministik model yaklaşımına dahil edilmiş ve kar erime miktarları sıcaklığın bir fonksiyonu olarak tahmin edilmiştir. Modelleme sonuçları incelendiğinde çalışma alanında yüzey akışı, Nisan ve Mayıs aylarında kar erime miktarına bağlı olarak arttığı görülmektedir.

Hidrolojik bileşenlerin modellenmesinde özellikle bölgesel ölçekli çalışmalarda farklı istatistiksel model yaklaşımları kullanılmaktadır. Çeşitli fiziksel tabanlı modelleme tekniklerinin yanında YSA yöntemleri, son yıllarda yüzey akışı tahmininde yaygın olarak kullanılmaktadır. YSA yöntemleri fiziksel süreçlerden bağımsız çalışan ve temel olarak insan beyninin tanıma ve öğrenme yeteneklerini taklit eden süreçlerdir. Geçmişten günümüze yapılan tahmin çalışmaları incelendiğinde YSA yöntemleri yağış-akış modellemesi (Hsu ve ark., 1995; Shamseldin, 1997; Anctil ve Tape, 2004; Cığızoğlu ve Alp, 2004; Antar ve ark., 2006), akım tahmini (Kişi, 2004; Singh ve Deo, 2007) ve hazne giriş akımlarının tahmini (Jain ve ark., 1999) gibi konularda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Birinci ve Önöz, (2010), çalışmalarında akış verileri tahmininde ARIMA, Çok Değişkenli Doğrusal Regresyon (ÇDDR) ve İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA (İBGY) Tekniklerini karşılaştırmışlardır. Yapılan akım tahminlerinde ARIMA modelinin diğer modellere göre daha yüksek doğrulukta sonuç ürettiği saptanmıştır. İBGY YSA modelinde deneme sayısı arttıkça kullanılan bilgisayarın performansı düşmekte, bu da yüksek maliyetli donanım gerektirmektedir. ARIMA modelinde ise ihtiyaç duyulan girdi verileri sınırlı olduğundan işlem performansının diğer modellere oranla yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

Tezcan ve ark. (2007), çalışmalarında Doğu Akdeniz Bölgesi Seyhan Havzası'nda iklim değişikliğinin etkisi altında su kaynakları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Hidrolojik modelleme çalışması güncel durum ve 2070 yılı için yapılmıştır. Çalışmada CBS ortamında hazırlanmış veriler MIKE-SHE modeline entegre edilerek havza bazında yüzey akışı ve ET tahmin edilmiştir. Havza bazında yer altı suyu tahmini MOD-FLOW hidrolojik modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Model sonuçları incelendiğinde güncel durumdan 2070 yılına kadar ET miktarlarında %16.9, nehir akışlarında %37.5 azalma olabileceği tahmin edilmiştir.

Tanaka ve ark. (2007), çalışmalarında Türkiye'de havza bazında su bütçesini hesaplamışlardır. Çalışma alanı olarak Doğu Akdeniz Bölgesi Seyhan Havzası seçilmiştir. Çalışmada 20 m çözünürlü SPOT görüntüleri, akım gözlem istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Geleceğe yönelik iklim verileri Genel Döngü Modeli (General Circulation Model-GCM) kullanılarak ölçek küçültme

yöntemiyle elde edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, güncel durum yüzey akışı 281 mm, A0 iklim senaryosuna göre 2070 yılında 168.9 mm, A1 senaryosuna göre ise 168.1 olarak tahmin edilmiştir. ET miktarı ise güncel durum için 411.3 mm, A0 iklim senaryosuna göre 373.9 mm ve A1 senaryosuna göre 365.4 mm tahmin edilmiştir.

Xiaoming ve ark., (2007), Çin'in Loess Platosu'nda 2 iki farklı alt havzada arazi örtüsü ve alan kullanım değişimlerinin hidrolojik bileşenleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, Tianshui Toprak ve Su Koruma Bürosu'ndan elde edilmiş hidrolojik ölçüm verileri, arazi örtüsü haritaları ile ilişkilendirilmiştir. Arazi örtüsü haritaları 1985, 1995 ve 2004 tarihli Landsat görüntüleri ve 1/10000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanarak üretilmiştir. Arazi örtüsünde sınıf bazında meydana gelen değişimler, yağış ve yüzey akışında meydana gelen değişimler ile ilişkilendirilmiş ve arazi örtüsü/alan kullanımlarındaki değişimlerin hidrolojik süreçlere etkileri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Krause, (2002), çalışmasında J2000 modeli ve uzaktan algılama verileri kullanarak arazi kullanım değişimlerinin büyük havzalarda su bütçesine etkilerini ortaya koymuştur. Çalışmada Krause, FSU-Jena, Jeoinformatik Bölümü araştırıcıları ile birlikte geliştirdiği J2000 hidrolojik modelini tanıtmış ve dağlık bir alt havzada test etmiştir. Çalışmada hidrolojik model Almanya'da Mulde havzasına uygulanmıştır. Modelleme sürecinde çalışma alanı için Hidrolojik Tepki Üniteleri (Hydrological Response Units-HRU) oluşturulmuş ve alan her bir HRU bazında modellenmiştir. Bu şekilde alanın karmaşık yapısı hidrolojik birimlere ayrılmış ve modellemenin daha yüksek doğrulukta yapılabilmesine katkı sağlanmıştır. Çalışmada insan etkilerinin olmadığı ve olduğu varsayılan iki farklı senaryoya göre model uygulanmış ve yüzey akışı bileşenleri ve toprak suyu tahmin edilmiştir. Model sonuçları değerlendirildiğinde J2000 modelinin, özellikle yükselti farkları fazla olan dağlık havzalarda başarılı sonuçlar verebileceği gözlemlenmiştir.

Tobin ve Bennett, (2009), Güney Teksas/ABD'de Rio Grande ve Middle Nueces havzalarında Soil-Water Assesment Tool (SWAT) modeli kullanarak yüzey akışını modellemişlerdir. Çalışmada, uydudan elde edilmiş yağış verileri kullanılmıştır. Çalışmanın amacı farklı kaynaklardan elde edilmiş yağış verilerinin yüzey akışı tahmininde kullanım potansiyellerinin belirlenmesidir. Bu amaçla SWAT

model, Amerikan Ulusal Meteoroloji Servisi akım gözlem istasyonları ve radarlardan (Next Generation Weather Radar (NEXRAD) ve Tropical Rainfall Measurement Mission (TRMM)) elde edilen yağış verileri kullanılarak çalıştırılmıştır. Çalışmada yapılan simülasyonlada NEXRAD verilerinin kullanımı ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, yüzey akışına ait gözlem ve model tahmin verilerinin kabul edilebilir bir korelasyona sahip olduğu gözlemlenmiştir. TRMM yağış verileri ile elde edilen modelleme sonuçlarının ise alanın bazı bölümlerine göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışma uydu tabanlı yağış verileri kullanılarak gerçekleştirilen ilk modelleme çalışması olarak literatürde yer almıştır.

2.2.1. Yeraltı Suyu Tahmini ve Modelleme Çalışmaları

Hidrolojik bileşenler içerisinde yeraltı suyunun önemi giderek artmaktadır. Bunun nedeni yeraltı sularının, yüzey sularına göre daha az arıtılarak kullanılabilmesidir. Kullanılabilir yüzey suyu kaynaklarının kirlenmesi ya da kısmen azalması da yeraltı suyuna talep artmıştır. Bu bağlamda yeraltı suyu kaynaklarının yönetimi ve çeşitli etkenler sonucunda baskı altında kalan yeraltı suyu sistemlerinin geleceğe yönelik tahminlerin yapılması önem kazanmaktadır. Bu etkenler arasında özellikle iklim değişikliğinin yeraltı suyu sistemlerine olan etkilerinin araştırılmasında da matematiksel modellerin çok önemli bir yeri vardır. Sahip oldukları öneme rağmen, yüzey sularına kıyasla yer altı suları ile ilgili daha az araştırma yapılmaktadır. Bu olgu yer altı suları ile ilgili yapılan modelleme çalışmalarının değeri ve önemini artırmaktadır.

Elçi ve Fıstıkoğlu, (2010), çalışmalarında IPCC-AR4 iklim değişikliği değerlendirme raporunda verilen A1B iklim değişikliği senaryosu altında İzmir-Tahtalı havzasındaki yeraltı suyu seviye ve akımlarındaki değişimlerin bir nümerik yeraltı suyu akım modeli ile ileriye dönük tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla, HadCM3 küresel iklim modeli sonuçları YSA yöntemiyle havza ölçeğine indirgenmiş ve elde edilen yağış ve sıcaklık değişimleri kullanılarak gelecekte oluşması beklenen yeraltı suyu beslenim değerleri parametrik bir yağış-akış modeli ile hesaplanmıştır. Modelleme sonuçlarına göre havzadaki yeraltı suyu beslenimin

33,21 mm'den 31,6 mm'ye düşeceği belirlenmiştir. Beslenimdeki bu azalma nedeniyle çalışma sahasının tamamında yeraltı su seviyelerinin düşeceği hesaplanmıştır. Modelin su bütçesi sonuçlarına göre 2050 senaryosunda yeraltı suyu beslenimi %4,8 oranında azalacaktır. Pınarların debilerinde %5,2 oranında düşme görülürken, derelerle akifer arasındaki net akım yönünün değişeceği ve derelerin akiferi besleyeceği gözlemlenmiştir.

Döll ve ark., (2002), çalışmalarında yer altı suyu boşalımını global ölçekte modellemişlerdir. Yer altı suyu tahmini, global bir su modeli olan WaterGAP2 kullanılarak yapılmıştır. Simülasyonda 0.5^0 yersel çözünür kullanılmıştır. Model kalibrasyonu dünya genelinde 724 drenaj havzasından alınan veriler ile gerçekleştirilmiştir. Yer altı suyu boşalımı toplam yüzey akışının bir parçası olarak topoğrafya, toprak ve jeoloji bilgileri kullanılarak yapılmıştır. Model sonuçlarına göre 1961-1990 yılları arası dünya genelinde ortalama yer altı suyu boşalım miktarı 14.000 km^3 olarak tahmin edilmiştir. Bu miktarın toplam yüzey akışı miktarına oranının %36 olduğu saptanmıştır.

Cherkauer, (2004), hidrolojik modelleme uygulamasında PRMS modelleme yaklaşımını kullanarak 7 farklı nehir havzasında yüzey akışı ve yeraltı su depolama miktarlarını tahmin etmiştir. Modelde kullanılan girdi verileri uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak elde edilmiş ve modelleme uygulaması 7 farklı havza içerisinde bulunan ve ortalama 40 km^2 büyüklüğündeki 63 alt havza için gerçekleştirilmiştir. Tüm çalışma alanı için ortalama yer altı suyu depolama miktarı 11 cm/y olarak ölçülmüş ve bölgedeki jeoloji ve toprak yapısının bu miktara etkileri ortaya konulmuştur.

2.3. NBÜ ve Hidrolojik Modelleme Yaklaşımlarının Bütünleştirildiği Çalışmalar

Ekosistem bileşenlerinin belirlenebilmesi için geçmişten günümüze yapılan modelleme çalışmalarında vejetasyon ve hidrolojik bileşenleri temsil eden farklı özel model yaklaşımları kullanılmaktadır. Orman ekosistemlerinin hidrolojik bileşenler ve yüzey akışı üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi karmaşık bir işlemdir. Bu karmaşık yapının çözümlenebilmesi için ekosistem bileşenini temsil eden özgün

model yaklaşımının o bileşenin tahmininde kullanılması ile birlikte, ekosistem etkileşimlerinin belirlenebilmesi için farklı yaklaşımlar da denenmektedir. Son on yılda ABD ve Avrupa'da farklı havzalarda bölgesel ölçekte ekosistem bileşenlerinin tahmininde kullanılan modellerin birleştirilmesi ile gerçekleştirilen modelleme çalışmaları göze çarpmaktadır.

Beckers ve ark., (2009a), çalışmasında ekosistem bileşenlerini bir arada kullanan model yaklaşımlarının uygulanması aşamasında uygun model seçim kriterlerini araştırmışlardır. Çalışmada, orman yönetiminin havza ölçeğinde hidrolojik süreçlere etkilerinin belirlenebilesi için Alberta/Kolombiya'da uygulanan model yaklaşımları değerlendirilmiş ve genel bir derleme yapılmıştır. Bu kapsamda geçmişten günümüze kullanılan model yaklaşımları incelenmiş ve bu yaklaşımların ekosistem içerisindeki etkileşimlerin belirlenmesinde olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konulmuştur. Çalışma alanının büyüklüğü ve kullanılan zaman serisi model seçimlerinde en önemli kriterler olduğu vurgulanmıştır. Bununla birlikte model yaklaşımlarının iklim değişikliği senaryolarına adapte edilebilirliği ve öngörülen arazi kullanım değişimlerini simüle edebilme potansiyelinin önemli olduğu vurgulanmıştır. Birleştirilmiş bir ekosistem modeli içerisinde modellerin birbirlerinden bağımsız çalıştığı ve bileşen hesaplamalarını ayrı ayrı gerçekleştirdiği ortaya konulmuştur. Çalışmada birleştirilmiş model yaklaşımları için ihtiyaç duydukları veri setlerine göre karmaşıklık düzeyleri oluşturulmuş ve model yaklaşımları bu bağlamda düşükten yüksek karmaşıklığa doğru gruplandırılmıştır. Yüksek karmaşık model yapılarının saatlik meteorolojik verilere, düşük model yapılarının ise aylık iklim verileri ile çalışabildiği vurgulanmıştır. Bu kapsamda çalışmada, ekosistem bileşen tahmininde kullanılabilecek modellerin avantaj ve dezavantajları da sıralanmıştır.

Beckers ve ark. (2009b), bir önceki derlemelerinin devamı niteliğinde olan çalışmalarında vejetasyonun hidrolojik bileşenler üzerindeki etkilerinin tahmininde kullanılan model yaklaşımlarının iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesi için ne düzeyde revize edilmesi gerektiğini araştırmışlardır. Bu kapsamda düşük karmaşık yapıdaki BROOK90, ForWaDy, UBCWM modelleri ile yüksek karmaşıklık düzeyindeki Regional Hydro-Ecologic Simulation System (RHESSys), WaSIM-ETH

ve CRHM modellerinde kullanılan parametreler değerlendirilmiştir. Parametre değerlendirme aşamasında, iklim değişikliğinin etkileri altında sıcaklığa bağlı olarak kar varlığının azalacağı, erime hızının artacağı, vejetasyon kompozisyonunun ise azalacağı öngörülmüştür. İklimsel değişimin etkilerinin modellenmesinde model yaklaşımlarda YAI parametresinin model hesaplamaları içerisinde ön plana çıkarılması gerektiği vurgulanmıştır. Alberta/Kolombiya'da yapılan modelleme uygulamaları değerlendirildiğinde, uygulanan model yaklaşımları içerisinde fonksiyonellik bakımından en uygun modelin RHESSys olduğu belirlenmiştir. Mevcut durumda, yeni bir model yaklaşımının geliştirilmesi ve literatüre kazandırılmasının gerekli olmadığı görüşü vurgulanmıştır. Bu kapsamda, mevcut model yaklaşımlarının düzenlenmesi ve adaptasyonu ile ekosistem bileşenleri üzerindeki iklim değişikliği etkilerinin yüksek doğrulukta belirlenebileceği belirtilmiştir.

Zierl ve ark., (2007), çalışmalarında eko-hidroloji modeli olan RHESSys'in su ve karbon miktarlarını modelleme kapasitesi ve uygunluğunu değerlendirmişlerdir. RHESSys modeli hidrolojik bileşenlerin tahmininde TOPMODEL, NBÜ tahmininde BIOME-BGC modeli kullanan birleştirilmiş bir eko-hidroloji modelidir. Model ile İsviçre Alp'lerinde büyüklükleri 13-75 km^2 arasında değişen 15 farklı çalışma alanına uygulanmış ve çalışma alanları için günlük yüzey akışı, NBÜ ve net ekosistem verimliliği tahminleri yapılmıştır. Bu alanlar için model sonuçlarının determinasyon katsayısı (r^2) ve kök ortalama kare hataları (Root Mean Square Error-RMSE) karşılaştırılmıştır. Model doğruluk kriterlerinden r^2, gözlem verisi ile simülasyon verilerinin varyansının yüzdesini ifade etmektedir. RMSE, gözlem verisi ile simülasyon verileri arasındaki toplam farkı göstermektedir. Model sonuçlarına göre, günlük simülasyonlar için determinasyon katsayısının çalışma alanları genelinde 0.69 ile 0.93 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Aylık simülasyonlarda ise r^2, 0.82-0.92 değerleri ile daha yüksek doğrulukla sonuç ürettiği ortaya konulmuştur. Günlük akış tahminlerinde RMSE, 1-8 mm arasında değişmektedir. Aylık bazda ise akış verileri için RMSE, 5-77 m arasında değişmektedir. Çalışmada, RHESSys birleştirilmiş model yaklaşımının, karmaşık ekosistemlerin modellenmesinde kullanımının uygun olduğu ispatlanmıştır. Bu

kapsamda modelin dağlık havzaların hidrolojisi ve karbon döngüleri hakkında küresel ve global ölçekte yüksek doğrulukta tahmin yapabileceği ortaya konulmuştur.

Hwang ve ark., (2008), çalışmalarında Asya Kıtasının doğusunda yer alan Gwangneung Ormanı dağlık bölgelerinde kuraklığın Moderate Resolution Imaging Radiometer (MODIS) Brüt Birincil Üretim (BBÜ) verilerinin kuraklık etkisini ölçebilme kapasitesini incelemişlerdir. Bu amaçla, RHESSys hidro-ekolojik modeli revize edilmiş ve model sonuçları MODIS ürünleri ile karşılaştırılmıştır. Gwangneung Bölgesi, Kore'nin merkez-batı bölümünde tipik sıcak-soğuk geniş yapraklı ormanların bulunduğu zonda yer almaktadır. Alan 15,8 km^2'lik bir alanı kaplamakta ve yükselti 58 ile 619 m arasında değişmektedir. Arazide yapılan YAI değerleri, NBÜ ile ilişkili olduğundan modelin bir parametresi olarak kullanılmış ve YAI'nin yersel dağılımı Landsat ETM görüntülerinin yaz ve kış ayları için sınıflanmış görüntülerle ilişkilendirilerek oluşturulmuştur. Uzun dönem model simülasyonları 2001 yılında kuraklık olduğunu ortaya koymuştur. Fakat MODIS ürünlerinin 2001 yılında bu kuraklığı net olarak ortaya koyamadığı belirlenmiştir. MODIS ürünlerinin özellikle kurak sezonda karbon miktarını normal seviyeden fazla hesapladığı görülmüştür.

Qinxue ve ark., (2005), çalışmalarında Kuzey Çin Ovası'nda tarım alanlarındaki karbon ve su döngülerini modellemişlerdir. Çalışma alanında su döngüleri, karbon ve döküntü bileşenlerinin hesaplanabilmesi için BIOME-BGC model yaklaşımı kullanılmıştır. Geçmişten günümüze yapılan modelleme çalışmaları incelendiğinde, BIOME-BGC modelinin orman, mera ve çalı yayılımının bulunduğu doğal ekosistemlerinin simülasyonlarında etkin sonuçlar verdiği vurgulanmıştır. Modelleme sürecinde 2002 yılı için çalışma alanına ait iklim, vejetasyon, karbon ölçüm ve toprak tekstürüne ait gözlem verileri, modelin eko-fizyolojik parametrelerinin hazırlanması için kullanılmıştır. Çalışma alanındaki doğal süreçlere insan etkilerinin belirlenebilmesi için iki farklı senaryo uygulanmıştır. İlk senaryoda bölge ölçeğinde karbon potansiyeline her hangi bir insan etkisi olmadığı doğal süreçler modellenmiştir. İkinci senaryoda ise bölgesel karbon miktarı hesaplanırken

insan etkileri de göz önüne alınmıştır. İki farklı senaryo için model sonuçları Çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2.1. Ürün bazında model Sonuçları (Qinxue ve ark., 2005).

Ürün Tipi	**Senaryo**	**NBÜ** ***(kgCm-2y-1)***	**NEV** ***(kgCm-2y-1)***	**R_h** ***(kgCm-2y-1)***
Buğday	1	0.449	0.334	0.115
	2	0.321	0.171	0.150
Mısır	1	0.640	0.959	0.255
	2	0.470	0.734	0.227

Çalışmada karbon bileşenleri ile birlikte çalışma alanı için ET miktarları da hesaplanmıştır. Buğday için 0.84, mısır için 0.93 r^2 değerleri ile ET miktarları modellenmiştir. Model sonuçları değerlendirildiğinde, BIOME-BGC modelinin farklı senaryolar altında dağlık orman ekosistemleri ile birlikte tarımsal alanlardaki döngülerin hesaplanabilmesinde de etkin sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tague ve Band, (2004), RHESSys bölgesel hidro-ekolojik simülasyon modelinin kullandığı parametreler ve modelleme süreci hakkında değerlendirmeler yapmışlardır. Çalışmada, RHESSys modelinin oluşturulmasında kullanılan TOPMODEL hidrolojik modeli ve BIOME-BGC NBÜ tahmin modeli farklı model yaklaşımları ile karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda CENTURY modeli ile karşılaştırılan BIOME-BGC modelinin bölgesel ölçekli NBÜ tahmin çalışmalarında daha doğru sonuçlar verdiği vurgulanmıştır. TOPMODEL hidrolojik model yaklaşımının ise diğer hidrolojik modellere kıyasla düşük karmaşık yapıda olduğu ortaya konulmuştur.

3. MATERYAL VE METOD

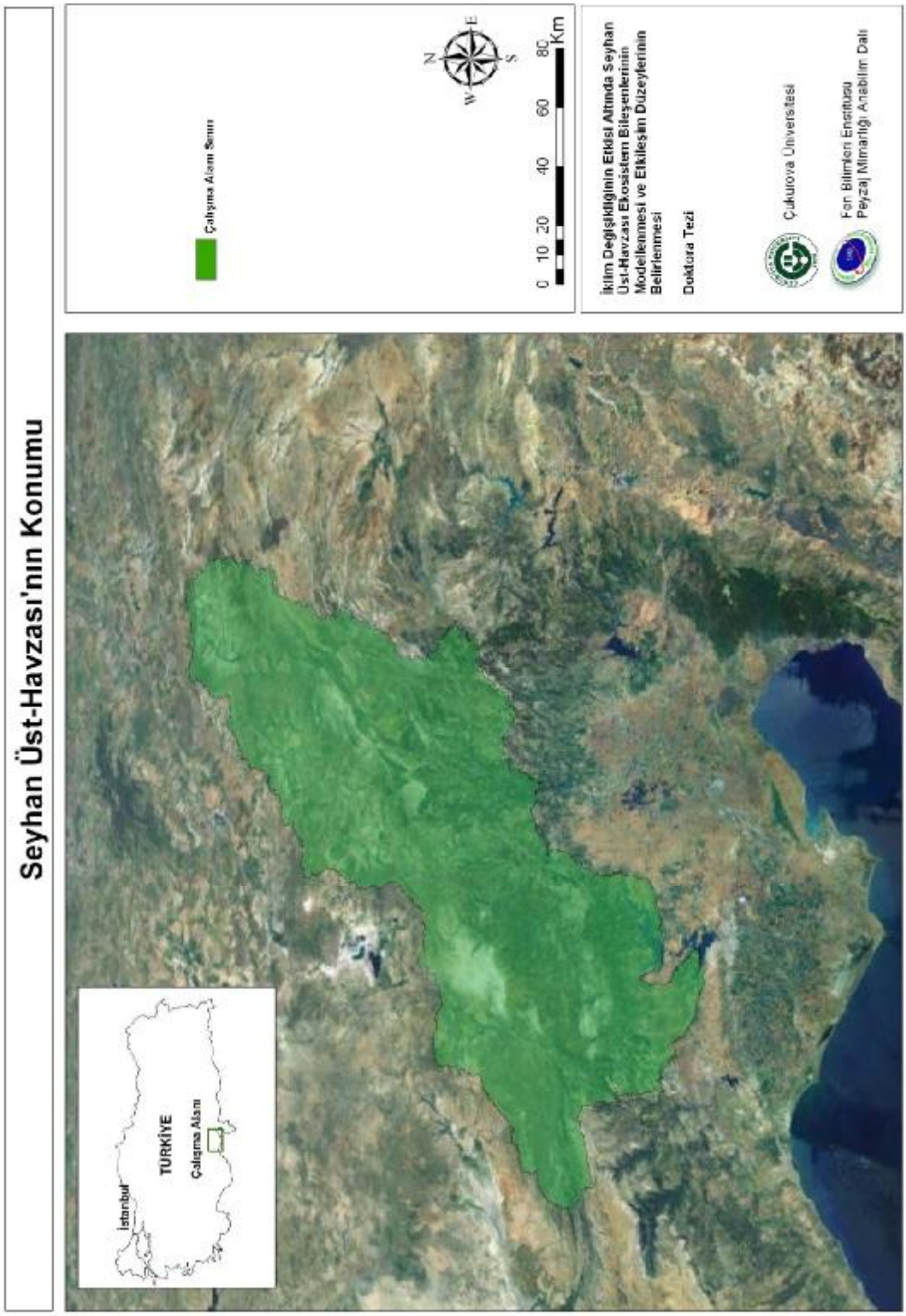
3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Konumu ve Yapısı

Hidrolojik bileşenler ve orman verimliliğinin tahmin edileceği çalışma alanı olan Seyhan Nehri Üst-Havzası, Doğu Akdeniz Bölgesinde, Adana ilinin Kuzey kesiminde UTM (Universe Transverse Mercator) koordinat sistemine göre 36. zonda yer almaktadır.

Seyhan Nehri Akdeniz'e dökülen akarsularımızın en büyüğü ve uzunudur. Uzunluğu 560 km'dir. Seyhan Havzası, Göksu ve Zamantı kollarının su toplama havzalarını da içine alır. Havza, ülkemizin % 2.7'ini kaplar ve 36° 33'-39° 12' kuzey ile 34° 24 '-36° 56' doğu enlem ve boylamları arasındadır (Altan ve ark., 2004). Özellikle sınırları içerisinde barındırdığı bitki türlerinin çeşitliliği bakımından oldukça zengin olan Seyhan Havzası, Toros Dağlarının yamaçlarından, Akdeniz'e kadar verimli tarım topraklarının bulunduğu alana, Doğuda Ceyhan Havzası, Batıda Berdan Nehri, Kuzeyde Kayseri sınırları içinde bulunan Develi'ye kadar uzanmakta ve tüm havza yaklaşık 21.000 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır (Berberoğlu ve ark. 2007b). Çalışmada hidrolojik bileşenler ve orman verimliliğinin tahmini Seyhan Havzası'nın üst kesiminde 18.984 km^2'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).

Seyhan Havzasında yoğun olarak, iğne yapraklı herdemyeşil ormanlar bulunmaktadır. İğne yapraklı ormanların yanısıra havzada, geniş yapraklı yaprak döken türler (kayın, meşe) küçük meşcereler halinde bulunur. Bölgedeki baskın orman örtüsü tipleri, karaçam *(Pinus nigra),* lübnan sediri *(Cedrus libani),* ardıç *(Juniperus excelsa*), kızılçam *(Pinus brutia)* ve karışık meşcere tipleridir (göknar – *Abies cilicia*, sedir ve karaçam) (Şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5) (Davis, 1965; Altan ve ark., 2007).



Şekil 3.1. Seyhan Üst-Havzası'nın Konumu.



Şekil 3.2. Seyhan Üst-Havzası karaçam *(Pinus nigra)* meşceresinden bir görünüş



Şekil 3.3. Seyhan Üst-Havzası Sedir *(Cedrus libani)* meşceresinden bir görünüş



Şekil 3.4. Seyhan Üst-Havzası Ardıç *(Juniperus excelsa)* meşceresinden bir görünüş



Şekil 3.5. Seyhan Üst-Havzası Kızılçam *(Pinus brutia)* meşceresinden bir görünüş

Akdeniz kıyı şeridinden başlayıp İç Anadolu'ya kadar uzanan Seyhan Havzası, sınırları içerisinde iklim yönünden farklı özellikler gösterir. Çukurova ve Toros Dağları eşik alanlarında yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bu bölge kurak-az verimli, 3. dereceden mezotermal, su fazlası iklim tipine girer. Ulukışla'dan Pınarbaşı'na ve daha kuzeye uzanan kesim iç Anadolu özelliklerini yansıtmaktadır (Akman, 1990).

Yıl içerisinde Çukurova ve Torosların eteklerine 600–800 mm; Ulukışla, Çiftehan, Pınarbaşı, Sarız ve Tufanbeyli merkezlerini kapsayan kurak kesime ise 350–500 mm arasında yağış düşmektedir. En yağışlı kesim yüksek orta bölümdür. Aladağları da içine alan bu orta bölümde, dağların sırt doruklarında yağış 1500 mm'ye yaklaşmaktadır. Daha aşağı kesimlerde 800–1000 mm'dir. Yağış Çukurova'da yağmur, orta ve kuzey bölümünde ise yağmur ve kar şeklindedir (Güzelmansur ve ark., 2007). Yağmur ve kar sularından yüzey akışına karışan su potansiyeli, ilkbahar ve kış yağışları büyük su yapılarında tutulmakta; tutulan bu su, tarım alanlarının sulanması ve enerji üretimi için kullanılmaktadır (ICCAP, 2007a, 2007b).

Havzada yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C'nin üzerindedir. Adana merkezine göre en soğuk ay (ocak) ortalaması 9.4 °C, en sıcak ay (ağustos) 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'den daha düşüktür (Altan ve ark., 2007; Dönmez, 2008).

Seyhan Havzası topoğrafik yapı bakımından değişken bir yapıya sahiptir. Havza, deniz seviyesinden başlayarak topoğrafik olarak, ova, eşik alanlar ve dağlık alanlar biçiminde bir dizilim gösterir. Eşik alanlardan kuzeye doğru çıkıldığında yerini dağlık alanlara bırakmaktadır (Dönmez, 2008). Söz konusu dağlık alanlar, Toros Dağları'nın orta uzantısında yer alan ve Seyhan Havzası'nın üst kesimini oluşturan Aladağlar'dır. Bu dağ sırası 40 km'ye yakın bir uzunluk üzerinde 3000 m'den yüksek bir set oluşturmakta ve toplam uzunluğu 100 km'ye ulaşmaktadır (Uzun ve ark. 2000). Seyhan Havzasında tür çeşitliliğinin fazla olduğu orman

alanları, Üst havza eşik alandan başlamakta, Toroslar ve Aladağlar'ın sub-alpin zonlarına kadar devam etmektedir.

Seyhan Nehri Üst-Havzası, özellikle sahip olduğu uygun iklimsel özellikler ve antropojenik etkilerin (tarım, yerleşim vb.) fazla olması ve vejetasyon miktarının zamansal değişkenlik göstermesi sebebiyle NBÜ tahmini için uygun bir çalışma alanıdır. Bununla birlikte, Seyhan Nehri Üst Havzası, Türkiye'nin en önemli tarım üretim sahalarından biridir. Havzanın sahip olduğu tür çeşitliliğinin yanında tarımsal üretim potansiyelinin de fazla olması, bölgedeki su kaynakları ve potansiyelinin önemini daha da artırmakla birlikte hidrolojik modelleme çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

3.1.2. Yersel Veriler ve Zaman Serisi Verilerinin Genel Özellikleri

Çalışmada Seyhan Üst Havzası hidrolojik bileşenler ve orman verimliliğinin modellenmesi için yersel ve zaman serisi verilerden oluşan geniş bir veri seti kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yersel veri setini uzaktan algılanmış veriler ve orman meşcere haritaları oluşturmaktadır. Zaman serisi verileri ise akım gözlem ve kar ölçüm değerleri ile meteorolojik veriler oluşmaktadır.

3.1.2.1. Yersel Verilerin Özellikleri

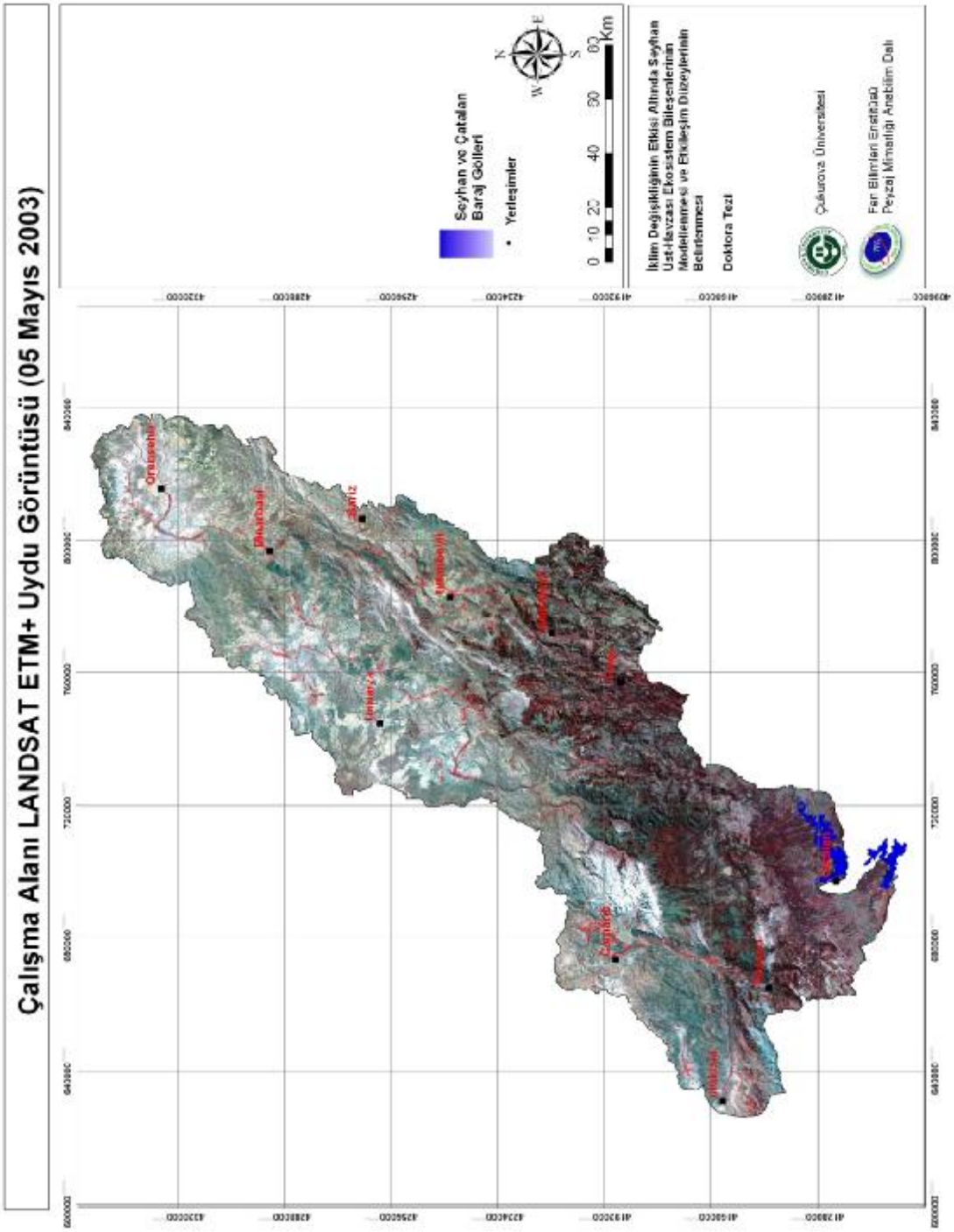
3.2.1.1.(1). LANDSAT ETM+ Uydu Görüntüsü

LANDSAT-7 ETM+ uydusu, deniz seviyesinden 705 km yüksekliktedir ve tarama genişliği, 185 km'dir. LANDSAT-7 uydusuna ait bilgiler Çizelge 3.1'de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Landsat ETM+ uydusunun özellikleri (Berberoğlu ve ark., 2009).

Elekromanyetik Alan	**Bant Genişliği**	**Yersel Çözünürlük**	**Radyometrik Çöz.**
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	

Çalışmada, 05 Mayıs 2003 tarihli LANDSAT ETM+ görüntüsü havza bazında arazi örtüsü haritasının oluşturulmasında kullanılmıştır (Şekil 3.6). Arazi örtüsü haritası hidrolojik modelleme sürecinde girdi verisi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Seyhan Üst-Havzası LANDSAT ETM+ verisi. (05 Mayıs 2003)

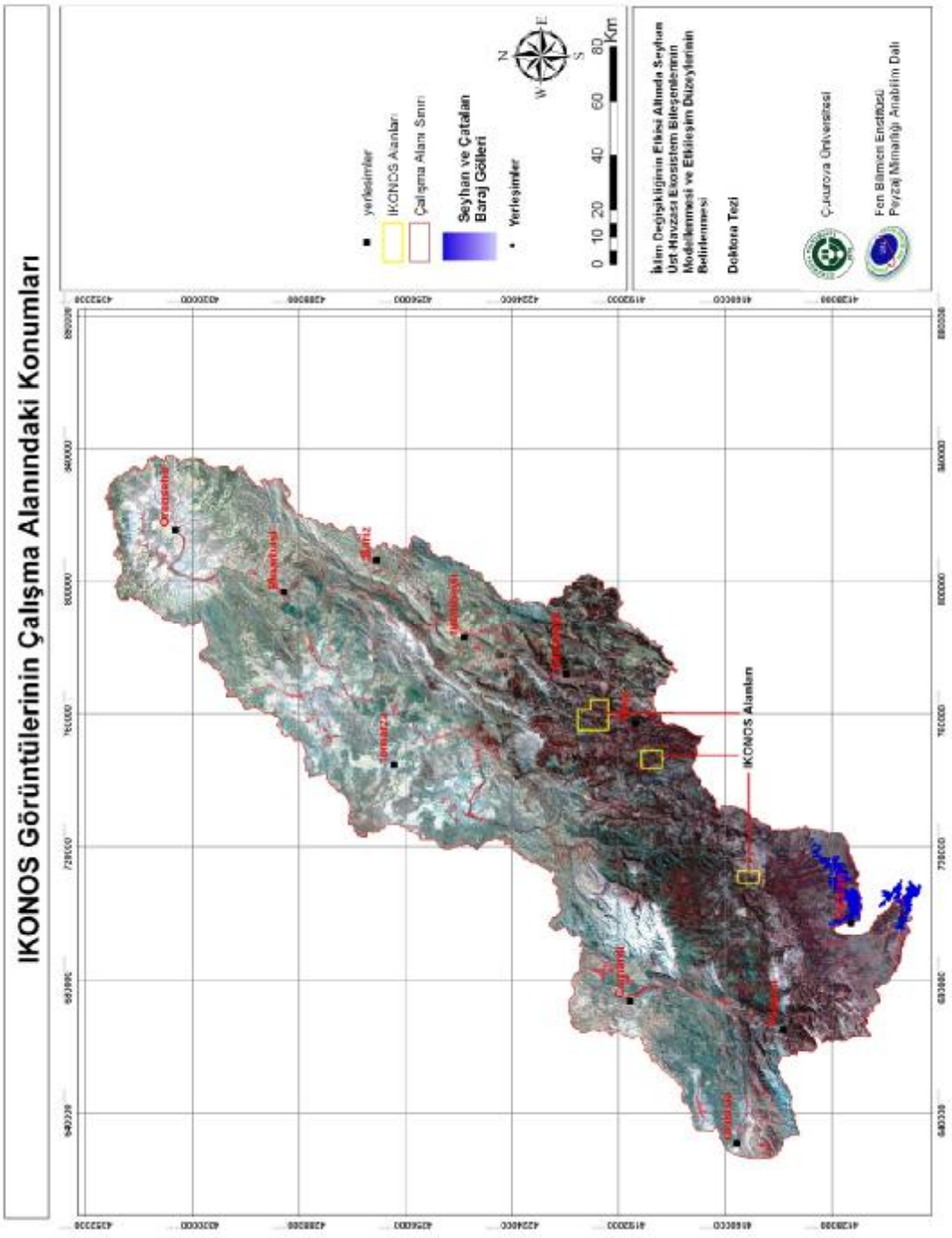
3.1.2.1.(2). IKONOS Uydu Görüntüleri

Çalışmada, Seyhan Havzası için güncel ve geleceğe yönelik olarak tür bazında döküntü miktarlarının belirlenebilmesinde ağaç kapalılık yüzdesi haritası kullanılmıştır. Ağaç kapalılık yüzdesi haritasının oluşturulmasında kullanılan regresyon ağacı modelinin doğruluğunun test edilmesi ve modelin eğitilmesi için Mayıs, 2002 tarihli, 3 adet 4 m yersel çözünürlü IKONOS verisi kullanılmıştır (Şekil 3.7).

IKONOS uydusu, 1999 yılında, Amerika Birleşik Devletleri, Kaliforniya Vanderberg Hava Üssü'nden, Space Imaging şirketi tarafından uzaya fırlatılmıştır. IKONOS uydusunun 1m çözünürlü siyah / beyaz bantı yanı sıra yapay renklendirilebilen 4 m çözünürlü görünür mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl-ötesi bantları bulunmaktadır. IKONOS algılayıcısının teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. IKONOS Algılayıcısının Özellikleri (Erdoğan, 2007).

Uydu	**Başlangıç Tarihi**	**Sonlanma Tarihi**	**Yükseklik**	**Yörünge Açısı**	**Algılayıcılar**
IKONOS-1	Başarısız				
IKONOS-2	24.Eyl.99	Aktif	681 km	98,1 derece	PAN, MS
Algılayıcılar	**Bant**	**Spektral Bant Aralıkları**	**Yersel Çözünürlülük**	**Radyometrik Çözünürlülük**	**Tarama Genişliği**
Pankromatik	1	0,45 - 0,90	1 m	11 bit	11 km
Çok Badlı	1 (mavi)	0,45 - 0,53	4 m	11 bit	11 km
	2 (yeşil)	0,52 - 0,61			
	3 (kırmızı)	0,64 - 0,72			
	4 (VNIR)	0,77 - 0,88			



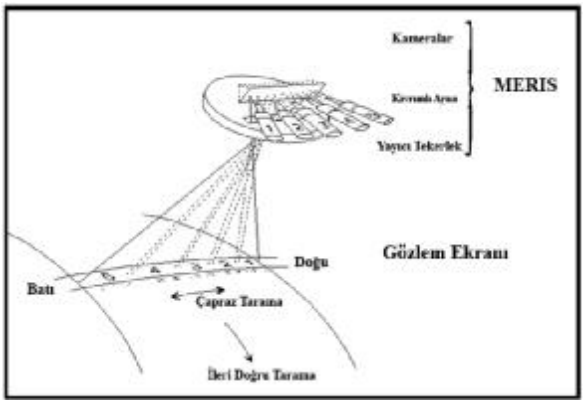
Şekil 3.7. IKONOS verilerinin Seyhan Üst-Havzası'ndaki konumları

3.2.1.1.(3). Envisat MERIS Uydu Görüntüleri

Çalışmada döküntü miktarlarının hesaplanması için kullanılan ağaç kapalılık haritasının oluşturulmasında kullanılan regresyon ağacı modeli için hazırlanan veri setinin temel değişkenlerini Mart 2003 ve Eylül 2005 tarihleri arasında Envisat MERIS algılayıcısı tarafından kaydedilmiş uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

MERIS, Envisat EOS (Environmental Satellite - Earth Observing System) uydu platformu üzerinde bulunan bir algılayıcıdır (Dönmez, 2008) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA – European Space Agency) tarafından 2002 yılında uzaya fırlatılmış ve Nisan 2012'de kullanım dışı kalmıştır Envisat MERIS algılayıcısının başlıca özellikleri; i) Programlanabilir 15 banta sahip olması, ii) Tarama Genişliğinin 650 km olması, iii) 300 m ve 1200 m olmak üzere, iki farklı yersel çözünürlükte veri sağlayabilmesi, iv) Polarizasyon duyarlılığının düşük olması, v) Radyometrik çözünürlüğünün 16 bit (65535 farklı parlaklık değerine duyarlılık) olması, vi) Yüksek radyometrik ve spektrometrik performans göstermesi, olarak sıralanabilir.

MERIS'in yersel görüntüleme sürecinde platform üzerindeki algılayıcı beş segmente ayrılır ve her bir segmentte beş farklı görüntü algılanır. Burada, farklı yersel veriler, Envisat'ın ileriye doğru hareketiyle (along track) ve MERIS'in arazi yüzeyini çapraz olarak (across track) taramasıyla elde edilir (Anonim, 2007c), (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. MERIS algılayıcısın yersel veriyi algılama süreci (Dönmez, 2008).

MERIS algılayıcısı, yansıma değerleri elektromanyetik tayfın 390-1040 nm aralığında olan 15 yansıma banta sahiptir. Bu algılayıcının, çalışma süresi boyunca

bant aralıklarını değiştirebilme ve programlayabilme özelliği vardır (Dönmez, 2008). Algılayıcının uzaya fırlatılış amacı ve öncelikleri doğrultusunda, okyanus ve kara alanlarının araştırılması için, çoklu disipliner uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış 15 bantın açılımları Çizelge 3.3'te görülmektedir.

Çizelge 3.3. MERIS algılayıcısının standart bant düzeni (Anonim, 2007c).

MDS Nr.	**Bant merkezi (NM)**	**Bant kalınlığı (NM)**	**Potansiyel Uygulamalar**
1	412.5	10	Sarı Materyal ve pigmetleri
2	442.5	10	Maksimum Klorofil Emilimi
3	490	10	Klorofil ve diğer pigmentler
4	510	10	Sedimantasyon, kırmızı gelgitler
5	560	10	Minimum Klorofil Emilimi
6	620	10	Sedimantasyon
7	665	10	Klorofil Emilimi ve ışın referansı
8	681.25	7.5	Klorofil Işınım Noktası
9	708.75	10	Işın referansı ve atmosferik düzelim
10	753.75	7.5	Vejetasyon, bulut
11	760.625	3.75	Oksijen Emilimi
12	778.75	15	Atmosfer Bileşenleri
13	865	20	Vejetasyon, su buharı
14	885	10	Atmosfer bilşenleri
15	900	10	Su buharı, arazi

3.2.1.1.(4). Topoğrafik Haritalar

Çalışma alanına ait 1/25.000 ölçekli sayısal topoğrafik haritalar Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilmiştir. Çizgisel (vektör) veri formatında temin edilen topografik haritalar, CBS ortamında birleştirilerek grid formatında Sayısal Yükseklik Modeline (SYM) dönüştürülmüştür. SYM, hidrolojik modelleme sürecine dahil edilen çalışma alanı akış yönü, Seyhan Nehri akış potansiyeli, eğim ve bakı haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır.

3.2.1.1.(5). Orman Meşcere Haritaları

Orman meşcere haritaları, Orman İşletme Müdürlükleri'nin 1/25000 ölçekli hazırladıkları ve ormanlık alanlardaki ağaç türlerini, ziraat alanları, çıplak toprak alanları, meraları, yerleşim alanlarını ve su yüzeylerini gösteren haritalardır (Şatır, 2006). Bununla birlikte meşcere haritaları, alandaki ağaçların yaşları, kapalılıkları vb. birçok bilgi içermektedir.

Çalışmada, döküntü haritasının üretilmesinde kullanılan IKONOS görüntülerinin sınıflanmasında orman meşcere haritalarından yararlanılmıştır. Bununla birlikte orman meşcere haritaları, hidrolojik modelleme ve orman verimliliği için bitki fonksiyonel tiplerinin tür bazında belirlenmesinde kullanılan arazi örtüsü haritasının oluşturulmasında kullanılmıştır.

Arazi örtüsünün haritalanmasında tür sınırlarının belirlenebilmesi için, Seyhan Havzasında, POS, Kozan, Feke, Karaisalı, Saimbeyli, Tufanbeyli, Pozantı bölgelerini kapsayan orman meşcere haritaları kullanılmıştır (Şekil 3.9). Bu çalışmada kullanılan orman meşcere haritaları Adana Orman Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek geometrik düzeltmeleri yapılmıştır. Orman haritaları üzerinde, arazideki vejetasyon tiplerini ve arazi örtülerini temsil eden rumuzlar bulunmaktadır.

Meşcere haritalarında;

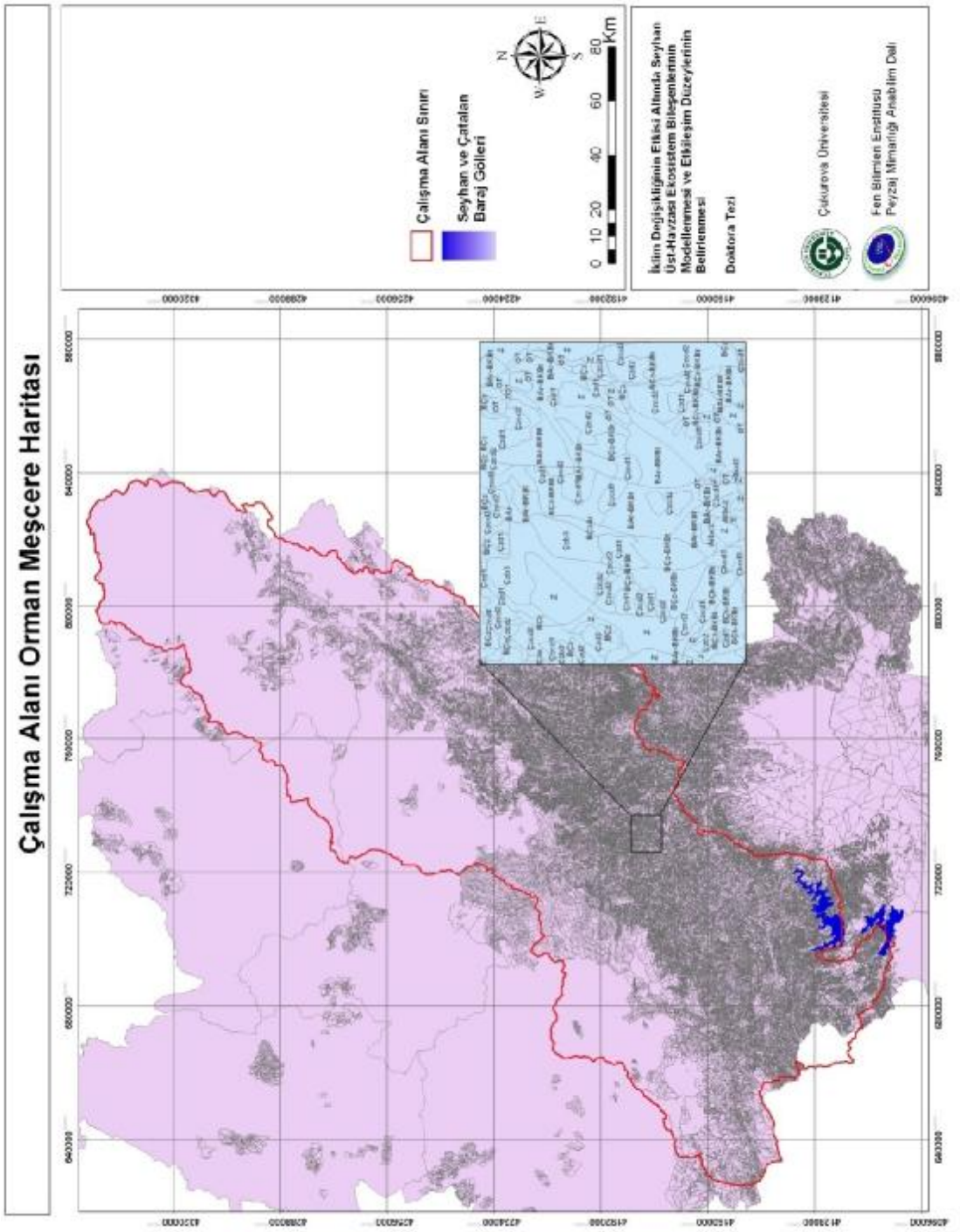
i) Meşcereler ağaç türlerine göre ayrılarak sembolleştirilir *(Kızılçam (Çz), Karaçam (Çk), Sedir (S), Göknar (G), Ardıç (Ar), Duglaz (D), Kayın (K), Meşe (M)).*

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

iii) Meşcereler kapalılıklarına göre tiplere ayrılır ve rumuzlandırılır *(ÇzÇkcd3: Tam kapalı; % 71-100).* Burada ağaçların çoğunluğu ince ağaçlık, bir kısmı da ağaçlık ve kalın ağaçlık çağında Kızılçam- Karaçam karışık koru ormanıdır.

iv) 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), mera, otlak, yayla, çayır, bozkır (Me), iskan sahası, mezarlık*

(İs), orman deposu ve istif yeri (Dp), tarım arazisi (Z)) (Anonymous, 2007b; Meydan, 2008).



Şekil 3.9. Seyhan Üst-Havzası Orman Meşcere Haritası Örneği

3.1.2.2. Zaman Serisi Verilerinin Özellikleri

3.2.1.2.(1). Meteorolojik Veriler

Çalışmada, Seyhan Havzası ve çevresinde yer alan meteoroloji istasyonlarından elde edilen günlük bazda kaydedilmiş ortalama-minimum-maksimum sıcaklık *(^oC),* yağış *(mm),* nem *(%) ve* rüzgar hızı *(m/s)* iklim verileri, hidrolojik modelleme ve orman verimliliğinin modellenmesi sürecinde kullanılmıştır (Şekil 3.13). Bu veri seti, Seyhan Havzası ve çevresindeki 48 iklim istasyonuna ait 31 yıllık (1975–2006) kayıtların, Devlet Meteoroloji İşleri'nden (DMİ) temin edilmesiyle oluşturulmuştur. Meteorolojik veriler, vejetasyonun büyüme sürecinin modellenmesi için orman verimliliği modelinde; havzadaki su girdisinin ve çıktısının hesaplanmasında J2000 modelinde girdi verisi olarak kullanılmıştır.

Çalışma alanı için orman verimliliği ve hidrolojik bileşenlerin geleceğe yönelik olarak modellenmesi için kullanılan iklim verileri bir genel döngü modeli (GDM) olan GCM-HadCM3 (Hadley Centre Coupled Model) kullanılarak 2070-2099 yılları için elde edilmiştir.

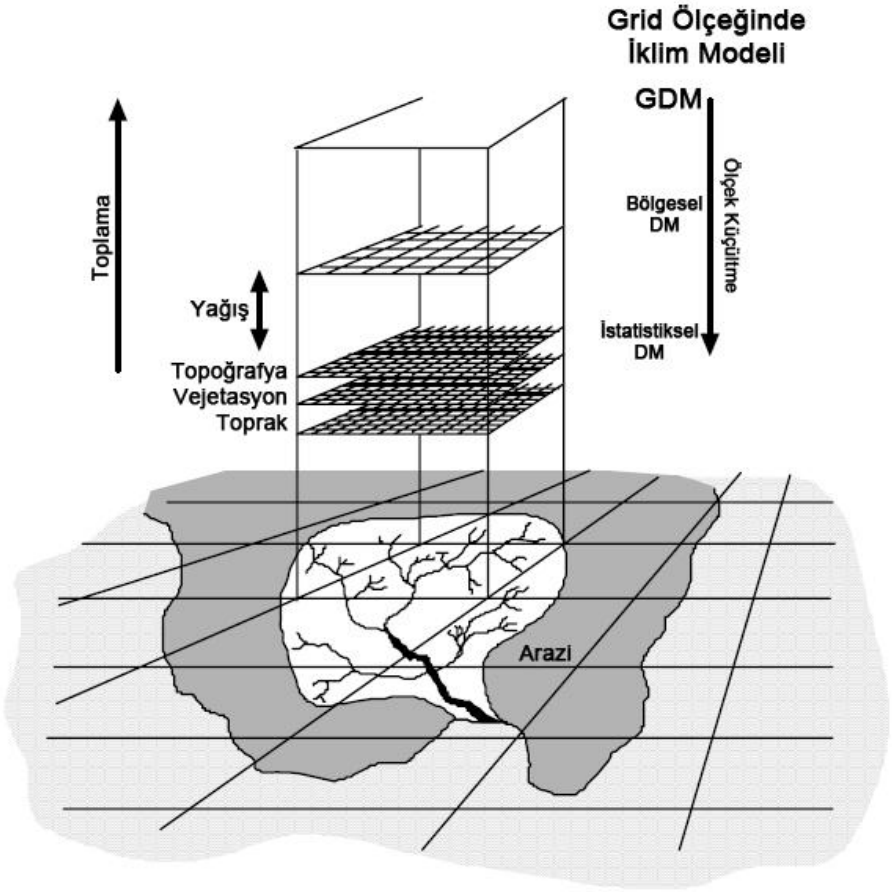
Geleceğe yönelik iklim verilerinin üretilmesinde Intergovernmental Panel on Climate Change (IPPC) tarafından 2000 yılında yayınlanan Special Report on Emissions Scenarios (SRES) raporlarına göre dört farklı iklim değişikliği senaryosundan biri olan B2 senaryosu temel alınmıştır.

GCM ile iklim değişikliğinin etkileri altında meteorolojik bileşenlerin iklim senaryoları göz önüne alınarak geleceğe yönelik olarak modellenmesinde farklı metodolojik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar istatistiksel ve dinamik ölçek küçültme olmak üzere iki çeşittir.

İstatistiksel ve dinamik ölçek küçültme yaklaşımları günümüzde artan sera gazı konsantrasyonlarının etkisinde potansiyel iklim değişikliklerinin global ve bölgesel ölçeklerde değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır. GDM şematik gösterimi Şekil 3.10'da görülmektedir.

Dinamik ölçek küçültme modelleri, GDM'lerinin grid ölçekli ve kaba çözünürlü meteorolojik haritaları temel alan zaman değişimli bölgesel iklim

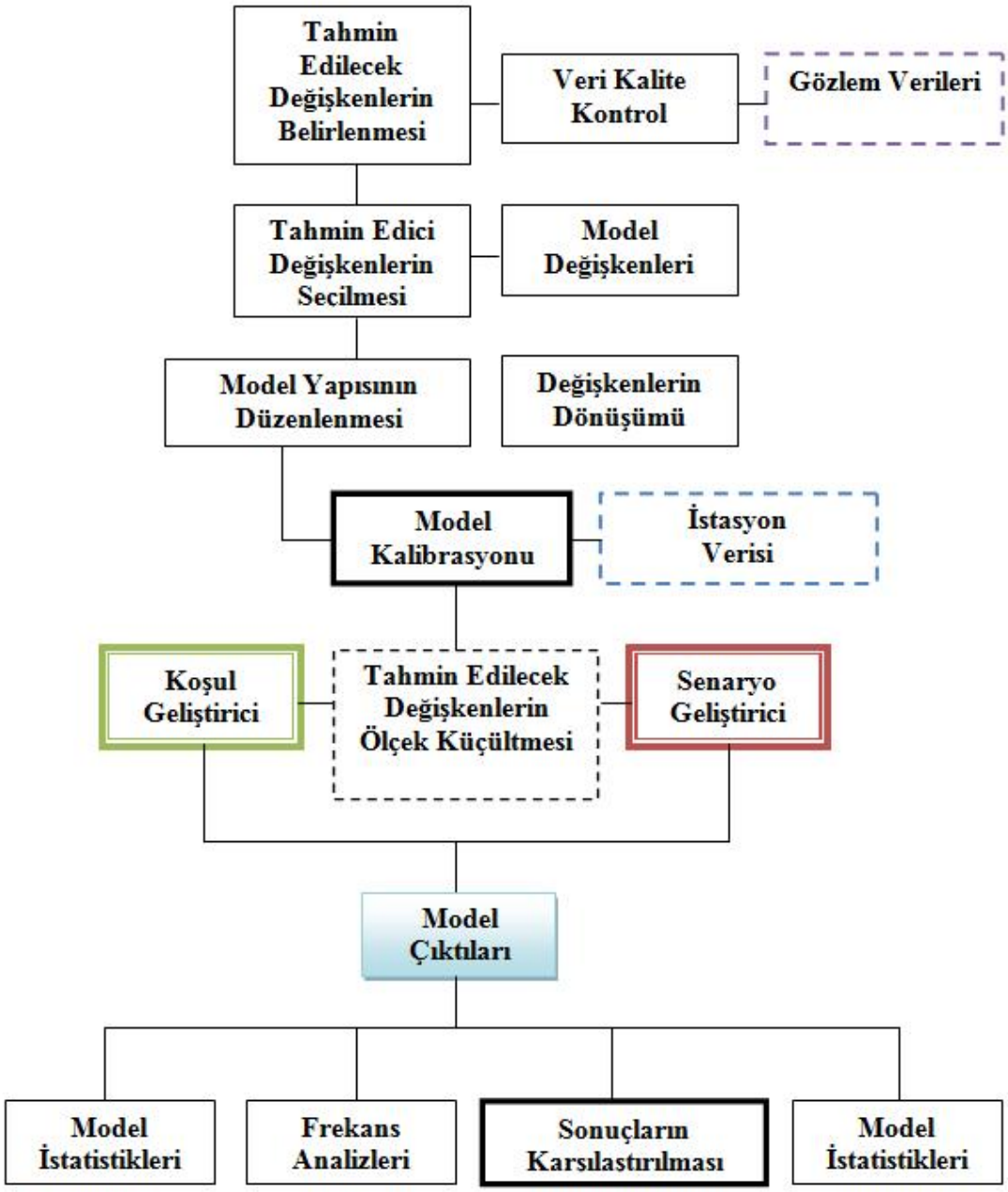
modellerini ifade etmektedir. Bu modeller GDM içerisinde 20-50 km yatay grid alanlarının kullanarak daha kaba çözünürlü ölçek küçültme imkanı sağlamaktadır. Bu nedenle havza bazında yapılacak çalışmalarda tercih edilmemektedir.



Şekil 3.10. GDM şematik gösterimi (Wilby ve Dawson, 2007).

İstatistiksel ölçek küçültme yöntemleri, bileşenin geçmişten günümüze değişimini temel alarak istasyon bazlı tahminlerde bulunan GDM'leridir. İstatistiksel yöntemler, dinamik yöntemlere kıyasla daha fazla avantaja sahiptir. Bu avantajlar, düşük donanım gücü gereksinimi ve iklim değişikliği değerlendirmelerinin istasyon bazında yerel bazlı yapılabilmesidir.

Çalışmada 2070-2099 yılların ait meteorolojik verilerin tahmin edilmesinde istatistiksel ölçek küçültme yöntemi kullanılmıştır. İstatistiksel ölçek küçültme yöntemi, senaryo geliştirme akış şeması Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3.11. İstatistiksel ölçek küçültme yöntemi, senaryo geliştirme akış şeması.

Bu yöntemle geleceğe yönelik verilerin tahmininde ilk aşamada istasyon verilerinin kalite kontrolleri yapılmış ve eksik veriler tamamlanmaktadır. Gözlem verileri kullanılarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmekte ve analiz sonuçları grafiklenmektedir. Bu aşamada grafikler ve gözlem verilerinin dağılımları temel

alınarak geleceğe yönelik iklim senaryoları geliştirilmektedir. Bu iklim senaryoları ile geleceğe yönelik iklim verileri üretilmektedir.

3.2.1.2.(2). Akım Gözlem Verileri

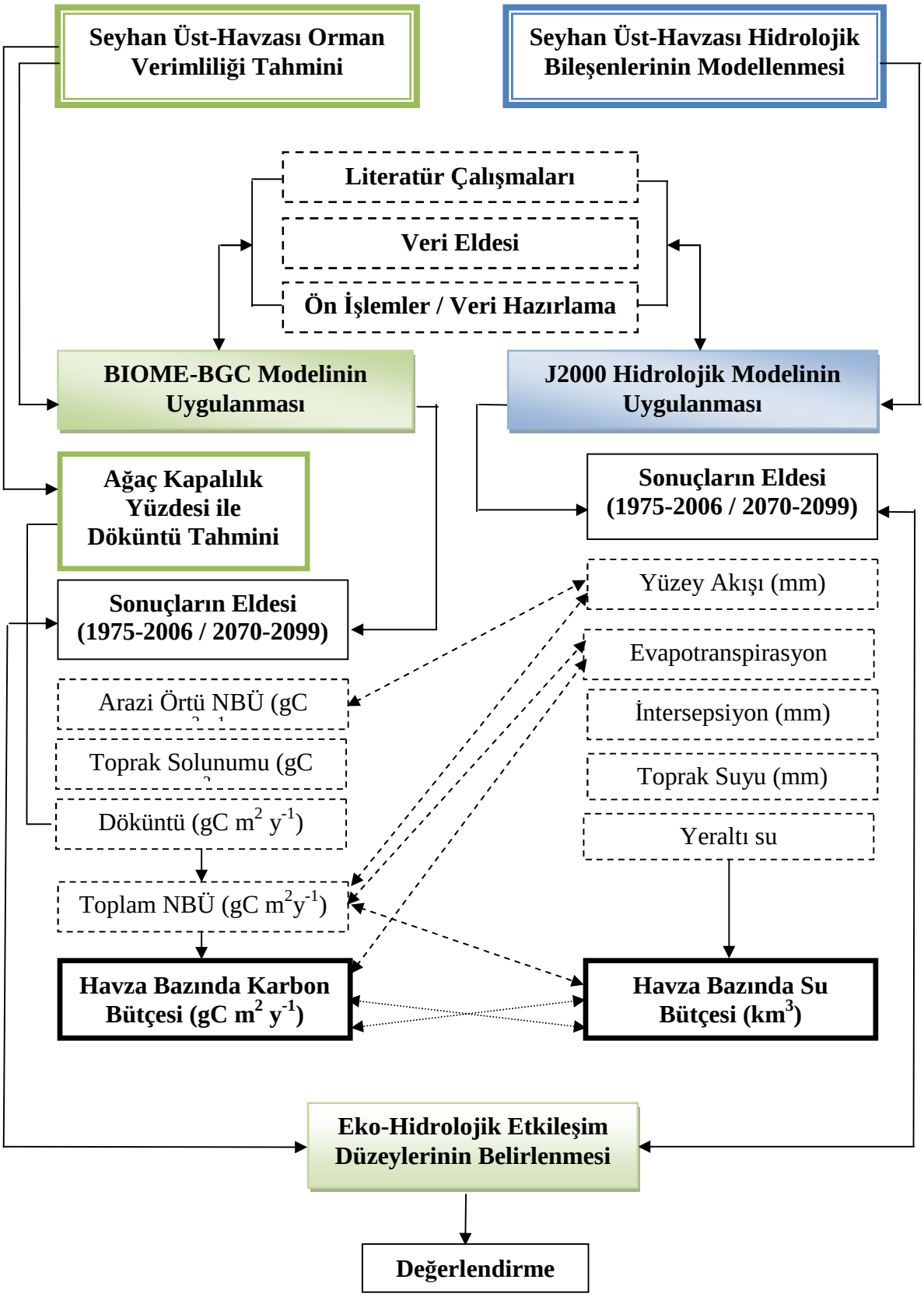
Çalışmada, Seyhan Üst-Havzası'nda yer alan 12 adet akım gözlem istasyonundan 1975–2006 yılları için elde edilen akış verileri hidrolojik modelin kalibrasyonu ve doğruluğunun test edilmesi için kullanılmıştır. Akım gözlem verileri Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nden (EİE) temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Bu çalışma kapsamında, iklim değişikliğinin etkisi altında Doğu Akdeniz Bölgesi Seyhan Üst-Havzası hidrolojik bileşenleri ve havza bünyesindeki ormanların NBÜ miktarı ve bu bileşenlerin birbirleri ile etkileşimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla ilk aşamada, havza bünyesindeki ekosistem bileşenleri 1975–2006 ve 2070–2099 yılları için farklı model yaklaşımları ile hesaplanmıştır. Bu süreçte hidrolojik bileşenler ve NBÜ bileşenleri için iklim değişikliğinin etkisi altında güncel durum ve gelecek için Seyhan Üst-Havzası karbon ve su bütçeleri hesaplanmıştır. Bu süreçte toplam karbon ve su bütçeleri ile NBÜ ve hidroloji bileşenlerinin yıl içerisindeki değişimleri birbirleri ile karşılaştırılmış; bileşenlerin birbirleri ile etkileşim düzeyleri ve eğilimleri ortaya konulmuştur.

Çalışma, yersel ve zaman serisi verilerinin ön işlemleri dışında, hidrolojik modelleme ve NBÜ bileşenleri tahmini olmak üzere iki ana aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada izlenen yönteme ait akış şeması Şekil 3.12'de görülmektedir.



Şekil 3.12. Çalışmada İzlenen Yöntemin Akış Şeması.

3.2.1. Ön İşlemler

Çalışmanın ön işlemler aşamasında, 1975–2006 ve 2070–2099 yılları için elde edilen iklim ve akım gözlem verileri BIOME-BGC NBÜ modeli ve J2000 hidrolojik model formatına uygun olarak düzenlenmiştir. Bu aşamada zaman serisi verilerinin formatları standartlaştırılarak model girdi verisi olarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu aşamada ayrıca, çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin geometrik ve radyometrik düzeltmeleri de yapılmıştır. Uzaya kurulmuş platformlar aracılığı ile uzaktan algılanmış veriler (hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri) grid (raster) formatındadır. Bu veri tipindeki görüntülerinin çalışma içerisinde kullanılabilmesi için, görüntülere, dünya üzerindeki konumlarını belirten harita projeksiyonlarının ve koordinat değerlerinin girişi yapılmalıdır. Geometrik düzeltme ile görüntüler arasında grid bazında çakışma sağlanır ve bu sayede grid formatındaki görüntü sorgulanabilir ve analiz edilebilir.

Ön işleme aşamasında, çalışmada kullanılan farklı tarihlere ait uydu görüntülerine projeksiyon girişi yapıldıktan sonra, alan üzerinde belirli referans noktaları seçilerek koordinat girişleri yapılmıştır. Bu şekilde her bir verinin birbiriyle piksel bazında çakışması sağlanmıştır. Farklı uydu görüntülerinin piksel bazında çakıştırılabilmesi özellikle modelleme çalışmalarında kullanılan yersel verilerin model başarısına katkıda bulunabilmesi açısından önemlidir.

Uydu görüntülerinin algılanması esnasında oluşan atmosferik etkilerin giderilebilmesi için çalışmada kullanılan görüntülerin radyometrik düzeltmeleri de yapılmıştır. Bu aşamada piksel parlaklık değerleri, standart algoritmalarla spektral parlaklık değerlerine dönüştürülmüş ve görüntülerde ortak bir radyometrik ölçek oluşturulmuştur.

3.2.2. Hidrolojik Modelleme Aşaması

Çalışma kapsamında Seyhan Üst-Havzası için yapılan hidrolojik modelleme uygulamalarında J2000 modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Friedrich-Schiler Üniversitesi, Jeoinformatik Bölümü/Almanya tarafından geliştirilen J2000

modelleme yaklaşımının gelişimi, geniş havzalarda 1997 yılında süreç tabanlı hidrolojik modelleme uygulamaları ile başlamıştır.

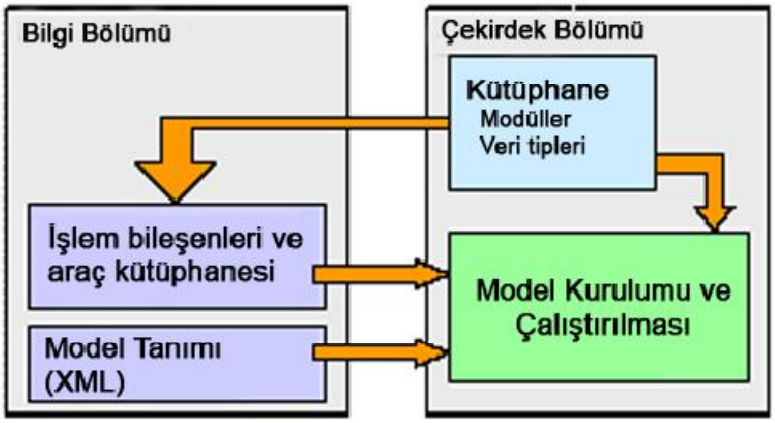
3.2.2.1. J2000 Hidrolojik Modelleme Sistemi

J2000 hidrolojik modelleme yaklaşımının en önemli özelliği, bu güne kadar geliştirilen modeller içerisinde büyük ölçekli havzalar için kullanılmamış olan HRU yaklaşımının J2000 modeli içerisinde bir girdi verisi olarak kullanılmasıdır (Flügel 1995).

J2000 hidrolojik modelleme yaklaşımının geliştirilmesine yönelik ilk çalışmalar, modelin Elbe Nehri'nde (Almanya) büyük alt havzalara uygulanması ile başlamıştır (Krause, 2001). İlk uygulama sonrasında yapılan detaylı değerlendirme sonucunda, J2000 modelinin sistematik içeriğinin farklı amaçlar, farklı çevreler ve farklı ölçeklerde yeterince esnek olamadığını göstermiştir. Özellikle, sistemin özü ve işlem modülleri arasındaki ayrılık, ilk versiyonda model performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu kısıtlama bütün sistemin tekrar düzenlenmesini gerektirmiştir. Bu yeni gelişmeler ile ilgili çalışmalarda, Modüler Modelleme Sistemi (Modular Modelling System - MMS) (Leavesley et al. 1983; Leavesley et al. 1996) ve Obje Modelleme Sistemi (Object Modelling System - OMS) (Ahuja et al. 2005) ve Yağış Akış Modelleme Sistemi'nden (Precipitation Runoff Modelling System - PRMS) esinlenilmiştir.

Bununla beraber, Yağış Akış Modelleme Sistemi'nin bir platformu olarak geliştirilen MMS ile kıyaslandığında, J2000 yaklaşımının daha esnek bir yapısı olduğu tespit edilmiştir.

J2000 modeli Jena Adaptable Modelling System (JAMS) Core (çekirdek) ile J2000 modeli hidrolojik bilgi bölümü olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. J2000 Model Yaklaşımının Bölümleri.

JAVA yazılım dili kullanılarak geliştirilen J2000 modelin çekirdek bölümü, hidrolojik modelleme için gerekli modül kütüphane, yöntem ve alanın hidrolojik bölümlere ayrılması için gerekli kodları içermektedir. Bununla birlikte J2000 çekirdek, parametre dosyalarının veri giriş – çıkışı ve bunların model içinde çalıştırılması ile istatistiksel analizler, fiziksel hesaplamalar ve coğrafi dönüşüm ve yorumlamalar için sonuçların üretilmesini de kapsamaktadır.

J2000 modelin bilgi bölümünde, evapotranspirasyon, akışın bölünmesi – intersepsiyon (interception), toprak suyu ve nehir sisteminin ulaşım ve akış yönü gibi hidrolojik süreçlerin modellenmesinde kullanılan süreç tabanlı modülleri içermektedir. Bununla birlikte, J2000 ile taban suyu dinamikleri de modellenebilmektedir. Bunun yanısıra, J2000, yüzey akışı dinamiklerinin simülasyonu için süreç modülleri içermektedir, çalışma alanının hidrolojik birimlere ayrılması ve iklim verilerinin düzeltilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir.

J2000 modeli ile hidrolojik bileşenlerin hesaplanabilmesi için kullanılan girdi verileri, yükselti, arazi örtüsü ve kullanımı, toprak tipleri, hidrojeolojik haritalar, iklim ve akım ölçüm verileridir. Bu verilerin kullanılmasıyla, çalışma alanında modelleme birimleri için fiziksel ve coğrafi özellikler tanımlanır. Modeli çalıştırabilmek için, alt havzalardaki en az bir istasyondan iklim verileri (yağış, minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık, güneşlenme süresi, rüzgar hızı ve nem) gerekmektedir. Bu noktadan elde edilen bilgiler, bir bölgesel yönetim yaklaşımı olan; iklimsel veri setinde, yatay ve dikey çeşitliliği hesaplamalara dahil eden her model

birimine transfer edilir. Bölgeselleştirilmiş (regionalisation) bilgi XML kodunda tanımlanan model modüllerine transfer edilir ve bileşenler hesaplanır (Allen ve ark., 1998).

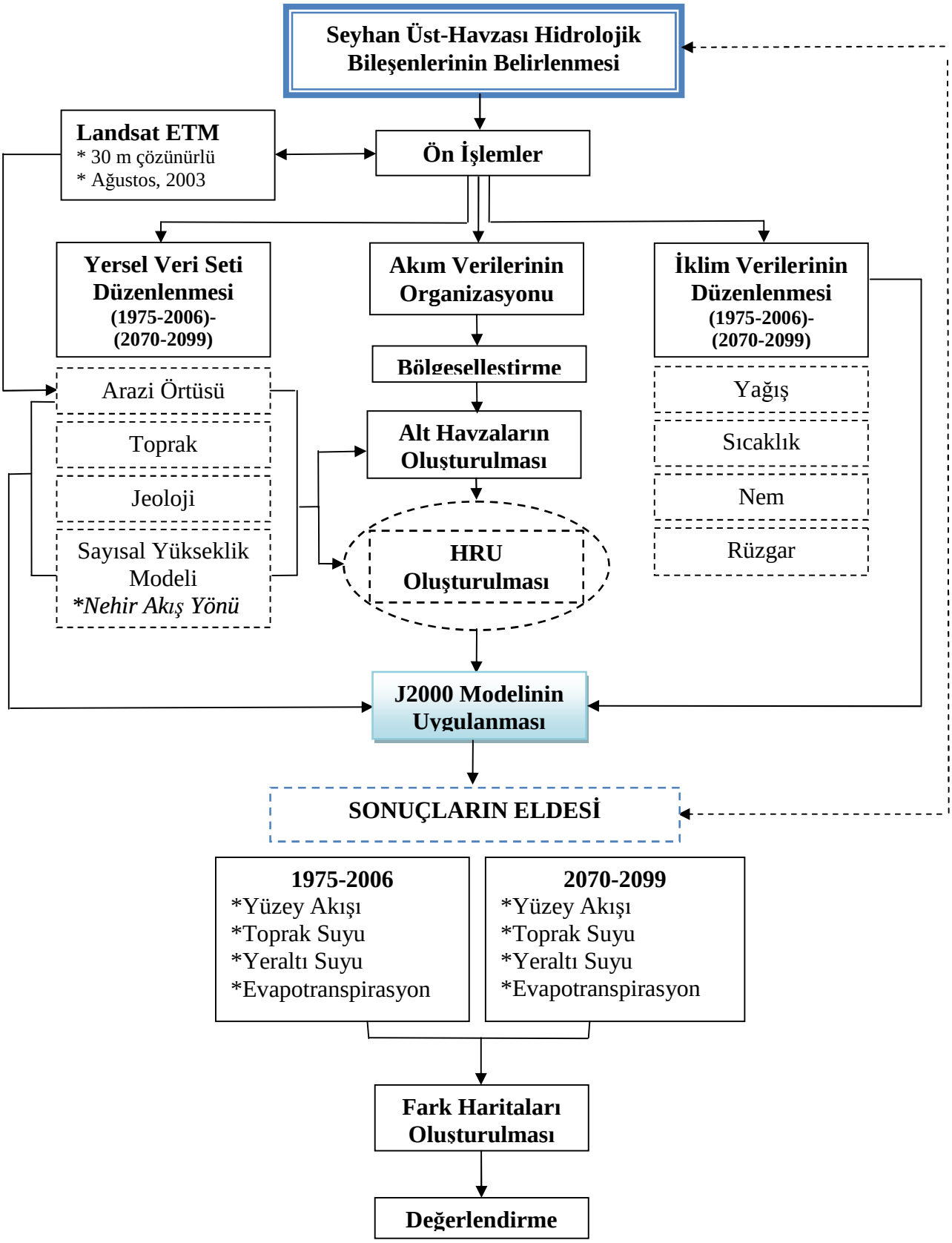
J2000 modelinin bilgisayar sistemlerinde çalıştırılabilmesi, model içerisindeki modüllerin XML kodu formatında tanımlanması ile gerçekleşmektedir. XML kodu içerisinde, girdi verilerinin adresini tanımlayarak bileşen hiyerarşisi oluşturma, verilerin öznitelikleri arasında diğer bileşenleri de dikkate alarak ilişki kurma ve bileşen öznitelikleri için başlangıç değerlerini tanımlama gibi istenilen bütün gerekli bilgiler yer almaktadır. Bu XML tabanlı tanımlama sistemi içerisindeki komutlar manuel olarak oluşturulmaktadır (Kralisch, 2005). XML dokümanının bir bölümünün basitleştirilmiş gösterimi Şekil 3.14'te yer almaktadır.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" standalone="no"?>
<model author="Berberoglu/Donmez" date="2010-01-30 00:00" helpbaseurl="http://jams.uni-jena.de/jamswiki"
<description><![CDATA[The standard J2K hydrological model]]></description>
<var name="workspaceDirectory" value="D:\Seyhan\1801\run1801"/>
<launcher>
<group name="Main">
<property attribute="workspaceDirectory" component="J2K" description="Workspace directory" name="Workspac
<property attribute="timeInterval" component="J2K" description="Start and end date of simulation" name="T
<property attribute="data_caching" component="J2K" description="Caching configuration: 0 - write cache, 1
</group>
<group name="Plots &amp;amp; Maps">
<subgroup name="Plots">
<property attribute="%enable%" component="Runoff Plot" description="Switches plot on or off" name="Runoff
<property attribute="%enable%" component="Soil moisture plot" description="Switches plot on or off" name=
<property attribute="%enable%" component="SWE-plot" description="Switches plot on or off" name="Snow wate
</subgroup>
```

Şekil 3.14. Seyhan Havzası'nın tanımlandığı J2000 modeli XML kodunun bir bölümü.

Çalışmada, J2000 modeli kullanılarak Seyhan Üst Havzası hidrolojik bileşenlerinin hesaplanabilmesinde izlenen yöntemin akış şeması Şekil 3.15'de verilmiştir.

Çalışmada, Seyhan Üst-Havzası'na ait hidrolojik bileşenler günlük bazda hesaplanmıştır. J2000 hidrolojik modelleme sistemi içerisinde hidrolojik bileşenlerin hesaplanabilmesi için, arazi örtüsü, toprak ve jeoloji haritaları, akım ve iklim verilerinin kullanıldığı geniş bir veri seti hazırlanmıştır. Yersel veriler ve zaman serilerini içeren her bir verinin hazırlanmasında farklı yaklaşım ve yöntemler kullanılmıştır.



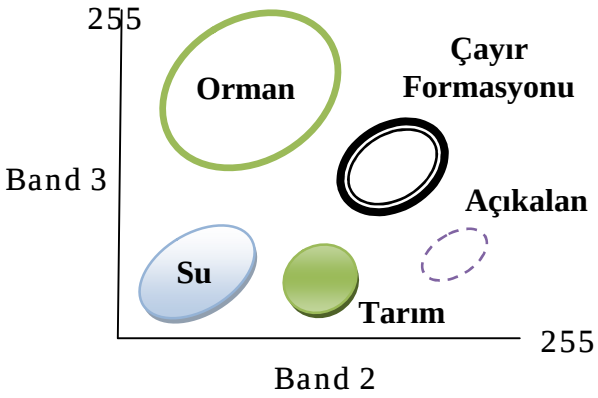
Şekil 3.15. Çalışmada kullanılan J2000 hidrolojik modeli akış şeması

3.2.2.1.(1). Arazi Örtüsü Sınıflaması

Uzaktan algılanmış veriler kullanılarak güncel yöntemler yardımıyla yapılan sınıflamalar ile elde edilen tematik haritalar, tanımlanabilir yeryüzü özelliklerinin konumsal dağılımını göstermektedir. Görüntü sınıflamanın amacı, bu bağlamda dijital görüntü verisini farklı yüzey materyallerini ve durumlarını birbirinden ayıran açıklayıcı etiketlere dönüştürmektir (Schowengerdt, 1997).

Arazi örtüsünün doğru ve güncel olarak sınıflanabilmesi karmaşık yapıdaki havza sistemlerinin açıklanabilmesi açısından önemlidir. Güncel yöntemler ile oluşturulan arazi örtüsü haritaları günümüzde hidrolojik bileşenler ve orman verimliliğini tahmin edilebildiği model yaklaşımlarında etkin bir girdi verisi olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan arazi örtüsünün oluşturulmasında eğitimli sınıflamada maksimum olabilirlik (MO) yöntemi kullanılmıştır. MO yöntemi Bayesian olasılık teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir sınıflama yöntemidir. Bu yöntemde piksellerin varyans – kovaryans ve ortalama değerleri, sınıfların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Eastman, 2001; Meydan, 2008). Maksimum Olabilirlik yönteminde, bantlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır. MO algoritmasında, her sınıfa ait olan ortalama değerler sınıflar arasındaki sınırları belirler. Buna göre, her bir piksel, parlaklık değerine göre, kendisine en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Maksimum Olabilirlikte Yansıma Karakterine Göre Sınıf Dağılımları Örneği (Anonim, 2009a).

Çalışmada hidrolojik modellemede kullanılan arazi örtüsü haritası Ağustos, 2003 tarihli LANDSAT ETM+ görüntüsü kullanılarak MO yöntemi ile elde edilmiştir. Sınıflama sürecinde yer gerçeği verileri olarak arazi çalışmalarından elde edilen sınıf bilgileri ve orman meşcere haritaları kullanılmıştır. Alanda az miktarda ve dağınık olarak yayılım gösteren kayın *(Fagus orientalis)*, saf-bozuk meşe *(Quercus sp.)* ve saf-bozuk duglaz *(Pseudotsuga taxifolia)* meşcerelerinin yayılım alanları, yer gerçeği verileri kullanılarak belirlenmiştir. Arazi örtüsü haritasının oluşturulmasında Anderson Sınıflama Şeması referans alınmıştır (Anderson ve ark., 1976).

3.2.2.1.(2). Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Bileşenleri

Hidrolojik modelleme sürecinde yükselti bilgileri havzadaki suyun akış yönü ve potansiyelinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Alandaki yükseltinin model hesaplamalarında temsil edilebilmesi eğim, bakı, akış yönü vb. yükselti bileşenlerinin detaylı olarak hesaplanabilmesine bağlıdır.

İki piksel arasındaki bir çizgi boyunca yatay mesafedeki yükseklik değişiminin oranının tanımlanmasıyla oluşturulan eğim verisi havzadaki akım potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Bu özelliği ile eğim verisi Hidrolojik modellemede arazinin eğim derecesinin modele tanıtılabilmesi için kullanılmaktadır. Bu özelliği ile eğim verisi, suyun akış yönünün tahmin edilebilmesinde

kullanılmaktadır. Eğim değerinin düşük ya da yüksek olması, hidrolojik modellemede, özellikle nehir sistemlerinde akım oluşumlarının ölçülmesinde çok önemlidir. Bu nedenle alandaki eğim sınıfları, hidrolojik dinamiklerin belirlenmesinde önemli rol oynar.

Eğim verisi ile birlikte hidrolojik modelleme çalışmalarında bakı verisi de önem taşımaktadır. Bakı, bir dağın veya tepenin eğim yüzeyinin yönünü ifade etmektedir ve hidrolojik oluşumlar için önemlidir. Bir eğimin bakısı, özellikle Toros Sıra Dağlar Sisteminde lokal iklim üzerinde çok etkili olabilmektedir.

Çalışmada topoğrafik haritalar kullanılarak grid formatında elde edilen SYM verisi CBS ortamına aktarılmış ve alana ait eğim, bakı, nehir akış yönü ve potansiyeli haritaları elde edilmiştir. SYM verisinden elde edilen bu veriler, model hesaplamalarına havza bazında su hareketinin belirlenebilmesinde amacıyla dahil edilmiştir.

3.2.2.1.(3). Toprak ve Jeoloji Haritalarının Düzenlenmesi

Çalışmada hidrolojik modelleme sürecine dahil edilen toprak haritası, Çukurova Üniversitesi, Toprak Bölümü'nden elde edilmiş ve CBS ortamında Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization-FAO) tarafından belirlenmiş büyük toprak gruplarına göre düzenlenmiştir. Toprak bilgisi özellikle havzadaki suyun hangi oranda toprakta tutulduğu ya da yüzey akışına dahil olduğunun belirlenebilmesi açısından önemlidir. Hidrolojik modelleme sürecinde, J2000 modelin ihtiyaç duyduğu toprak sınıflarına ait derinlik, geçirgenlik ve su tutma kapasitesi değerleri Ç.Ü.Toprak Bölümü araştırıcıları ile yapılan toplantılar ve literatür çalışmaları ile belirlenmiştir.

Çalışma alanına ait jeoloji haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA) temin edilmiştir. Jeolojik yapının hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmesi, yağış ile alana gelen suyun hangi miktarda yer altı sularına süzdüğünün ortaya konabilmesi açısından önemlidir. Çalışmada kullanılan jeoloji haritası, her bir jeoloji sınıf için maksimum su depolama kapasitesi ve süzülme değerlerinin içerecek şekilde düzenlenmiştir.

3.2.2.1.(4). Hidrolojik Tepki Ünitelerinin (HRU) Oluşturulması

J2000 modeli gibi fiziksel tabanlı hidrolojik havza modelleri, entegre su kaynakları yönetiminde (Integrated Water Resources Management - IWRM), özellikle de Avrupa Su Sistemleri Deklarasyonu (WFD) sonrası, Avrupa'da giderek önem kazanan konular arasında yer almaktadır. Bölgesel ölçekli heterojen yapıdaki havzalarda yapılan hidrolojik modelleme uygulamalarında, toprak tipi, arazi kullanımı ve topografya gibi özelliklere ait yersel dağılımları modele tanımlayabilmek için uygun ve güncel yöntemlere ihtiyaç duymaktadır (Bongartz, 2003). Fiziksel tabanlı hidrolojik havza modelleri için, Seyhan Havzası gibi heterojen yapıdaki havza sistemlerinde, fiziksel-coğrafik havza özelliklerinin nokta bazında yersel dağılımından elde edilebilecek ve hidrolojik sürecin dinamik yapısını tanımlayabilecek homojen bir birim sistemi belirlenmesi, model sonuçlarının güvenilirliği açısından önem taşımaktadır.

Hidrolojik modellemede, geniş arazilerin birimlere ayrılabilmesi ve ayrılan her bir birim için arazi örtüsü, toprak sınıfları, jeolojik yapı ve yükseklik bileşenleri için nokta bazında veri sağlanabilmesi, HRU yaklaşımı uygulanarak çözümlenebilmektedir.

Çalışma alanı hidrolojik tepki ünitelerinin oluşturulması CBS ortamında gerçekleştirilmiştir. Burada farklı yaklaşımlar ile elde edilen arazi örtüsü haritası, toprak ve jeoloji haritaları, SYM bileşenleri ve akım gözlem istasyonları birleştirilerek çalışma alanı için HRU dağılımı oluşturulmuştur. Alanı küçük birimler bazında karakterize eden HRU'lar en etkin girdi verileri olarak hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmiştir. HRU verisinin modelleme sürecine dahil edilmesi ile hidrolojik modelleme her bir hidrolojik birim bazında gerçekleştirilmiştir.

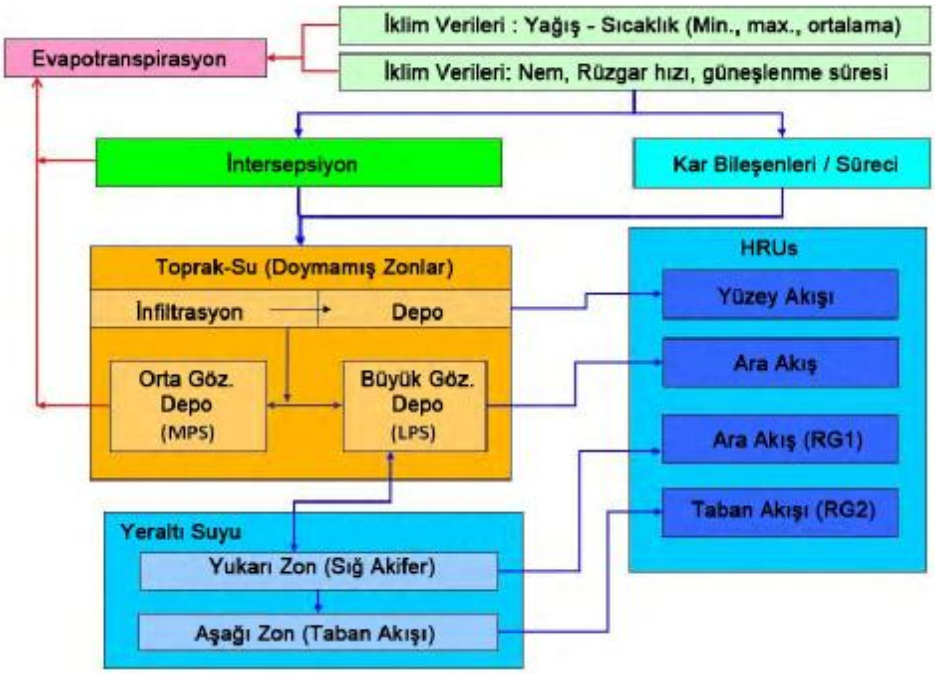
3.2.2.1.(5). Alt Havzaların Oluşturulması

Seyhan Üst Havzası, tür çeşitliliği ve yükseklik farkının fazla olduğu karmaşık yapıdaki bir havzadır. Bu tip karmaşık ve büyük havzaların bir bütün halinde modellenebilmesi yüksek bilgisayar gücü gerektirmekle birlikte sonuçların

doğruluğunu da azaltmaktadır. Bu nedenle çalışma alanı 12 adet akım gözlem istasyonu temel alınarak 12 adet alt havzaya ayrılmıştır. Çalışma alanı için alt havzaların oluşturulmasında her bir akım istasyonunun su toplama sınırları nehir kollarının sınırları ve yükseltisi dikkate alınmıştır. Seyhan Üst Havzası için hidrolojik modelleme alt havza bazında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2. J2000 Modelleme Süreci

J2000 modeli ile hidrolojik bileşenlerin simülasyonu, birbirinden farklı modül ve algoritmaların kullanılmasıyla gerçekleşmektedir. Bu modül ve algoritmalar, suyun dağılımının hesaplanabilmesi için literatürde kabul görmüş kural ve kanunların günümüz teknolojisinde JAVA yazılım dilinde bilgisayar ortamına aktarılmış formatıdır. Çalışmada J2000 hidrolojik modelinin Radyasyon-Evapotranspirasyon Modülü, İntersepsiyon Modülü ve Toprak-Su Modülü kullanılmıştır. J2000 ile hidrolojik modelleme sürecinde bölgeselleştirilmiş birimlerdeki hidrolojik döngünün simülasyon süreci Şekil 3.17'de görülmektedir.



Şekil 3.17. J2000 Modeli Simülasyon Süreci (Krause, 2001).

3.2.2.2.(1). Meteorolojik Verilerin Bölgeselleştirilmesi

Çalışmanın hidrolojik modelleme aşamasında zaman serisi olarak Seyhan Üst Havzası ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu meteorolojik veriler istasyonun bulunduğu ölçüm noktasını temsil etmektedir. J2000 modeli ile hidrolojik verilerin hesaplanmasında model girdi verisi olarak yersel veri seti ile birlikte meteorolojik verilerin alansal olarak dağılımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenler hidrolojik modelleme sürecinin ilk aşamasında, noktasal olarak elde edilmiş veriler interpolasyon teknikleri ile bölgeselleştirilmiştir. Meteorolojik verilerin bölgeselleştirilmesi ile her bir HRU bazında iklim değeri elde edilmiştir.

Çalışmada verilerin bölgeselleştirilmesinde arazi yükseltisi ve günlük ölçüm verileri arasındaki doğrusal regresyon hesaplanmıştır. Burada korelasyon katsayısı r^2 ve bu ilişkinin regresyon çizgisinin eğimi (b_H) baz alınmıştır. Burada sonuç değerinin arazi yükseltisi *(H)* ile doğrusal bir ilişkisi olduğu varsayılmış ve yükselti etkisinin *(MW)* hesaplanmasında Eşitlik (3.1.) kullanılmıştır.

$$MW = a_H + b_H * H \tag{3.1.}$$

Eşitlikte bilinmeyen a_H ve b_H değerleri Gaussian Metodunun en küçük kare yöntemi ile Eşitlik (3.2.) ve (3.3.) kullanılarak belirlenmiştir.

$$= \frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i - H)(MW_i - MW)}{\sum_{i=1}^{n}(H_i - H)^2} \tag{3.2.}$$

$$a_H = MW - b_H * \mathrm{H} \tag{3.3.}$$

Bununla birlikte r^2 Eşitlik (3.4.) belirlenmiştir.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(H_i - H)(MW_i - MW)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(H_i - H)^2} * \sum_{i=1}^{n}(MW_i - MW)^2} \quad (3.4.)$$

Bu noktada alandaki her bir HRU için iklim verileri Ters Uzaklık Ağırlıklandırılması (IDW) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. IDW yöntemi ile istasyonların yatay dağılım mesafeleri ***W(i)*** belirlenmiştir (Eşitlik (3.5.).

$$W(i) = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} wDist(i)}{wDist(i)}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} wDist(i)}{wDist(i)}\right)} \quad (3.5.)$$

Burada n sayıdaki istasyon için yatay dağılım mesafeleri ***W(i)*** belirlenirken, istasyonların konumları ve HRU'lara uzaklıkları temel alınmıştır. Bu kapsamda HRU bazında iklim değerleri yükselti etkisi, yatay dağılım mesafeleri ***W(i)***, regresyon eğrisi ***(b_H)*** ve istasyon-HRU yükselti farkı ***ΔH(i)*** bir fonksiyonu olarak Eşitlik (3.6.) ile hesaplanmıştır.

$$DW_{DF} = \sum_{i=1}^{n} (\Delta H(i) * b_H + MW(i) * W(i))) \quad (3.6.)$$

Çalışmada, bölgeselleştirilen meteorolojik veriler, diğer yersel girdi verileri ile modelin diğer modullerine aktarılmakta ve hidrolojik bileşenlerin modellenmesi gerçekleştirilmektedir.

3.2.2.2.(2). Radyasyon-Evapotranspirasyon (ET) Modülü

J2000 modeli ile hidrolojik bileşenlerin hesaplanmasında veri setinin hazırlanması ile başlayan modelleme sürecinin ilk aşaması, çalışma alanı için radyasyon ve ET değerlerinin hesaplanmasıdır. Çalışma alanına ait evapotranspirasyon miktarı, J2000 Modeli ***Radyasyon ve Evapotranspirasyon***

Modülü ile tahmin edilebilmektedir. Bu modül içerisinde**,** HRU haritasından elde edilen bilgiler, yersel veri setinde, yatay ve dikey çeşitliliği hesaplamalara dahil eden model birimlerine transfer edilir. Bu birimler sayesinde bölgeselleştirilmiş bilgi, radyasyon hesaplaması için kullanılır ve ET modülü için gereken net radyasyon hesaplamasına yardımcı olur (Allen ve ark., 1998). Burada, solar radyasyon ve ET değerleri Penman–Monteith yöntemine göre hesaplanmaktadır. Penman-Monteith (PM) yöntemi, arazideki su yüzeylerinden buharlaşmanın hesaplanabilmesi için yaygın olarak kullanılır. Penman - Monteith denklemi ile, enerji ve hava dinamiği (hava hareketi) bir denklemde kombine edildiği için bu yönteme kombinasyon yöntemi de denir. PM denklemi içerisinde (Eşitlik 3.7.),

$$\lambda E = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a C_p (e_s - e_a)/r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_c/r_a)} \quad (3.7.)$$

E λ = Suyun buharlaşması için gerekli enerji *(MJm-2/gün).* λ= Suyun buharlaşma ısısı; sabit bir basınç ve sıcaklık altında suyun birim kütlesini sıvı halden su buharı haline dönüşmesi için gereken ısıdır *(MJ kg-1).* E = Buharlaşma *(mm/gün).* Δ = Doymuş buhar basıncı sıcaklık eğrisinin eğimi *(kPaC-1).* Γ = Psikrometrik sabit *(kPaC-1).* Rn = Net radyasyon *(MJ m-2 /gün).* G = Toprak ısı akımı yoğunluğu *(MJ m-2/gün).* e_a = Günlük ortalama sıcaklıkta doymuş buhar basıncı *(kPa)* (yerden z kadar yükseklikteki ölçülen değer). ρ_a = Havanın yoğunluğu *(kg/m^3).* Cp = Sabit basınçtaki nemli havanın özgül ısısı *(1.01x10-3 MJ kg-1 oC-1).* ra = Atmosfer sınır tabakasının içine su buharı yayılmasına karşı hava dinamiği direnci *(s m-1).* rc = Su buhar transferine karşı yüzey direnci direncidir *(s m-1)* (Monteith, 1965).

3.2.2.2.(3). İntersepsiyon Modülü

J2000 hidrolojik modelleme sürecinde, çalışma alanı için radyasyon ve ET değerlerinin hesaplanmasından sonraki aşama, intersepsiyon miktarının hesaplanmasıdır. Çalışma alanına ait intersepsiyon değerleri, J2000 Modeli ***İntersepsiyon Modülü*** ile tahmin edilmiştir.

İntersepsiyon, vejetasyonun toprak üstü kısımları ile tutularak bu kısımlardan buharlaştırılmak suretiyle tekrar atmosfere dönen yağış miktarıdır. İntersepsiyon, açık alana düşen yağışın yüzdesi olarak ifade edilen ölçü birimine sahiptir ve yıllık yağışın toprak yüzeyine varmadan ne oranda buharlaştığı hesaplanabilir. İntersepsiyon miktarı, Seyhan Üst-Havzası gibi dağlık bölgelerde erozyon ve Seyhan Barajı'nda toplanacak su miktarı bakımından önemlidir. Çalışma kapsamında kullanılan J2000 modeli intersepsiyon modülünde azami intersepsiyon miktarı (Eşitlik (3.8.)),

$$Int_{max} = \alpha * LAI \text{ [mm]} \quad (3.8.)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Bu formülde, Int_{max}: Intersepsiyon miktarı, α; birim m^2 yaprak alanının mm cinsinden yağış depolama kapasitesi ve LAI; Yaprak Alan İndeksini ifade etmektedir.

3.2.2.2.(4). Toprak-Su Modulü

Kar erime miktarlarının hesaplanması ile birlikte hidrolojik modelleme sürecinde ***toprak-su modülü*** kullanılarak, yağış ile havza yüzeyine düşen suyun toprağın farklı katmanlarında depolanma miktarları belirlenmektedir. Bu aşamada suyun toprakta orta gözenekli (Middle Pore Storage-MPS) ve büyük gözenekli (Large Pore Storage-LPS) katmanlarında depolandığı kabul edilmektedir. Bununla birlikte bu aşamada tutulmayan suyun, toprak potansiyeline bağlı olarak hangi yüzey akışı bileşenine dahil olduğu da tahmin edilmektedir.

Suyun toprakta hangi oranda ve katmanda tutulduğunun belirlenebilmesi için öncelikle infiltrasyon ve doygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Suyun infiltre olma potansiyelinin hesaplanabilmesi için öncelikle toprağın doygunluk derecesi bilinmelidir. Toprak doygunluğu (Eşitlik (3.9.) eşitliğinde, toprak katmanlarının gözenek büyüklükleri oranlanmaktadır (Anonim, 2009).

$$soil_{sat} = \frac{(MPS_{act} + LPS_{act})}{(MPS_{max} + (LPS)_{max})} \ [-] \qquad (3.9.)$$

Toprak doygunluğu belirlendiğinde, yağış ile yüzeye düşen suyun infiltre olması ya da yüzey akışına gönderilmesi durumu belirlenmektedir. Bu aşamada doygunluk potansiyeli düşük olan toprak katmanında infiltrasyon miktarı belirlenmektedir. İnfiltrasyon için Eşitlik (3.10.)'da;

$$Inf = (1 - soil_{sat}) * maxInf \ [mm/d] \qquad (3.10.)$$

maxINF, toprak katmanının infiltrasyon hızı parametresini ifade etmektedir. İnfiltrasyon ile toprak katmana indirgenen su miktarı belirlendikten sonraki aşamada, suyun toprakta hangi katmanda tutulduğu belirlenmektedir. Orta gözenekte tutulan su miktarı (MPS_{in}) Eşitlik (3.11.),

$$MPS_{in} = Inf * (1 - e^{(distCoef \,/\, PMPS)}) \qquad (3.11.)$$

Inf: İnfiltrasyon miktarı, *PMPS:* yağmur suyu, *distCoef:* toprak türünün sızma katsayısını ifade etmektedir. Üst kısımda bulunan orta gözenekli toprak katmanında tutulan su miktarı belirlendiğinde, bu katmanın infiltrasyon miktarı göz önüne alınarak büyük gözenekli alt toprak katmanında tutulan su miktarı belirlenmektedir. Büyük gözenekli toprak katmanında tutulan su miktarı (LPS_{in}) Eşitlik (3.12a.) ile hesaplanmaktadır.

LPS katmanında bulunan su miktarı belirlendikten sonra doygun toprak içerisinde suyun üst LPS katmanından dikey yönde MPS katmanına süzülme miktarı ve ara-akış ile yüzey akışına karışma miktarları belirlenmektedir. Bu aşamada suyun yatay (ara-akış) ve dikey (süzülme) yönde hareket miktarları belirlenirken toprak türü ve jeolojik yapıda süzülme katsayısı *(maxPerc)* dikkate alınmaktadır. LPS'ten ara-akışa su transferi aşağıdaki Eşitlik (3.12.) ile hesaplanmaktadır.

$LPS_{in} = Inf - MPS_{in}$ [mm] (3.12a.)

$LPS_{out} = Ø_{LPS}^{LOUT} * LPS_{act}$ (3.12b.)

Buradaki su miktarının ***(LPS_{out})*** yatay ve ara-akış hareketi alandaki eğim ve su hareketi kalibrasyon parametresine ***(latVert)*** bağlı olarak hesaplanır (Eşitlik (3.13.).

perc = ***LPS_{out} * (1-tan(slope) * latVert) [mm]*** (3.13.)

Burada *perc* süzülen su miktarını nitelemektedir. Lateral ***(inter)*** su miktarı Eşitlik (3.14.) ile hesaplanmaktadır.

$inter = LPS_{out} * (\tan(slope) * latVert)$ [mm] (3.14.)

LPS katmanından MPS katmanına sızdırılan su miktarı Eşitlik (3.15.) ile hesaplanmaktadır.

$$LPS2MPS = LPS_{act} * \left(1 - e^{\left(\frac{-Diffcoef}{\theta MPS}\right)}\right) [mm] \quad (3.15.)$$

Burada LPS2MPS transfer edilen su miktarını ifade etmektedir. LPS'ten MPS katmanına transfer edilen suyun miktarı gerçek LPS deposu ve difüzyon katsayısına ***(diff)*** bağlıdır.

Modelde toprakta tutulmayan ve alt katmanlara sızdırılmayan suyun yüzey akışı bileşenlerine dahil olma miktarı lateral rota alt modülü ile hesaplanmaktadır. LPS ve MPS potansiyeli hesaplandıktan sonra lateral rota alt modulu yüzey akışı bileşenlerini hesaplamak için aşağıdaki eşitliği (3.16.) kullanır (Anonim, 2009c).

outflow = (1/k) * flowComponent (3.16.)

Burada *outflow*; üst yüzeye verilen suyu ifade etmektedir.

3.2.2.2.(5). Yeraltı Suyu Modulü

Genel olarak yer altı suyu boşalımı toprak katmanının altındaki doygun zonun farklı bölümlerini temsil eden iki depo zonu temel alınarak hesaplanmaktadır. Bu depo zonları içerisinde yukarı yer altı suyu rezervuarı ***(RG1),*** yüksek geçirgen özellikte gevşek yapılı materyalden oluşmaktadır. *RG1* depo zonunun alt katmanında yer alan alt-yer altı suyu katmanı ***(RG2)*** ise çatlak yapıdaki ana kayadır.

J2000 modeli ile yer altı suyu hesaplamalarında model, toprak-su modülünden süzülen suyu temel almaktadır. Burada süzülen su yer altı katmanına gelen suyu ifade etmektedir (Eşitlik 3.17.). Yer altı katmanlarına süzülen bu suyun miktarı birim alanın eğimi ve kalibrasyon parametresine bağlıdır ***(distRG1RG2):***

$$RG1_{in} = perc^{*}\left(1 - \tan\left(slope\right)\right)^{dist\left(RG1,RG1\right)} \qquad (3.17.)$$

Bu eşitlikte $RG1_{in}$ ve $RG2_{in}$ toprak-su modülünden yer altı katmanına süzülen su miktarını ifade etmektedir. Bu katmanlarda RG_2 maksimum depolama kapasitesinde $RG2_{in}$ vasıtasıyla fazla su girişine maruz kaldığında, artan su $RG1_{in}$ vasıtasıyla RG1 katmanına taşınmaktadır. Bu noktada RG1 katmanı depolama kapasitesini aştığında artan su ara-akış akiferler vasıtasıyla pınarlardan yer yüzeyine çıkmakta ve yüzey akışı bileşenlerine karışmaktadır (Anonim, 2009c). Yer altı katmanlarının maksimum depolama kapasitesi aşıldığında yüzeye ya da farklı havza sistemlerine verilen su miktarı, depo miktarı $(RG1/2_{act})$ ve azalma katsayısı $(k_{RG1/2})$ kullanılarak basit lineer fonksiyon ile tahmin edilmektedir. Bu Eşitlik 3.18.'de görülmektedir.

$$RG\,1/2_{out} = 1/k_{RG1/2} * RG\,1/2_{act} \qquad (3.18.)$$

3.2.2.2.(6). J2000 Model Doğruluk ve Hassasiyet Analizleri

Çalışmada kullanılan hidrolojik model yaklaşımının performansının ölçümü Nash-Sutcliffe model etkinlik katsayısı (NSMEK) ve korelasyon katsayısı ile gerçekleştirilmiştir.

NSMEK, hidrolojik modellerin tahmin etme etkinliğini değerlendirmede kullanılan bir katsayıdır ve Eşitlik (3.19.) ile elde edilir (Nash and Sutcliffe, 1970).

$$E=1-\frac{\sum_{t=1}^{T}\left(Q_0^t-Q_m^t\right)^2}{\sum_{t=1}^{T}\left(Q_0^t-\overline{Q_0}\right)^2} \qquad (3.19.)$$

Bu eşitlikte, Q_0, gözlemlenen; Q_m, ise modellenen akımı ifade etmektedir. Q^t_m ise t zamanda gözlemlenen akımı temsil etmektedir. NSMEK değeri model çıktılarında E ile ifade edilmekte ve E değeri $-\infty$ ile 1 arasında değişmektedir. Burada E=1 ifadesi, model doğruluğunun kusursuz olduğunu ifade etmektedir. NSMEK değerinin 0 olması model doğruluğunu ölçüm doğruluğuna yakın olduğunu işaret etmektedir. E<0 ifadesi, gözlemlenen değerin modelleme sonuçlarında daha güvenilir olduğunu ifade etmektedir. NSMEK ölçümünün model performansını değerlendirilmesinde özellikle yüksek akımın bulunduğu alanlarda etkin olduğu bilinmektedir (Nash and Sutcliffe, 1970).

Model performansının değerlendirildiği diğer parametre ise determinasyon katsayısıdır *(r^2).* r^2, genel olarak gözlemlenen ve modellenen değerler arasında bir doğrusal regresyon kurar ve modelin regresyon eğrisine uygunluğunu ifade eder. Bu kapsamda r^2, 0-1 arasında değişmektedir. Model r^2 katsayısının 1'e yaklaşması model tahmin güvenilirliğinin fazla olduğunu ifade etmektedir.

Çalışmada gerçekleştirilen hidrolojik modelleme sürecinde, hidrolojik bileşenlerin fiziki yapıları ve dış etkenlerin temel alındığı parametreler, modül eşitliklerine dahil edilmektedir. Bu parametreler model sonuçlarının doğruluğunu doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle modelleme sürecinde, çalışmada kullanılan parametrelerin model doğruluğuna en fazla katkı sağladığı değer aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Modelin bu amaçla kalibre edilebilmesi için

duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir. Modelin tek/çok boyutlu duyarlılık analizi, Latin - Hypercube (LH) örnekleme algoritması ile entegre edilmiş Monte - Carlo analizi kullanılarak yapılmaktadır. Burada uygulayıcı istediği değişkeni seçebilir ve farklı tesadüfi parametrelerin kombinasyonu ile istediği kadar modeli uygulayabilir. Her bir uygulamaya ait sonuç verisi, parametrelerin, farklı verimlilik ölçümlerinin ve sonuç değişkenlerinin kayıt edildiği tek bir dosyada saklanır (Krause, 2001).

Bu kapsamda J2000 modelinde kullanılan duyarlılık analiz kodları, parametre duyarlılıklarının ölçülmesi için kapsamlı süreçler sağlamaktadır. Bu süreçler, modelin aynı koşullarda çoklu sayıda çalıştırılmasıdır. Bu simülasyonlarda model doğruluğuna katkı sağlayan parametre değer aralıkları belirlenmekte ve modeli kalibrasyonu bu değerler temel alınarak gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın duyarlılık analizleri aşamasında, J2000 modeli her bir parametre için çalıştırılmıştır. Model duyarlılık simülasyonları LH birleştirilerek parametrelerin model doğruluğuna en fazla katkı sağladığı değer aralıkları belirlenmiştir. Bu değer aralıkları kullanılarak model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve hidrolojik modelleme yüksek doğrulukta gerçekleştirilmesine katkıda bulunulmuştur.

3.2.3. Net Birincil Üretim (NBÜ) Modelleme Aşaması

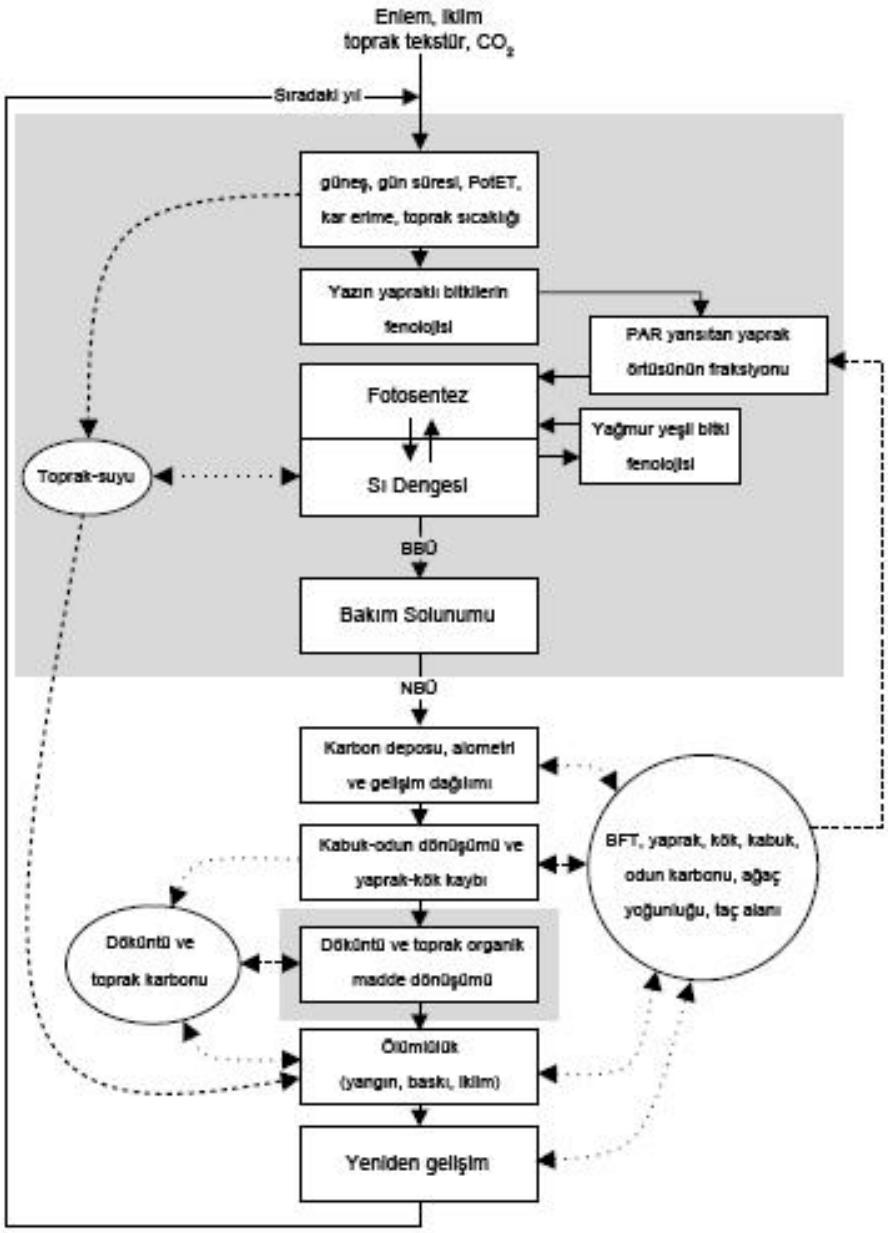
Çalışmanın ikinci aşamasında Seyhan Üst-Havzası için NBÜ modelleme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma gerçekleştirilen NBÜ modelleme uygulamaları kapsamında, alt havza bazında orman meşcere tipleri, tarım alanları ve meralar için NBÜ miktarları belirlenmiştir. Alanda NBÜ'in bir fonksiyonu olarak toprak solunumu, Brüt Birincil Üretim (BBÜ) ve Net Ekosistem Verimliliği (NEV) gibi NBÜ bileşenleri hesaplanmıştır. NBÜ bileşenleri hesaplamalarına döküntü miktarları da dahil edilmiştir. Havzadaki orman meşcere tipleri döküntü miktarları, ağaç kapalılık yüzdesi ve arazi ölçümleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, döküntü miktarları ve karbonunun belirlenmesinde, çalışma alanının bir bölümünde farklı bir çalışma kapsamında Meydan ve ark., 2008 tarafından gerçekleştirilen arazi çalışmalarından elde edilmiş döküntü ölçümleri kullanılmıştır. Çalışmada, net birincil üretim bileşenleri temel alınarak alt havza bazında karbon dağılımı

hesaplanmıştır. Alt havzalara ait sonuçların birleştirilmesi Seyhan Üst-Havzası için güncel durum ve 2070-2099 yılları için iklim değişikliği etkileri altında karbon bütçesi belirlenmiştir.

3.2.3.1.BIOME-BGC Modelleme Sistemi

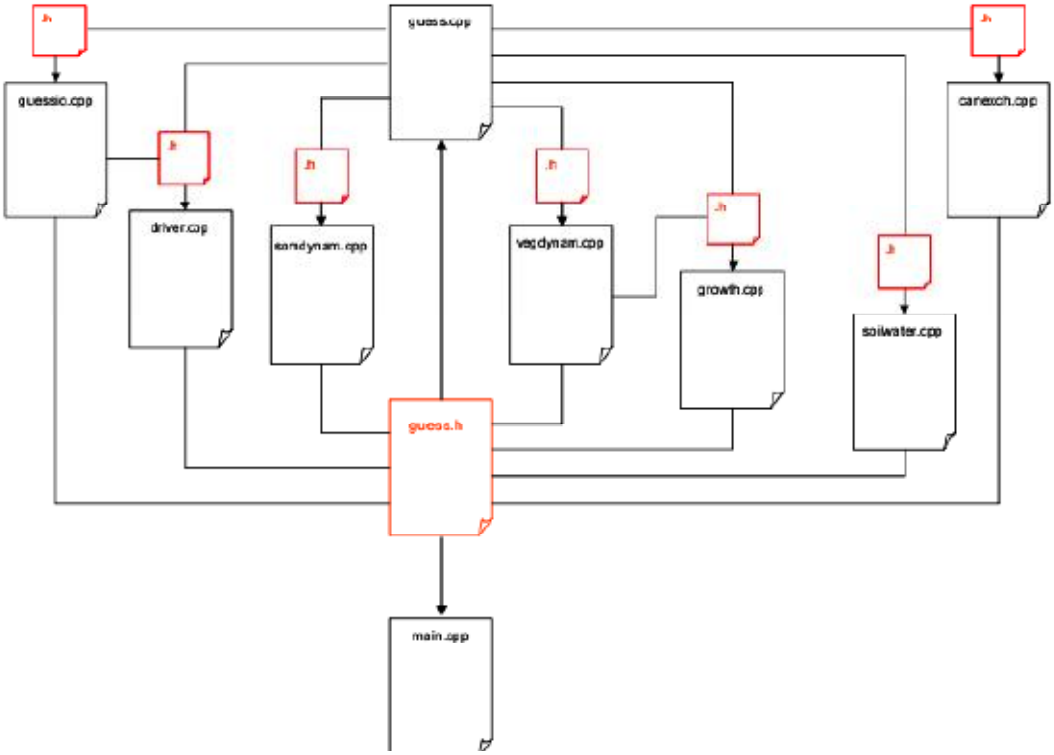
Çalışmada Seyhan Üst-Havzası alt havzaları için orman türleri, tarım alanları ve meralar için NBÜ miktarları BIOME-BGC model yaklaşımı kullanılarak belirlenmiştir. BIOME-BGC, Montana Üniversitesi (ABD), Orman Fakültesi, Numerik Terradinamik Simülasyon Grubu (Numerical Terradynamic Simülation Group-NTSG) tarafından bölgesel ve küresel ölçekte vejetasyon dinamikleri ve vejetasyonun biyokimyasal özelliklerinin belirlenebilmesi için geliştirilmiş matematiksel bir modeldir. Model algoritması C++ programlama dilinde oluşturulmuştur ve NBÜ bileşenlerini süreç tabanlı olarak hesaplamaktadır.

BIOME-BGC modeli ile karbon, su ve nitrojen olmak üzere üç hayati ekosistem bileşeni modellenebilmektedir. Çalışmada bu modelin kapsamı, NBÜ miktarlarına bağlı olarak karbon bütçesi ve net ekosistem verimliliği hesaplanmaları ile sınırlı tutulmuştur. Modelin kavramsal yapısı Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. BIOME-BGC Modeli kavramsal yapısı (Thornton, et al., 2002).

Model, ekosistem dinamikleri ve süreçlerinin modellenmesi için esnek bir platformdur. Bunun sebebi her bir ekosistem bileşeninin farklı modüllerde doğadaki etkileşim fonksiyonlarına dayandırılarak hesaplanmasıdır. Modüllerin birbirleri arasındaki ilişkileri içeren dosya yapısı Şekil 3.19'de verilmiştir.



Şekil 3.19. Model dosya yapısı (Smith, 2001).

Bu süreçte model girdi-çıktı veri modülü, sürücü modülü, kanopi değişim modülü, toprak-su modülü, toprak organik madde dinamikleri modülü ve gelişim ve vejetasyon modülleri olmak üzere toplamda yedi adet modül içermektedir (Sitch, 2003, Smith, 2001).

Model simülasyonları yönetim dosyasında belirlenen zaman aralığı ve veriler potansiyeli çerçevesinde gerçekleşmektedir. Modelin girdi-çıktı modülü iklim, atmosferik CO_2, toprak ve BFT verilerini yönetim dosyasından okumaktadır. Bu şekilde yönetim dosyasında belirtilen simülasyon sürecini başlatır. Bu modül ayrıca modelin ürettiği çıktı verilerinin oluşturulmasında da sorumludur.

Modelin sürücü modülü, girdi verilerinin işlenmesini gerçekleştirmektedir. Burada verilerin diğer modüllerde kullanılmak üzere düzenlemesi işlemi gerçekleşir. Örneğin toprak sıcaklığı, hava sıcaklığı ve toprak yapısı ile yakından ilişkilidir. Sürücü modülü farklı modüle transfer edilmek üzere bu veriler ile toprak sıcaklığını üretir.

Atmosfer ve kanopi arasındaki CO2 ve H2O günlük değişimleri kanopi değişim modülü ile düzenlenmektedir. ET, solunum, NBÜ ve vejetasyon-karbon asimilasyonu süreci bu modül ile gerçekleştirilmektedir.

Toprak-su ve toprak organik madde modülleri ile, nemden oluşan toprak suyu, kar tane büyüklüğü, yüzey akışı; ölü yaprak ve toprak organik madde havuzu arasındaki karbon transferini hesaplanmaktadır. Gelişim modülü ise vejetasyondaki karbon alokasyonu, ölü yaprak karbonu, bitki doku gelişimi ve yaprak fenolojisinin gelişim sürecini hesaplamaktadır. Bitkinin ölümlülük ve çevresel baskılarda gördüğü değişim ise vejetasyon dinamikleri modülü ile simüle edilmektedir.

Modelde, tüm modüllerin entegrasyonu ile birlikte fotosentez ile elde edilmiş ve bitkinin farklı bölümlerinde farklı miktarlarda depolanan karbon miktarı bitkinin farklı süreçlerinin alometrik ilişkilerine dayandırılarak hesaplanmaktadır. Burada özellikle fenolojiye bağlı olarak bitkinin üretimi (production), ölümü (mortality) ve yeni bitki oluşumu (establishment) süreçleri modelde simüle edilmektedir.

3.2.3.1.(1). Bitki Fonksiyonel Tipleri (BFT) ve Model Hesaplamaları

BIOME-BGC modelinde bir grid hücresi içerisinde yer alan vejetasyon, bitki fonksiyonel tipleri ile temsil edilmektedir. BFT, Dinamik Global Vejetasyon Modellerinde farklı orman meşcere tiplerine ait fonksiyonların tanımlandığı bir model girdisidir. Orman meşcere tipinin fizyolojik özellikleri ve yaşam süresine bağlı olarak oluşturulan BFT, BIOME-BGC modelinde bitki türlerine ait özelliklerin modelleme sürecine dahil edilmesini sağlayan en önemli girdi verisidir (Sitch et al., 2003). Bunun nedeni BFT verisinin, tür bazında vejetasyon fonksiyonlarını tanımlayarak modelleme sürecindeki karmaşıklığı gidermesidir. BFT verisi modelleme sürecinde, türlerin filo-genetik olmayan ve çevresel etmenlere verdiği benzer tepkilerin kendi içerisinde ayrılmasını sağlayan bir ayrım fonksiyonu sağlamaktadır. Benzer taksonomik gruplar benzer özellikler gösterebilse de her bir türe ait BFT ile tanımlanan benzer morfolojik, fizyolojik, yaşam özniteliği bilgileri, model simülasyonlarında türlerin ayrımını sağlamaktadır. Örneğin Quercus coccifera türü, sık dallı 2-3 m boyunda herdem yeşil bir çalı ya da çok nadir olarak 10 m'ye

boylanan ufak ağaç şeklindedir. Quercus cerris ise, gövdesi 2 m çapında, tacı gençlikte konik yaşlandıkça genişleyen bir orman ağacıdır. Bu iki türün sahip olduğu fizyolojik özellikler, BIOME modelini geliştiren araştırıcılar tarafından BFT dosyalarında tanımlanmıştır. Bu şekilde, her bir türün fotosentez sürecindeki kapasitesi, modele tanımlanabilmektedir.

BIOME-BGC modelinde her bir grid hücresi için tanımlanan BFT verisi üç bölüm içermektedir. İlk bölümde, boreal, tropik, Akdeniz vb. olmak üzere ağacın bio-klimatik niteliği tanımlanmaktadır. İkinci bölümde, ağacın iğne-yapraklı, geniş-yapraklı, yaprak döken vb. olmak üzere fenolojik özellikleri kullanılmaktadır. Diğer bölüm ise taç genişliği (m2), yaprak kütlesi (Cleaf) spesifik yaprak alanı (SLA) vb. gibi vejetasyon türlerinin öz nitelik bilgilerinin tanımlandığı parametrelerden oluşmaktadır.

BIOME-BGC modülleri ile NBÜ bileşenlerinin hesaplanmasında ilk aşamada tanımlanan parametreler temel alınarak, iklim, toprak ve atmosferik CO_2 konsatrasyonu etkileri altında popülasyon ve toprak biyokimyası için mücadele bazında vejetasyon yapısı dinamiklerini simüle etmektedir. Bir sonraki adımda model, her bir BFT'ye göre brüt birincil üretim ve brüt birincil üretimden çıkarılan solunum hesaplanmaktadır. Bu şekilde NBÜ miktarı ortaya çıkmaktadır.

Her bitki herdem-yeşil, yaprak döken vb. gibi farklı fenolojik özelliğe sahiptir. Bitkinin bu özellikleri modelde BFT öznitelikleri ile tanımlanmakta ve simülasyon bu bazda gerçekleşmektedir. Örneğim herdemyeşil bitkilerin tahmini yaprak yaşam süresinin bir yıldan fazla olduğu ve bu süre ve yaprak yayılımının su stres faktörüne göre değiştiği gerçeği kullanılmaktadır.

Su stress faktörü ve bunun verimlilik üzerine etkisi su potansiyeline bağlıdır. Burada 50 cm ve 1 m derinlikte olmak üzere iki farklı toprak katmanında depolanan su miktarı kar erime, yağış, yüzey akışı ve ET bileşenleri ile hesaplanmaktadır. Burada yağış, hava sıcaklığının -2 ^{0}C'nin altına düştüğünde kar olarak kabul edilmesi ile erime süreci başlar (Eşitlik 3.20.) (Sitch, 2003).

$$melt = (T_a+2) * k_{melt} \quad (3.20.)$$

Burada T_d, sıcaklık değeri ve k_{melt} ise sabit erime faktörüdür. Bu süreçte toprak tekstürüne bağlı olarak su tutma kapasitesi belirlenir ve yüzey akışı ve drenaj iki toprak katmanı için belirlenir. ET miktarı her BFT için minimumu toprak-bitki besleme fonksiyonu (E_{supply}) ve atmosferik gereksinim (E_{demand}) temel alınarak hesaplanır (Eşitlik 3.21.).

$$ET = \min [E_{supply} * E_{demand}] \quad (3.21.)$$

Burada E_{supply}, yaprak-kök ağırlıklandırılmış toprak nem potansiyel üretim katsayısıdır. E_{demand} ise evaporasyon etkinliği ve yüzey iletkenliğine bağlı olarak hesaplanır (Eşitlik 3.22.). E_{pot}, enlem, sıcaklık, güneşlenme süresi kullanılarak hesaplanan ET oran katsayısıdır.

$$E_{demand} = E_{pot} \propto \left[1-\exp\left(\frac{-g_{pot}\emptyset}{g_m}\right)\right] \quad (3.22.)$$

Bu faktörler kullanılarak bitkinin su stress faktörü her bir tür için aşağıdaki eşitlikle hesaplanır. Bu faktör model zamansal çözünürlüğüne bağlı olarak tür gelişimi için günlük ya da aylık bazda gelişim miktarını doğrudan etkiler (Monteith, 1995, Haxeltine and Prentice, 1996).

$$\infty = \min\left\{1*\frac{E_{supply}}{E_{demand}}\right\} \quad (3.23.)$$

Su stres faktörü ile birlikte bitkinin gelişimi ve verimliliğini etkileyen en önemli aşama fotosentezdir. LPJ modelinde fotosentez potansiyelinin belirlenmesi için Farquar yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda yaprakların nitrojen içeriğinin

dönemsel olarak çeşitlendiği ve bu şekilde yaprak düzeyinde net karbon asimilasyonunu gerçekleştiği temel alınmaktadır. Bu temelde fotosentez C_3 ve C_4 bitkileri düzeyinde farklı eşitliklerle hesaplanmaktadır. C_3 bitkileri asimilasyonu A_{nd} Eşitlik 3.24. (Haxeltine and Prentice, 1996),

$$A_{nd} = I_a \left(\frac{c_1}{c_2}\right) [c_2\text{-}(2\emptyset\text{-}1)\text{-}2(c_2\text{-}\emptyset)] \quad (3.24.)$$

$I_{d,}$ absorbe edilmiş fotosentetik aktif radyasyonun integrali, θ ise ışığın limitasyonunu gerçekleştiren sabit şekil parametresidir. Bitkiler için ışığa bağlı olarak gün içindeki asimilasyon oranı A_{dt} atmosfer ve hücreler arası CO_2 difüzyonuna bağlı olarak hesaplanır (Eşitlik 3.25.).

$$g_c = g_{min} + \frac{1.6A_{dt}}{[c_a(1\text{-}\lambda)]} \quad (3.25.)$$

Burada g_{min}, BFT spesifik kanopi iletkenliği, C_a ise CO_2 mol franksiyonudur. Toplam A_{dt}, bu faktörler ve A_{nd}'ye bağlı olarak gece solunumunun da eklenmesi ile belirlenir. Bu süreçten sonra bitki bakım solunumu simülasyonda C/N oranı, sıcaklık, üst ve alt dokular ile doku bioması ve fenoloji katsayısı kullanılarak Eşitlik (3.26.) hesaplanır (Smith, 2003).

$$R_{leaf} = r \cdot \frac{C_{leaf}}{cn_{leaf}} \phi \cdot g(T)$$

$$R_{sapwood} = r \cdot \frac{C_{sapwood}}{cn_{sapwood}} g(T) \quad (3.26.)$$

$$R_{root} = r \cdot \frac{C_{root}}{cn_{fineroot}} \phi \cdot g(T_{soil})$$

Burada r, tür bazında solunum oranı, R_{leaf}, yaprak, $R_{sapwood}$, kabuk ve R_{root} da kök solunumunu ifade etmektedir. Günlük bakım solunum oranları tüm dokuların toplamı olarak yıllık solunuma verilmek üzere her bir tür için toplanır. Bu değer tür popülasyon yoğunluk katsayısı *(P)* ile çarpılarak yıllık solunum (R_m) Eşitlik (3.27.) ile bulunur.

$$R_m = \left\{ \sum_{d=1}^{365} \left(R_{leaf} + R_{sapwood} + R_{root} \right) \right\} \cdot P \qquad (3.27.)$$

Bakım solunumunun brüt birincil üretimden çıkarılmasından sonra kalan miktarın %25'i yeni dokular üretmek için gelişim solunumuna ayrılır. Buna bağlı olarak yıllık NBÜ ise Eşitlik (3.28.) ile hesaplanır.

$$NPP = 0.75\ (BBÜ\text{-}R_m) \qquad (3.28.)$$

Burada BBÜ, brüt birincil üretimi ifade etmektedir (Smith, 2003).

BBÜ, bitkiler fotosentez aracılığıyla ürettikleri karbon miktarıdır. Ekosistemde BBÜ, toprak altı ve toprak üstü biyoküle miktarlarının tümünü ifade etmektedir (Eşitlik 3.29).

$$GPP = NBÜ_{TÜ}(D + L) + NBÜ_{TA} \qquad (3.29.)$$

Burada *L;* biokütle kaybı, *D;* döküntü karbonu, $NBÜ_{TA}$, toprak karbonu ifade etmektedir. $NBÜ_{TÜ}$ ise, toprak altı NBÜ ise bitkilerde ve meşcere bazında döküntü depolanan karbon miktarının toplamıdır.

Ekosistemin performansı BBÜ, biokütle kaybı ve toprak solunumunun farkı ile ölçülmektedir. Bu fark net ekosistem verimliliğini ifade etmekte ve Eşitlik (3.30.) ifade edilmektedir (Lange, 2010).

$$NEV = BBÜ\text{-}L\text{-}R_H \quad (3.30.)$$

BBÜ ile solunumun farkı pozitif (+) olan ekosistemler, sahip oldukları karbon tutma potansiyeli ile yutak özelliği göstermektedir. Yutak özelliği gösteren ekosistemler, sahip oldukları karbon tutma yeteneği ile önem taşımaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin etkileri altında karbonun ekosistemde tutulması, atmosferde CO_2'in azaltılabilmesi açısından önemlidir. NEV negatif (-) olan ekosistemler ise, salınım gösterdikleri karbon miktarı tuttukları karbondan fazla olduğu için karbon kaynağı özelliği göstermektedir.

BIOME-BGC modeli ile Seyhan Üst-Havzası NBÜ bileşenlerinin hesaplanmasında geniş bir veri setine ihtiyaç duyulmuştur. BFT ile birlikte bu veri setini arazi örtüsü ve toprak bilgisi ve meteorolojik veriler oluşturmaktadır.

3.2.3.1.(2). Arazi Örtüsü Haritasının Oluşturulması

Arazi örtüsü haritası, çalışmada BIOME-BGC model ile NBÜ miktarlarının hesaplanabilmesi için kullanılan girdi veri setinde yer alan en önemli verilerden birisidir. Çalışmanın NBÜ modelleme aşamasında kullanılan arazi örtüsü haritası, hidrolojik modelleme aşamasında MO yöntemi ile elde edilen arazi örtüsü haritasının meşcere bazında revize edilmesi ile elde edilmiştir. Revize edilen bu harita kapsamında belirlenen vejetasyon sınıfları, model girdi verisi formatında belirlenen BFT tipleri ile ilişkilendirilmiştir.

3.2.3.1.(3). Toprak Bilgisinin Oluşturulması

Çalışmada kullanılan toprak haritası, FAO (Food and Agriculture Organizaton) tarafından belirlenmiş büyük toprak gruplarına göre düzenlenmiş ve

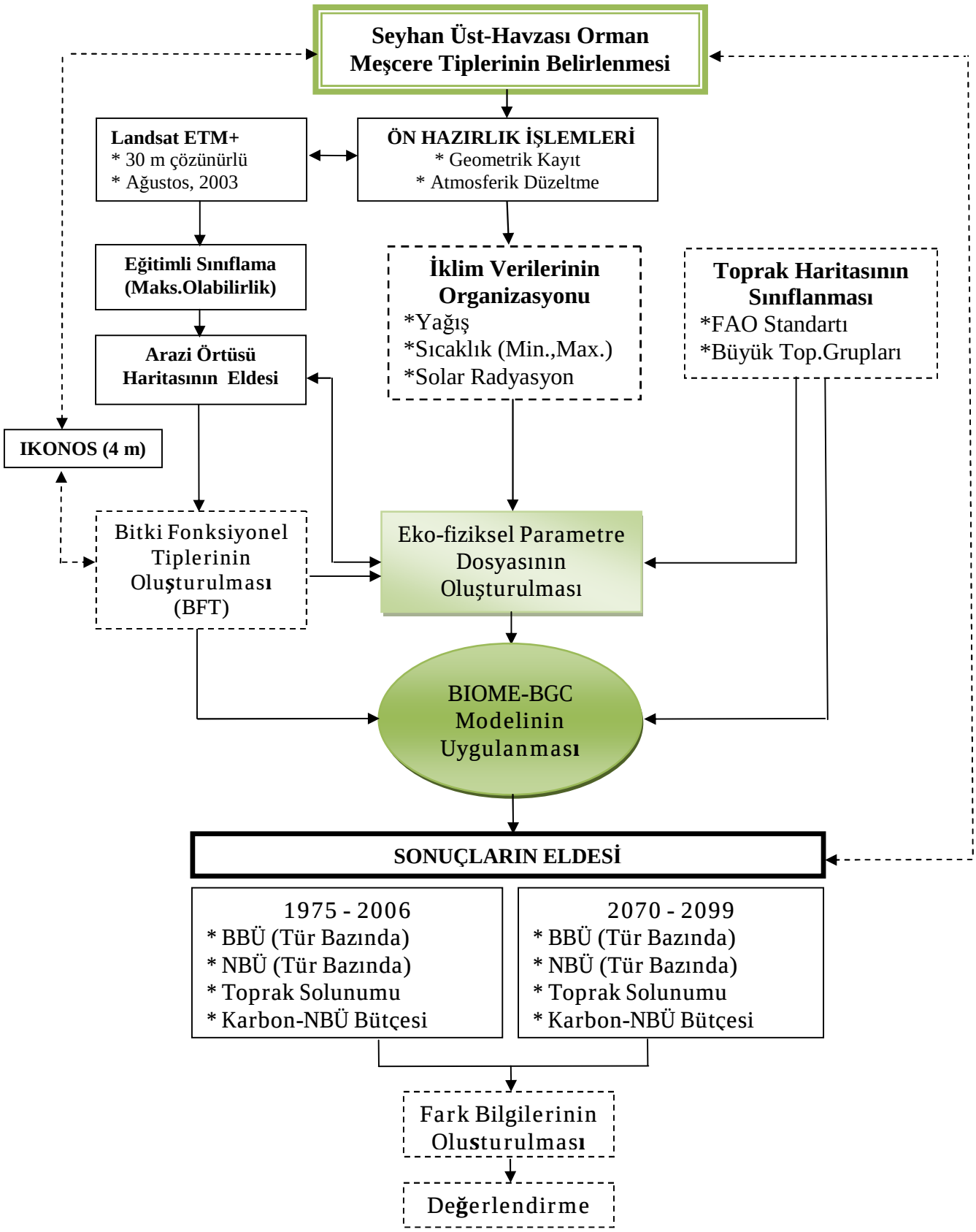
model hesaplamalarına dahil edilmiştir. BIOME-BGC modeli, NBÜ bileşenlerinin hesaplanmasında alanın toprak özelliği ile birlikte toprak derinliğine de ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle NBÜ modelleme aşaması için oluşturulan toprak haritasına hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan derinlik bilgileri de eklenmiştir. Bu şekilde, BIOME-BGC modelinin ihtiyaç duyduğu toprak bilgileri hazır hale getirilmiştir.

3.2.3.1.(4). Meteorolojik Verilerin Oluşturulması

Çalışmanın NBÜ modelleme aşamasında, havza ve çevresinde yer alan istasyonlardan günlük bazda elde edilmiş sıcaklık, yağış ve güneşlenme süresi verileri kullanılmıştır. Geleceğe yönelik durumu gösteren iklim verileri, GCM modeli ile tahmin edilmiş ve NBÜ'in geleceğe yönelik tahmininde kullanılmıştır.

3.2.3.2. BIOME-BGC Modelleme Süreci

Çalışmada, Seyhan Üst-Havzası için NBÜ bileşenleri, hidrolojik modelleme aşamasında oluşturulan alt havzalar bazında BIOME-BGC modeli ile tahmin edilmiştir. Karmaşık havza ekosistemlerindeki doğal bileşenlerin hesaplanmasında kullanılan süreç tabanlı BIOME-BGC modeli ile NBÜ tahmini günlük bazda yapılmıştır. Çalışmada, NBÜ modelleme sürecinde elde edilen toprak ve arazi örtüsü bilgileri, BFT bilgilerini de içeren eko-fiziksel parametre dosyasına aktarılmış ve modelin bu dosyadaki bilgileri okuyarak çalışma alanı alt havzaları için lokal hesaplama yapabilmesi sağlanmıştır. Çalışmada BIOME-BGC modeli ile NBÜ bileşenlerinin hesaplanması süreci Şekil 3.20'de görülmektedir.



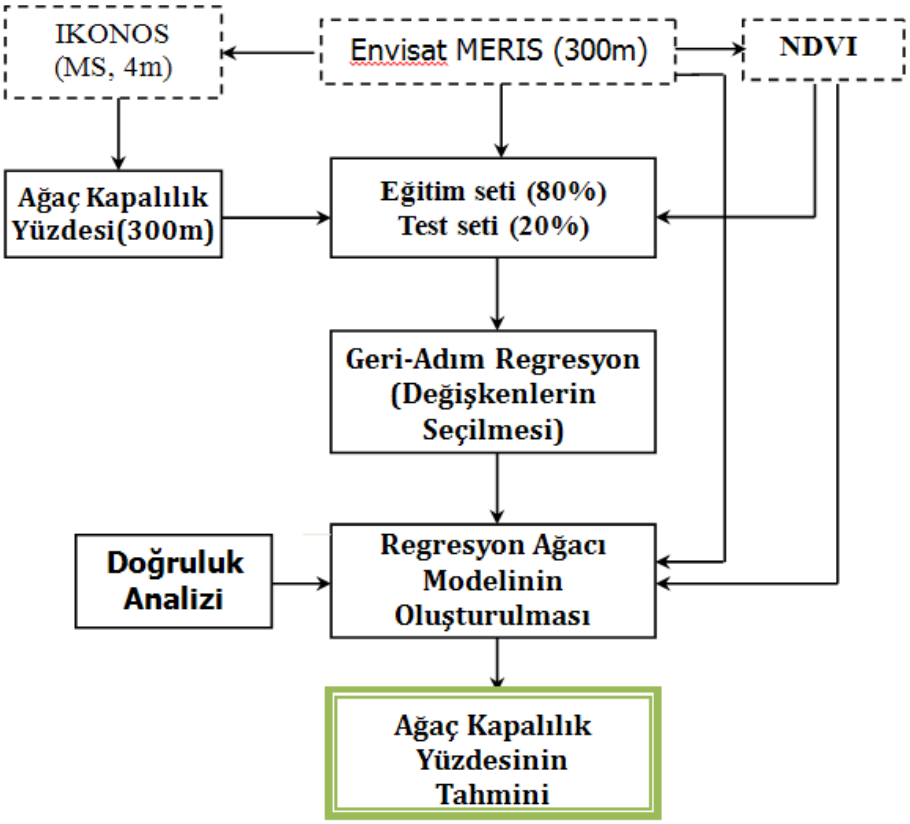
Şekil 3.20. NBÜ Modelleme Süreci Akış Şeması.

3.2.3.3. Döküntü Dağılımının Belirlenmesi

Çalışmada, Seyhan Üst-Havzası için NBÜ bileşenlerinin tahmini aşamasında orman meşcereleri bazında döküntü miktarları da belirlenmiştir. Döküntü miktarları NBÜ hesaplamalarında dahil edilerek alt havzalar bazında karbon bütçelerinin belirlenmesinde girdi verisi olarak kullanılmıştır. Çalışmada, döküntü miktarları ve dağılımı ağaç kapalılık yüzdesi haritası ile arazi çalışmalarından elde edilmiş döküntü miktarlarının ilişkilendirilmesi ile elde edilmiştir.

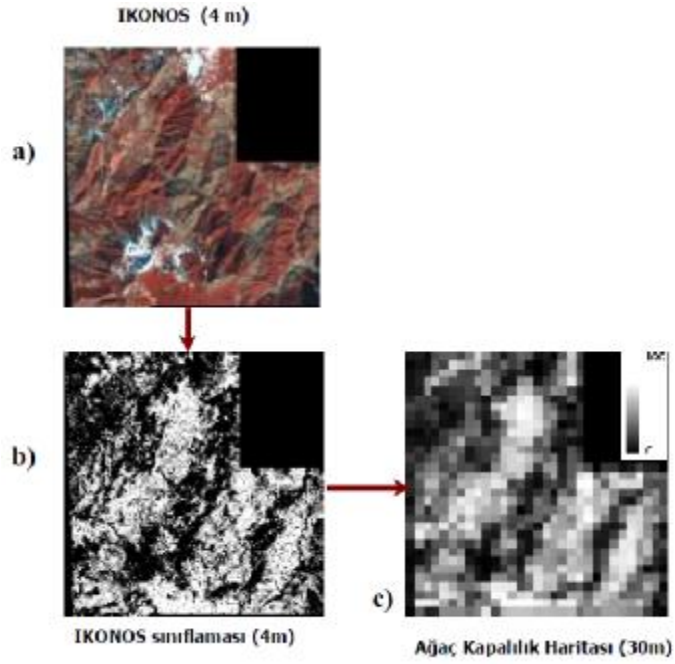
Bu çalışmada ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için karar ağacı yöntemlerinden biri olan regresyon ağacı yöntemi kullanılmıştır. Karar Ağacı yöntemi, sınıflama ağacı ve regresyon ağacı olmak üzere ikiye ayrılır. Sınıflama Ağacı yöntemi, kategorik değişkenlerin (arazi örtüsü vb.) hesaplanmasında kullanılırken, regresyon ağacı da sürekli değişkenlerin (ağaç kapalılık yüzdesi vb.) hesaplanmasında kullanılır (Dönmez ve Berberoğlu, 2008).

Çalışmada kullanılan regresyon ağacı yöntemi, sürekli değişkenlerin tahmini için eğitim verisi kullanarak kural tabanlı tahminler yapabilen bir algoritma kullanır. Bu algoritma, kapalılığın tahmini için veri setini homojen gruplara ayırır ve her ayrımda ayrı bir lineer regresyon kullanır (Hansen ve ark., 2003). Bu çalışmada regresyon ağacı yöntemi ile ağaç kapalılığının tahmini 5 aşamada yapılmıştır; i) referans ağaç kapalılık yüzde haritasının oluşturulması, ii) Envisat MERIS verileri üzerinden metriklerin (dönüşümler) oluşturulması, iii) tahmin edici değişkenlerin üretilmesi, iv) ağaç kapalılığının modellenmesi ve doğruluk analizi, v) ağaç kapalılığının haritalanması (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Regresyon Ağacı Modeli Akış Şeması

Regresyon ağacı modelinin ilk aşamasında, ağaç oranını gösteren güvenilir bir yersel verinin hazırlanması için, havzanın farklı bölümlerinde tür çeşitliliğinin yoğun olarak bulunduğu alanlara ait 3 adet 4 m çözünürlüklü IKONOS verisi siyah beyaz pankromatik band ile birleştirilerek 1m çözünürlük sağlanmıştır. Her bir IKONOS verisi, ağaç bulunan ve bulunmayan alanları gösterecek biçimde, eğitimli sınıflama tekniğiyle sınıflanmış ve LANDSAT verileriyle uyumlu olması için 30m çözünürlüğe dönüştürülmüştür (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. a) IKONOS Görüntüsü (4 m), b) Sınıflanmış IKONOS Görüntüsü (ağaç bulunan-bulunmayan alanlar) (4 m), c) Ağaç Kapalılık Referans Haritası (30 m) (Dönmez ve Berberoğlu, 2007; Meydan, 2008).

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 (Eşitlik 3.31.).

$$C_p = p + \frac{(n-p)(s_p^2 - \sigma^2)}{\sigma^2} \qquad (3.31.)$$

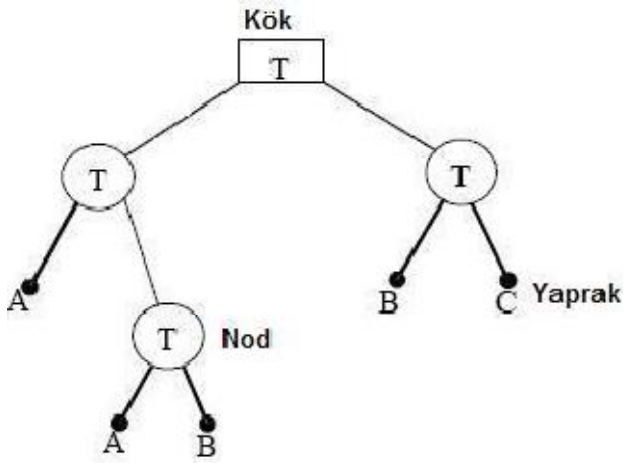
Eşitlikte;

n- eğitim verisinin sayısı,
p- tahmin edici değişkenlerin sayısı,
Sp2- 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 (Meydan, 2008).

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 3.23). En iyi belirleyici 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 (Breiman ve ark., 1984; Kurt ve ark., 2007; Meydan, 2008).



Şekil 3.23. Regresyon Ağacının Gösterimi (Kurt ve ark., 2007; Meydan, 2008).

Regresyon ağacı, homojen alt kümelerine veri setini böler, bölünmüş veri seti, hedef değişkenlerin (Ybar) ortalamasındaki sapmayı düşürme yöntemine dayalıdır. (Yi) ise, her verinin hedef değişkenidir. Süreç, bütün tahmin edicilerin ve sapmayı düşüren olası kesme noktaları üzerinde çalışır. D, sapmayı ifade eder ve (Eşitlik 3.32) ile açıklanır (Rokhmatuloh, 2005).

$$D(\text{toplam}) = \Sigma\ (Yi -- Ybar) \qquad (3.32.)$$

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 (Eşitlik 3.33.),

$$D = \sum_{(j)} (y_i - u_j^2) \qquad (3.33.)$$

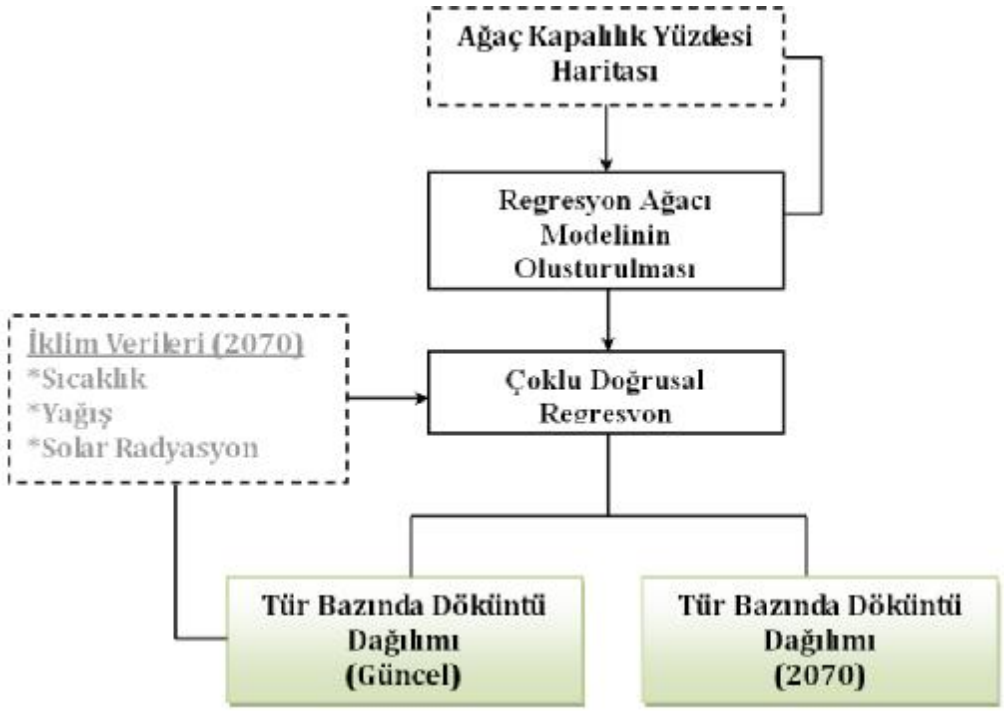
D değişkeni, y' nin tüm j bileşeninden ve bu bileşenlerin ortalama değeri olarak u' nun kullanılmasından hesaplanır. Bu yöntem içinde model, tüm değerleri kullanarak analizi gerçekleştirir.

Regresyon ağacı oluşturulduktan sonra, modelin kalitesi ve doğruluğunu

ölçmek için, ağacın ortalama hatası belirleyicidir (Majid, 2006); g; veri setinden regresyon düzeyini, N; ağacı oluşturan örnek sayısını, yi; 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 arazi çalışmalarından elde edilmiş tür bazında döküntü ölçüm miktarları birleştirilmiştir. Bu aşamada geleceğe yönelik iklim verileri, döküntü ölçüm miktarları ve ağaç kapalılık yüzdesi kullanılarak doğrusal regresyon kurulmuş ve geleceğe yönelik döküntü dağılımı haritalanmıştır. Döküntü dağılımı haritalama sürecine ait akış şeması Şekil 3.24'te görülmektedir.



Şekil 3.24. Döküntü dağılımı haritalama sürecine ait akış şeması.

3.2.4. Seyhan Havzası Bileşenleri Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi

Alt havza bazında J2000 modelinden güncel durum ve 2070 yılı için elde edilecek hidrolojik bileşenlere ait tahmin sonuçları birleştirilmiş ve Seyhan Üst-Havzası için hidrolojik bileşenleri ve toplam su bütçesine ait genel sonuçlar elde edilmiştir. Su ve karbon bileşenleri ve bütçelerine ait genel sonuçların yıl içerisindeki değişimleri birbirleri ile karşılaştırılmış ve Seyhan Üst-Havzası ekosistem bileşenleri arasındaki etkileşim düzeyleri ortaya konulmuştur. Hidrolojik bileşenler ve karbon bileşenleri arasında ilişkinin belirlenmesi için her bir ekosistem bileşeni arasında çoklu-doğrusal regresyon kurulmuştur. Regresyon analizi ile bileşenler arasındaki ilişkinin yönü ve düzeyi belirlenmiştir. Bileşenlerin birbirleri ile karşılaştırılmasında Korelasyon Katsayısı (r) dikkate alınmıştır. r, -1 ve 1 dahil olmak üzere bunlar arasında değerler almaktadır. İki değişken arasındaki r pozitifse, değişkenlerin arasında doğru orantı ve aynı yönlü bir etkileşim olduğunu ifade etmektedir. r=0 durumu, değişkenlerin arasında ilişki olmadığına işaret etmektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

4.1.1. Topoğrafik Yapı ve Sayısal Yükseklik Modeli Haritası

Seyhan Havzası, Göksu ve Zamantı Nehirleri kollarının su toplama havzaları ile 560 km uzunluğundaki Seyhan Nehri'ni de içine alan, Türkiye'nin en önemli havzalarından birisidir. Havza deniz düzeyinden başlayarak topoğrafik yapı bakımından ova, eşik alanlar ve dağlık alanlar biçiminde dizilim gösteren değişken bir yapıya sahiptir (Berberoğlu, 2009).

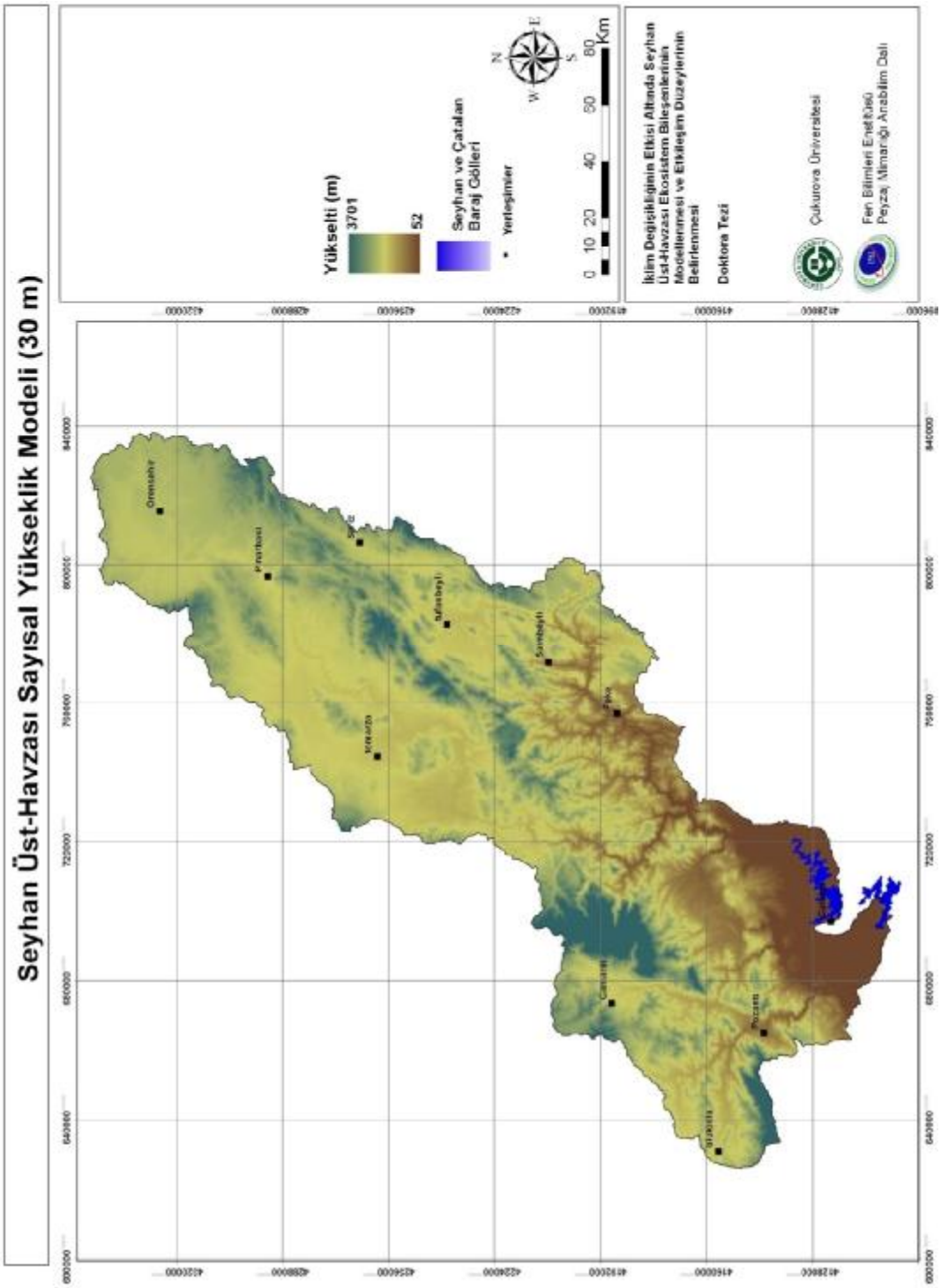
Havzanın engebeli arazi yapısının hidrolojik modelleme yaklaşımına entegre edilebilmesi, alandaki su hareketinin belirlenebilmesi için çok önemlidir. Topoğrafik yapının model hesaplamalarına dahil edilmesi için topoğrafik haritalar kullanılarak üst-havzanın Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmuştur.

SYM, hidrolojik modelleme sürecinde çalışma alanındaki topoğrafik yapı ve yükselti durumu hakkında bilgi sağlayan en önemli yersel girdi verisidir (Şekil 4.1). SYM, hidrolojik modelleme uygulamaları için kullanılan girdi verilerinden eğim, bakı, nehir akım ağı, akım yönü ve potansiyeli verilerinin oluşturulabilmesinde kullanılmıştır.

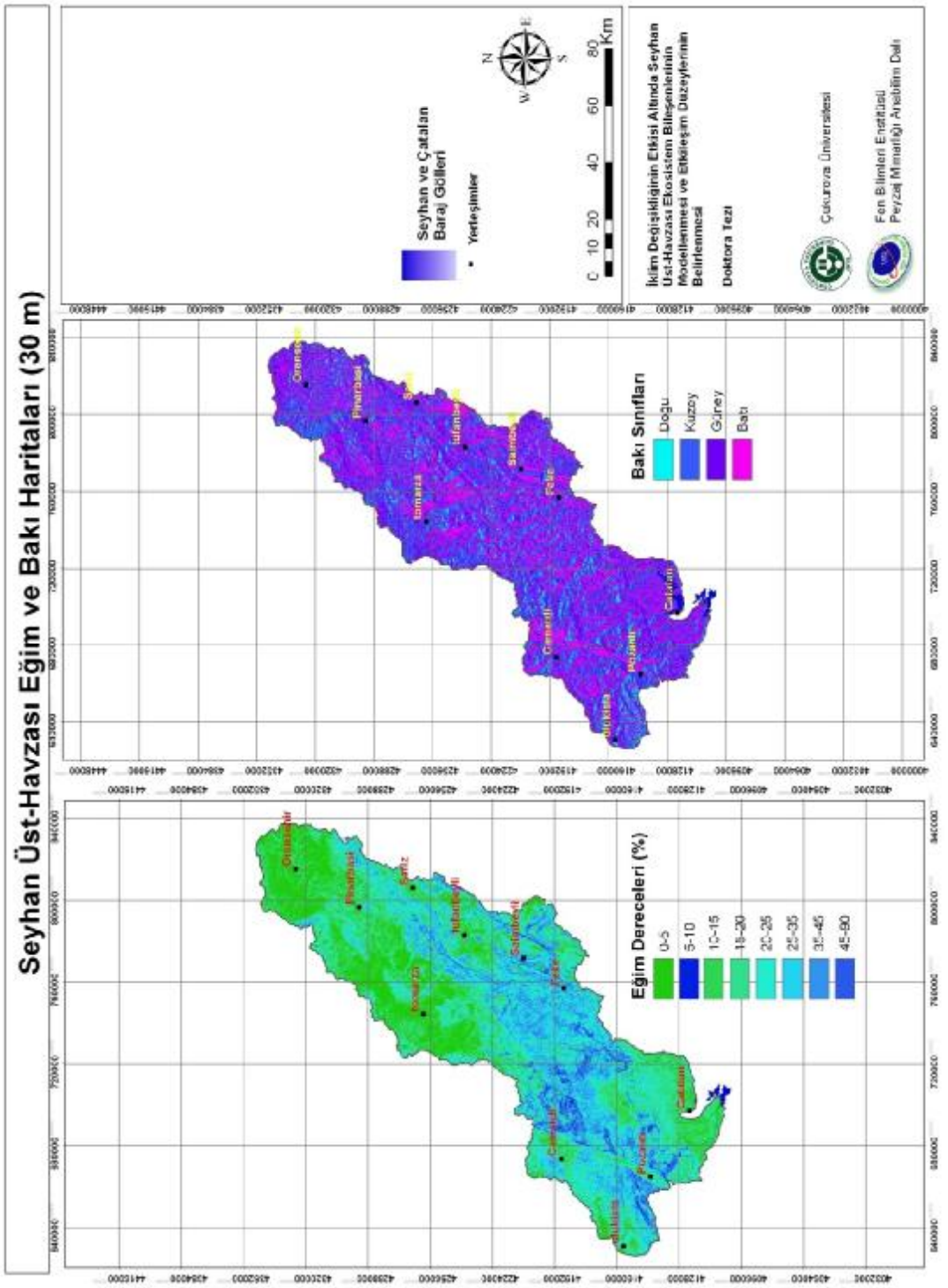
Seyhan Nehri Havzası gibi kompleks nehir sistemlerinde yapılacak hidrolojik modelleme uygulamalarında, arazideki eğim miktarı ve bakı yönlerinin ölçülmesi önemlidir. SYM verisindeki iki piksel arasındaki bir çizgi boyunca yatay mesafedeki yükseklik değişiminin oranının, tanımlanmasıyla oluşturulan eğim verisi, havzadaki akım potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle çalışma alanındaki eğim sınıfları, alandaki yüzey akışının modellenebilmesinde önemli rol oynamaktadır. Eğim verisi ile birlikte, eğimin bakısı, özellikle Toros Dağlarında yerel iklim üzerinde çok etkili olması sebebiyle, modelleme için önem taşımaktadır.

Modellemede kullanılmak üzere SYM kullanılarak elde edilmiş 30 m çözünürlü eğim ve bakı haritaları Şekil 4.2a ve 4.2b'de görülmektedir. Çalışmada

kullanılan eğim ve bakı haritaları modelde kullanılmak üzere 30 m çözünürlükte üretilmiştir.



Şekil 4.1. Seyhan Üst-Havzası Sayısal Yükseklik Modeli.



Şekil 4.2. Seyhan Üst-Havzası eğim haritası (a); bakı haritası (b).

Eğim haritasına ait derece sınıflarının yüzde ve alansal dağılımları Çizelge 4.1'de, çalışma alanının bakı haritasındaki sınıflara ait alansal değerler Çizelge 4.2'de ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1. Seyhan Üst-Havzası eğim sınıflarının alansal dağılımları ve yüzdeleri.

Eğim Dereceleri (%)	**Alan (km²)**	**Yüzde (%)**
0-5	5023.40	26.55
5-10	3748.36	19.81
10-15	3060.98	16.18
15-20	2489.57	13.16
20-25	1908.43	10.09
25-35	1842.01	9.73
35-45	659.03	3.48
45-90	191.28	1.01

Çizelge 4.2. Seyhan Üst-Havzasıbakı sınıflarının alansal dağılımları ve yüzdeleri.

Bakı Sınıfları	**Alan (km²)**	**Yüzde (%)**
Doğu	4452.58	0.24
Kuzey	4839.33	0.26
Güney	4800.13	0.25
Batı	4831.02	0.26

Havzada, Adana İlinin kuzey kesimlerine eşik alan bulunmakta ve bu alanın kuzeyinde Toros Dağlarının orta uzantısında yer alan ve üst-havzayı oluşturan Aladağlar başlamaktadır. Aladağlar sisteminin yaklaşık 40 km'lik bir bölümü 3000 m'den yüksek bir set oluşturmakta ve toplam uzunluğu 100 km'ye ulaşmaktadır. Havzanın morfolojik yapısı derin vadiler, sarp yamaçlar, yüzey akışlarının oluşturduğu ondüleli topografya ile biçim kazandığından eğim açısından da oldukça değişken bir karaktere sahiptir. Kuzeyde yükselti güneydoğudan kuzeybatıya doğru kademeli olarak artış gösterir. Yükselti, alanın doğusundaki Kapuzbaşı şelaleleri mevkiinde ortalama 750 m, güneyindeki Hızar mevkiinde ortalama 1200 m ile en düşük değerleri vermektedir (Uzun ve ark, 2000; Berberoğlu, 2009).

4.1.2. Hidrolojik Yapı

Türkiye'nin en önemli havzalarından olan Seyhan Havzası'nın toplam su toplama alanı 21.450 km^2'dir. Çalışmada hidrolojik modelleme uygulamaları havzanın üst bölümünde 18.894 km^2'lik kısımda gerçekleştirilmiştir. Bu kesimde bölgenin topoğrafik yapısına bağlı olarak oluşan Göksu, Zamantı, Körkün, Eğlence ve Çakıt akarsuları ve bu akarsuların bağlantı kollarının taşıdığı sular Seyhan Nehri'nde toplanmakta ve aşağı ovaya taşınmaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nden elde edilen akım ölçüm bilgileri havzanın yıllık yüzey akışı hacminin yaklaşık 6 milyar m^3 olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, havzada bulunan nehir ve dere sistemlerine bağlı olarak oluşan çok sayıda doğal ve yapay göl bulunmaktadır. Bu göller havzanın kuzey ve güney kesimlerinde yer almaktadır. Üst havzanın güney kesiminde yer alan Çatalan ve Seyhan Baraj Gölleri, su hacmi dikkate alındığında havzanın en büyük iki gölüdür. Bu göller yapay olmakla birlikte aşağı havzaya sulama suyu ve Adana kentine içme suyu sağlamaktadır. Havzanın orta kesimlerinde bulunan tek doğal göl ise Bardakdağı'nda Körkün Çayı'nın derin bir vadi içinde uzandığı kanyonun doğusunda, yaklaşık 800-1000 metre yükseltiler arasında kalan Pınargözü Karstik Gölü'dür. Orta Seyhan Havzası'nda birçok yapay göl bulunmaktadır. Bunlar: Seyhan Baraj Gölü, Çatalan Baraj Gölü, Yedigöze Baraj Gölü ve Nergizlik Baraj Gölü'dür (Berberoğlu ve ark., 2009).

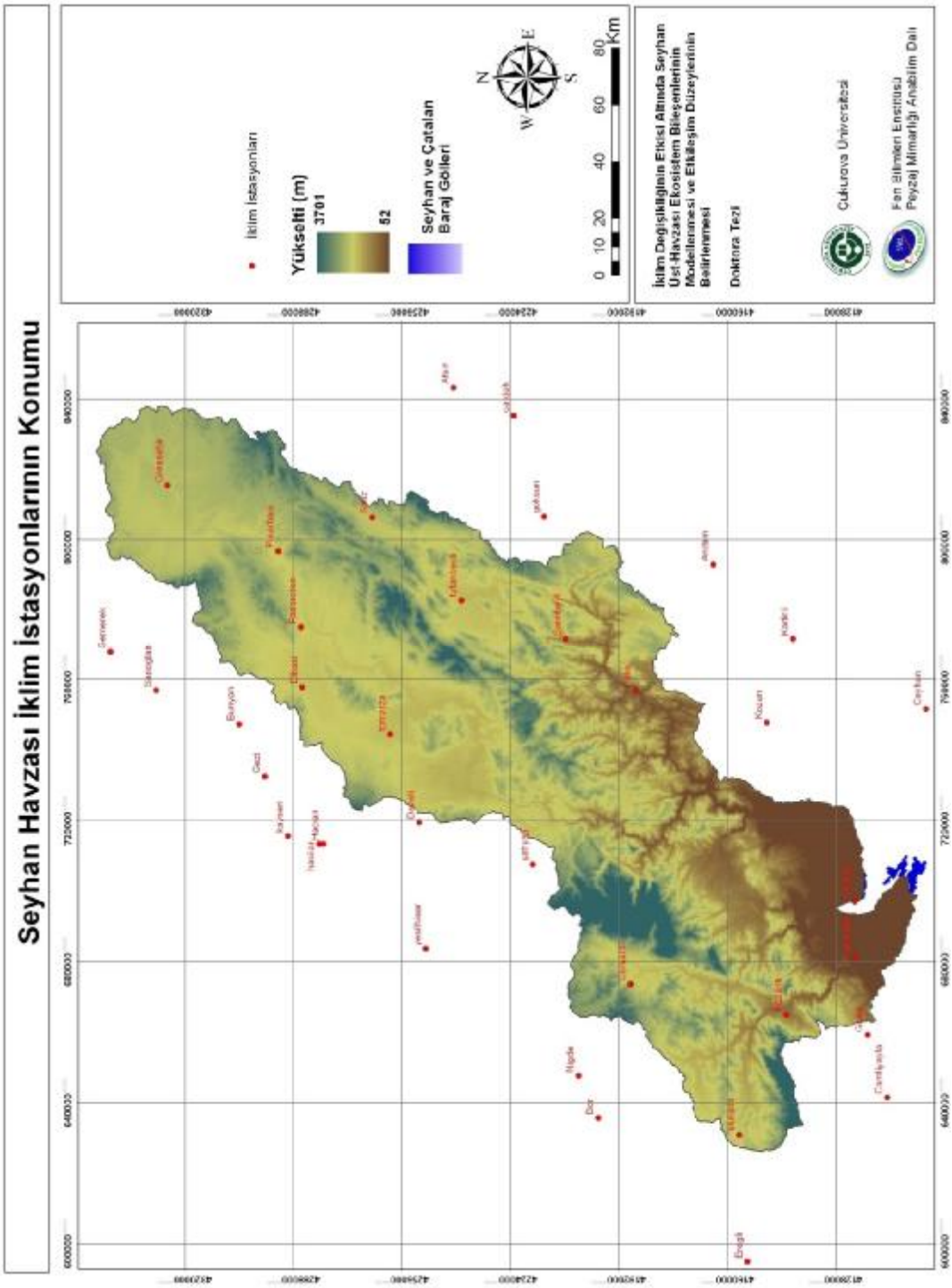
4.1.3. İklim

Akdeniz kıyı şeridinden başlayıp İç Anadolu'ya kadar uzanan Seyhan Havzası, iklim yönünden üç farklı tipi kapsar. Çukurova ve Toros eşik alanlarındaki kıyı kesiminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Bu bölge kurak-az verimli, 3. dereceden mezotermal, su fazlası çok ve kışın olan denizel iklim tipine girer (Akman, 1990). Çalışmada, modelleme uygulamalarının gerçekleştirildiği üst havza kesimi daha soğuktur. Bu kesim Ulukışla'dan Pınarbaşı'na ve daha kuzeye uzanmakta ve İç Anadolu karasal iklim özelliklerini yansıtmaktadır.

Havza içerisinde yıllık yağış, 640-700 mm/m² ve ortalama sıcaklık yaklaşık 19 ºC dir Çukurova ve eteklere 600–800 mm; Ulukışla, Çiftehan, Pınarbaşı, Sarız ve Tufanbeyli merkezlerini kapsayan kurak kesime ise 350 – 500 mm arasında yağış düşmektedir. En yağışlı kesim yüksek orta bölümdür. Aladağları da içine alan bu orta bölümde, dağların sırt doruklarında yağış 1500 mm'ye yaklaşmaktadır. Daha aşağılarda 800–1000 mm'dir. Yağış Çukurova'da yağmur, orta ve kuzey bölümünde ise yağmur ve kar şeklindedir. Çukurova'da yıllık sıcaklık ortalaması 18 °C'nin üzerindedir. Adana merkezine göre en soğuk ay (ocak) ortalaması 9,4 °C, en sıcak ay (Ağustos) 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. Kuzeyde ve dağlık orta bölümde yıllık sıcaklık ortalaması 11°C ve daha düşüktür (MİGM, 2000).

Seyhan Üst-Havzası J2000 model yaklaşımıyla hidrolojik modelleme uygulamasında nem, yağış, sıcaklık (maksimum, minimum, ortalama), rüzgar ve güneşlenme süresi iklim değişkenleri kullanılmıştır. NBÜ modelleme aşamasında ise yağış, ortalama sıcaklık ve güneş enerjisi verileri kullanılmıştır. Hidrolojik ve NBÜ modelleme uygulamaları için güncel durum ve geleceğe yönelik iklim değişkenlerini içeren geniş bir veri seti hazırlanmıştır. Güncel duruma ait veri seti, Seyhan Havzası ve çevresindeki 48 iklim istasyonuna ait 31 yıllık (1975 – 2006) kayıtlardan oluşmaktadır. Havza ve çevresindeki istasyonların dağılımı Şekil 4.3.'te görülmektedir.

Geleceğe yönelik veri seti ise GCM modelinden 2070-2099 yıl aralığı için elde edilmiş iklim tahmin verilerini içermektedir.



Şekil 4.3. Seyhan Üst-Havzası iklim istasyonlarının konumları.

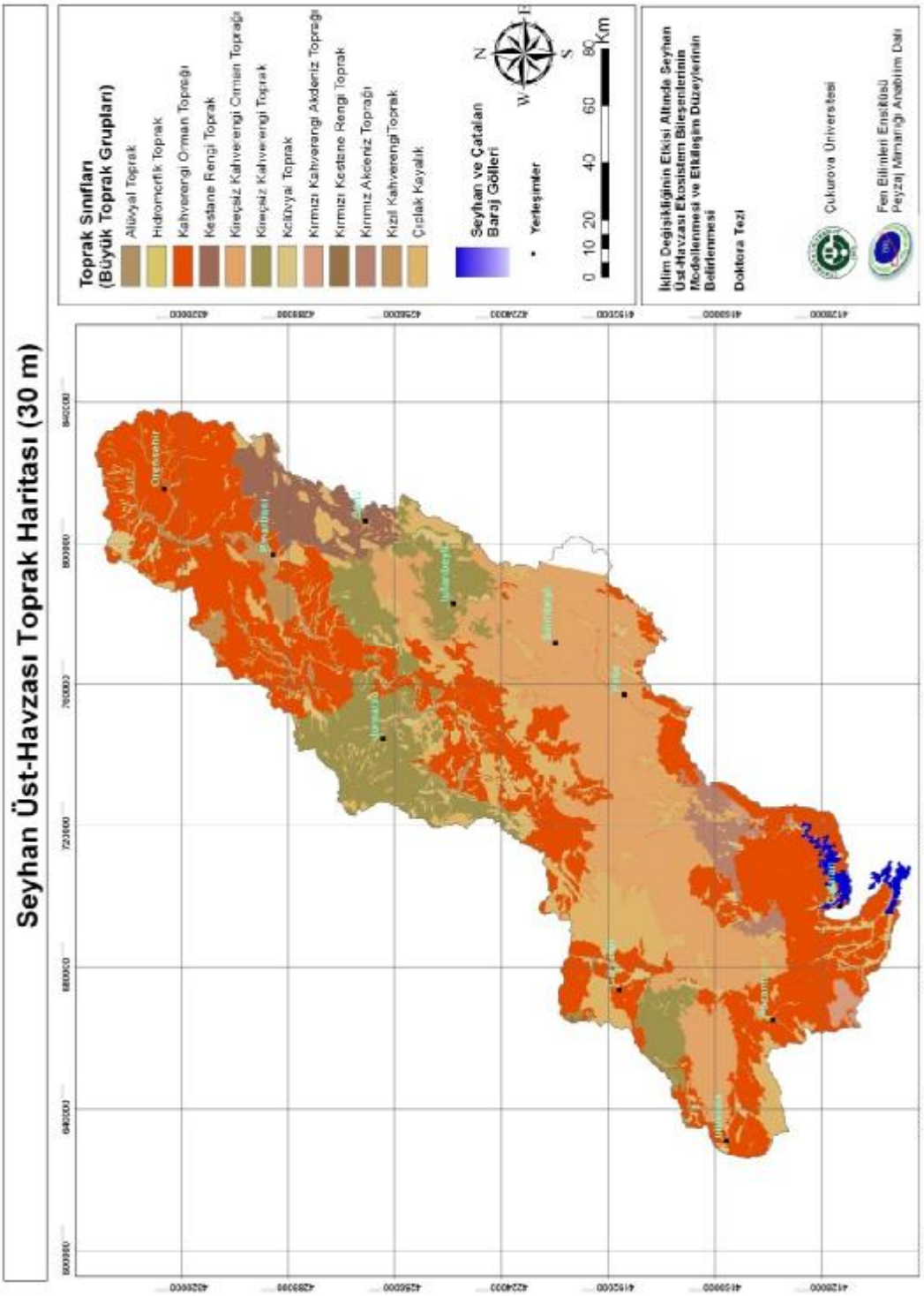
4.1.4. Toprak Yapısı ve Toprak Haritası

Bölgede toprağın oluşumu ve niteliğini belirleyen ayrışma, yıkanma, dönüşme ve yer değiştirme gibi işlemler, iklim, vejetasyon, topoğrafya ve ana madde faktörlerinden etkilenmektedir. Havza içerisinde yağış ve sıcaklık dağılımının düzensizliği, yükselti farklarının fazla olması vb. etkenlerin değişik kombinasyonlarda bir araya gelmesi ile farklı toprak grupları oluşmuştur. Havza toprakları bu kapsamda değerlendirildiğinde Kolüvyal Topraklar, Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, Kahverengi Orman Toprakları ve Kırmızı Akdeniz Toprakları olmak üzere dört büyük toprak grubu öne çıkmaktadır. Havzanın toprak bulunmayan arazileri ise çıplak kayalıklardan oluşmaktadır (Anonim, 1974).

Çalışma alanındaki zengin toprak yapısı ve toprak gruplarının farklılığının modelleme uygulamalarında temsil edilebilmesi için konumsal olarak geniş ve detaylı toprak bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda hidrolojik modelleme ve NBÜ tahmin uygulamalarında kullanılan girdi verilerinden birisi de toprak haritasıdır.

Toprak haritası, hidrolojik modelleme sürecinde, farklı toprak özelliklerinin çalışma alanı içerisindeki vejetasyon, drenaj ve hidrolojik oluşumları hangi oranda etkilediğini anlamak amacıyla kullanılmıştır. Yağıştan kaynaklanan yüzey akışı, model içerisinde toprak sınıflarının farklı özelliklerine göre modellenmiştir. Örneğin; çıplak toprak için en düşük sızıntı miktarı uzun bir ıslanmadan sonra elde edilebilir. Toprak horizonları ve yüzeyine tesir eden yağış ve akış miktarı toprağın içeriğiyle ilgili olarak değişir.

Toprak haritası, CBS ortamında düzenlenmiş, geometrik düzeltilmesi yapılarak 30 m çözünürlükte grid formatına çevrilmiştir (Şekil 4.4). Çalışma alanındaki toprak sınıflarının alansal ve yüzde dağılımları Çizelge 4.3.'te görülmektedir.



Şekil 4.4. Seyhan Üst-Havzası toprak haritası.

Çizelge 4.3. Toprak sınıflarının alansal ve yüzde dağılımları.

Arazi Sınıfları	**Alan (km²)**	**Yüzde (%)**
Kireçsiz Kahverengi Toprak	2265.29	14.99
Çıplak Kayalık	2367.90	15.67
Kolüvyal Toprak	853.04	5.64
Alüvyal Toprak	246.14	1.63
Kahverengi Orman Toprağı	3598.98	23.81
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	4419.57	29.24
Kızıl KahverengiToprak	206.83	1.37
Kırmızı Akdeniz Toprağı	351.11	2.32
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprağı	108.28	0.72
Kestane Rengi Toprak	692.89	4.58
Hidromorfik Toprak	0.46	0.00
Kırmızı Kestane Rengi Toprak	4.65	0.03

Modelleme uygulaması için oluşturulan toprak haritası, havzanın büyük toprak gruplarını temsil etmektedir. Bu haritaya göre alanda en fazla yayılım gösteren toprak grubu Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklarıdır. Alandaki diğer toprak sınıfları alansal bakımdan homojen dağılım göstermektedir.

Hidrolojik modelleme sürecinde toprak sınıflarını gösteren toprak haritası yeterli olmamaktadır. Alanda toprakta suyun tutulma ve süzdürülme miktarlarının model algoritması tarafından hesaplanabilmesi için toprak sınıflarına ek olarak bazı yardımcı bilgiler de gerekmektedir. Bu bilgilerden en önemlileri sınıf bazında tarla kapasitesi ve toprak derinliğidir.

Tarla kapasitesi, toprağın bünyesindeki suyu tutabilme yeteneğidir. Yağışın bir bölümü bitkiler tarafından tutulmakta ve buharlaşma ile atmosfere geri dönmektedir. Tutulmayan suyun önemli bir kısmı toprak geçirgenliğine bağlı olarak süzülmektedir. Süzülemeyen kısım ise akarsu akımının önemli bir bölümünü oluşturmak üzere yüzey akışına geçmektedir (Tezcan ve ark., 2007). Toprağın geçirgenliği ile toprak bünyesindeki suyun drenajı ve yüzey akışını etkileyen en önemli toprak özelliği tarla kapasitesidir. Tarla kapasitesi, toprağın, laboratuar ortamında su ile doyurulmasından sonra kurutulmasıyla, toprak bünyesinde kalan su miktarının, toprak kütlesine oranı ile ölçülebilmektedir. Yüzde cinsinden ifade edilen tarla kapasitesi, özellikle Seyhan Havzası gibi toprak çeşitliliğinin fazla olduğu

kompleks havza sistemleri hidrolojik modelleme çalışmalarında, yüzey akışının hesaplanmasında çok önemlidir.

Hidrolojik modelleme sürecinde kullanılan toprak verisi için tarla kapasitesi ve sınıf bazında toprak derinliği hesaplanmış ve modelleme sürecine dahil edilen toprak bilgisine eklenmiştir. Bu şekilde hidrolojik modelleme sürecine daha fazla katkı sağlayan, güvenilir bir toprak haritası oluşturulmuştur.

Havzanın güneyinde özellikle dağlık alanların başladığı bölgede, doğuya doğru uzanan kalkerli konglomeralar üzerinde kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları bulunmaktadır. Bu gruptaki Fe_3 etkisiyle koyu kırmızımsı kahve renklidir. Bu gruba benzeyen ve sert kireçtaşı üzerinde oluşan kırmızı Akdeniz toprakları yüksek seki ve tepelerde bulunmaktadır. Bu grup daha kuru koşullarda oluştuğundan daha kırmızımsı renk almıştır ve organik madde kapsamı daha düşüktür.

Kireçli ve kireçsiz kahverengi orman toprakları, Toros Dağları'nın güney ve kuzey eteklerinde yayılım göstermektedir. Bu orman toprakları, parçalı kireçtaşı, killi şistler ve marnlar üzerinde oluşmuştur. Bu profilde kireçsiz kahverengi orman toprağı daha yüksek bölgelerde şistler üzerinde bulunmaktadır. Bu profildeki serbest kireç tümüyle yıkanmıştır ve grup, pH bakımından asidik özellik göstermektedir. Genel olarak orman topraklarında, üst katman organik maddece zengindir. Fakat humus mineral madde iyi karışmadığı için koyu renkli değildir.

Her toprak kuşağında yer alan Alüvyal ve Kolüvyal topraklar havzada geniş yer tutmaktadır. Bu toprakların büyük bölümü renk farklılaşması ile oluşmuş cambic B katmanına sahiptir.

Alandaki Hidromorfik Topraklar, 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. Bünyelerinde her türlü alüvyon çeşidinden bulundurmalarına rağmen münhal tuz bulundurmamaktadırlar (Anonymous, 2005).

Havzada büyük toprak grupları dışında çıplak kayalıklar yayılım göstermektedir. Çıplak kayalıklar, genel olarak üzerinde toprak örtüsü bulunmayan, parçalanmamış veya kısmen parçalanmış sert kaya ve taşlar ile kaplı sahalardır.

4.1.5. Jeolojik - Jeomorfolojik Yapı ve Jeoloji Haritası

Havzanın jeolojik yapısı değişik zamanlara ait formasyonlarla temsil edilmektedir. Burada 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 kuvaterner oluklarına da rastlanılmaktadır (Meydan, 2008). Havza içerisinde paleozoyik yaşlı mermer Elbaşı batısı, Saimbeyli doğusu ile Göksu Irmağı doğusunda, değişik şistler ve mermer mostralar halinde görülmektedir. Prekambriyen yaşlı kireçtaşları havzanın batısında geniş, ortasında yer yer mostra halinde, kuzeyde Kaynar dolayında kırıntılılar şeklinde yüzeyleşmektedir. Mermer yapıya ise kuzeyde Kaynar dolayında, doğuda Sarız güneyi itibariyle Tufanbeyli, Doğanbeyli ve Saimbeyli doğusunda rastlanmaktadır (Tezcan ve ark., 2007).

Seyhan Nehri Havzası, hidrojeolojik olarak, karstlaşmanın ileri derecede gelişmesine uygun jeolojik yapı ve iklimsel koşullara sahiptir. Karst, doğal suların etkisiyle yüksek oranlarda çözünebilen ve iyi gelişmiş ikincil poroziteye sahip kayaçların bulunduğu alanlardır ve jeolojik açıdan yüksek geçirgenliğe olanak sağlamaktadır. Karstik alanlarda gözlenen morfolojik şekillerden en yaygın olanları karren, dolin, düden, gölova, mağara, alıcı-verici düden, geçici kaynak, denizaltı kaynağı, kuru vadiler, yeraltı nehirleridir. Yüksek kesimlerde, çok sayıda polye, dolin, düden ve mağara gelişmiştir. Çalışma alanının bir bölümü karstik özellik göstermektedir ve hidrojeolojik açıdan yarı, zayıf ve çok geçirgen olmak üzere 3 farklı yapıdan oluşmaktadır.

Havza için gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamaları için detaylı jeolojik bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Alanın jeolojik özelliklerini temsil edebilmesi açısından jeoloji verisi, çalışmanın hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan en önemli girdi verilerinden birisidir. Hidrolojik modelleme sürecinde özellikle Seyhan Üst-Havzası gibi karstik yapıya sahip alanlarda yer altı suyu potansiyellerinin belirlenebilmesi için jeoloji verisinin doğru ve güvenilir olması büyük öneme sahiptir. Bu kapsamda MTA'dan temin edilen jeoloji haritasında Seyhan Havzası'nda özellikle karstik yapının ağırlıklı olarak bulunduğu bölgeler ortaya

konulmuş ve hidrolojik modelleme uygulamalarında kullanılmak daha detaylı ve güvenilir bir jeoloji haritası elde edilmiştir. Çalışma alanında yayılım gösteren jeolojik birimlerin yaş sırasına göre özetlenmiş ve revize edilmiş jeoloji haritası 30 m çözünürlü üretilmiştir (Şekil 4.5). Çalışma alanına ait jeoloji tiplerinin alansal ve yüzde dağılımları Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.4. Seyhan Üst-Havzası jeoloji tiplerinin alansal ve yüzde dağılımları.

Jeolojik Yaş Sınıfları	**Alan (km²)**	**Yüzde (%)**
Karbonıfer	173.16	0.01
Devonıyen	926.35	0.05
Eosen	397.95	0.02
Kretase	2358.94	0.12
Mıyosen	4591.11	0.24
Permıyen	692.10	0.04
Kuvaterner	1244.81	0.07
Paleosen	1134.47	0.06
Kambrıyen	1301.96	0.07
Trıyas	1323.87	0.07
Jurasık/	2687.18	0.14
Plıyosen	1293.45	0.07
Olıgosen	624.37	0.03
Ordovısıyen	98.14	0.01
Sılürıyen	75.98	0.01

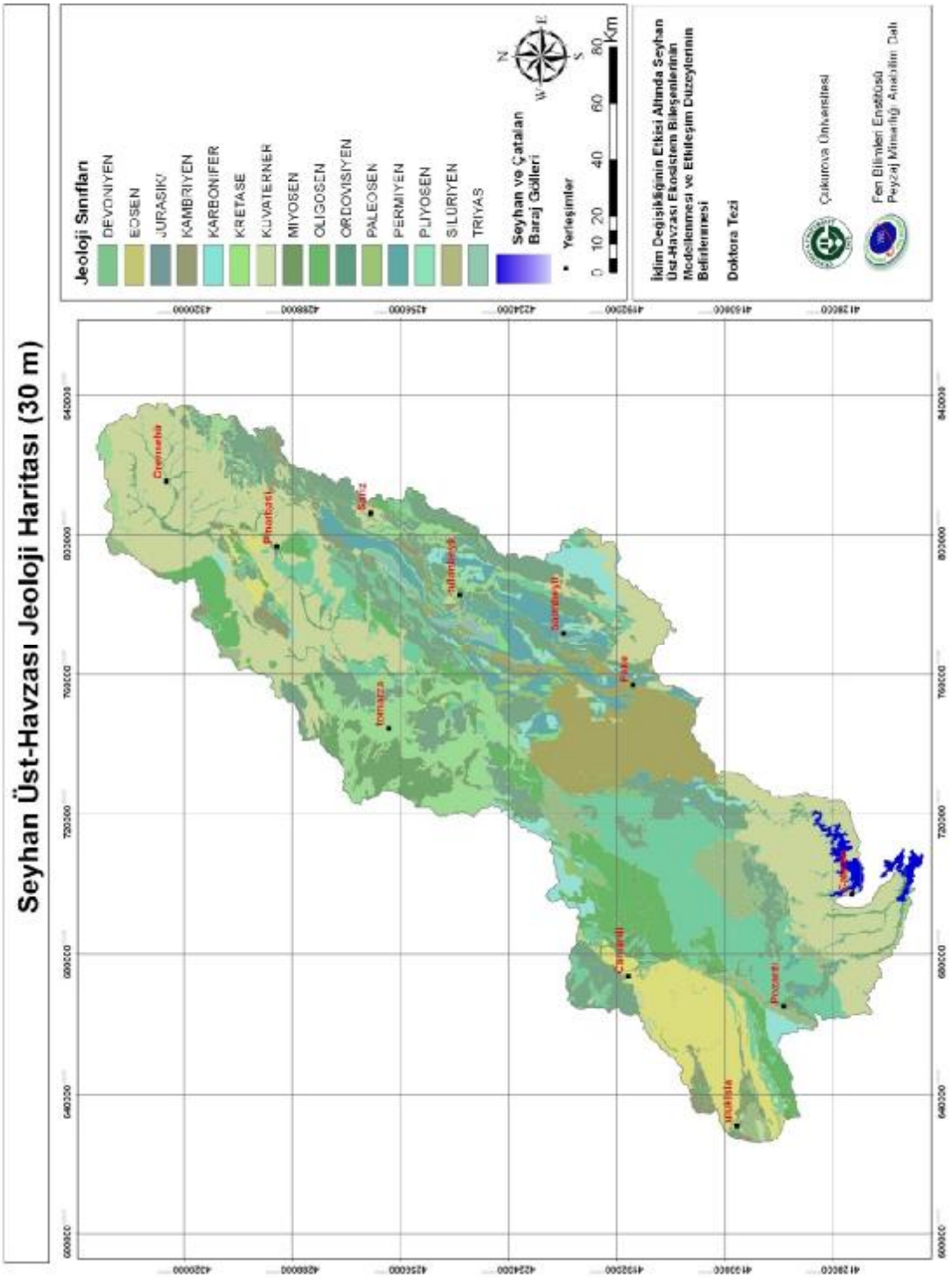
Seyhan Havzası'nın jeolojik yapısı incelendiğinde, paleozoyik yaşlı mermer Elbaşı batısı, Saimbeyli doğusu ile Göksu Irmağı doğusunda, değişik şistler ve mermer mostralar halinde görülmektedir. Prekambriyen yaşlı kireçtaşları havzanın batısında geniş, ortasında yer yer mostra halinde, kuzeyde Kaynar dolayında kırıntılılar şeklinde yüzeyleşmektedir. Mermer yapıya ise kuzeyde Kaynar dolayında, doğuda Sarız güneyi itibariyle Tufanbeyli, Doğanbeyli ve Saimbeyli doğusunda rastlanmaktadır (Tezcan ve ark., 2007). Kambriyen yaşlı kırıntılılar Şeyhli ve Mansurlu arasında, Feke dolayında büyük, Tufanbeyli dolayında ise küçük arazilerde görünmektedir. Ordovisyen Siluriyen ve Devoniyen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar Sarızdan güneybatıya Tufanbeyli, Saimbeyli, Feke ve Mansurlu'dan Karsantı'ya kadar uzanan dağlık arazide geniş yer kaplamaktadır. Bunun dışında bu bölgelerde Permiyen yaşlı mermer Elbaşı batısında küçük alanda rastlanmaktadır.

Karbonifer yaşlı birimler de Şeyhli batısı, Kaynar ve Pazarören dolayında görünmektedir (Tezcan ve ark., 2007).

Mesozoyik yapı, havzanın güneyinde Karsantı doğusu ve batısı, Şeyhli ve dolayı, ortada Tomarza güneyi ve kuzeyi, Tahtalı Dağı sıralarında Triyas yaşlı neritik kireçtaşları geniş alanda görünmektedir. Bunun dışında havzanın batısı ve doğusunda yer yer bu birimlere rastlanmak mümkündür. Torosların sırtlarında: havzanın batısı ve kuzeydoğusunda orta alanlarda, doğusunda Sarızdan güney-batıya doğru orta derece şeritlerle ve yer yer mostra halinde Jura ve Kretase (yaşlı neritik kireçtaşları) yüzeylenmektedir. Havzanın güneybatısı, ortası ve kuzeydoğusunda mostralar halinda peridodit, serpantin, diyabaz ve bazalt olmak üzere Mezozoyik Ofiyolitik Serisi görünmektedir (Tezcan ve ark., 2007).

Havzada, senozoyik-tersiyer yapı, eosen – paleosen Toroslar üzerinde yer yer yaygın olmak üzere havzanın güneybatısında yer almaktadır. Bunun dışında da filiş, konglomera, şist ve kumtaşı Pazarören kuzeyinde rastlanmaktadır. Çakıllar volkanik ve tortul kökenli olup Ofiyolitik seri ürünleridir. Eosen yaşlı birimler Tufanbeyli'den kuzeydoğuya uzanan sırtlarda ve özellikle havza sınırında geniş yer kaplamaktadır (Tezcan ve ark., 2007). Burada, üstte marn ve kumlu kireçtaşı yaygındır. Altta kumtaşı ve konglomera bulunmaktadır. Karsantı dolayında ve havza kuzeyinde merkez Başören dolayında Oligosen yailı birimleri karasal kırıntılar mostra halinde görünmektedir. Paleosen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar Elbaşı dolayındaki havza sınırında küçük bir alanda rastlanmaktadır. Havzada Feke'nin güneydoğu dolayında ve Gülek – Karsantı'nın güneyi alüvyal tabanına kadar, Orta Miyosen yaşlı bazalt, daha kuzeyinde aynı yaşa ait karasal kırıntılar ve kuzeyde geniş bir alanı kaplayan Miyosen yaşlı karasal kırıntılara rastlamak mümkündür.

Pliyosen yaşlı gölsel karbonatlar ise havzanın kuzeyinde Kazancık, Örenşehir ve Kaynar dolayında, karasal kırıntılar ise Şeyhli kuzeydoğusunda, piroklastik kayalar ise Elbaşı ve Pazarören dolaylarında mostra halinde ve Tomarza ve dolayında geniş bir alan kaplayarak, andezit ise Tomarza'nın kuzeybatısında mostra halinde rastlanmaktadır (Tezcan ve ark., 2007).



Şekil 4.5. Seyhan Üst-Havzası jeoloji haritası.

4.1.6. Orman Toplulukları ve Arazi Örtüsü Haritası

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 Topluluklarından oluşmaktadır (Altan, ve ark., 2007).

Seyhan Havzası, özellikle, dağlık bölgede zengin bir floristik yapıya sahiptir. Üst havza ormanları içerisinde herdem yeşil iğne yapraklı, Kızılçam *(Pinus brutia),* Karaçam *(Pinus nigra),* Sedir *(Cedrus libani),* Ardıç *(Juniperus excelsa),* Göknar *(Abies cilicica)* meşcereleri saf olarak dağılım göstermektedir. 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)* türleridir. Alanda herdemyeşil iğne yapraklı meşcerelere ek olarak, iğne yapraklı başka bir tür olan Duglaz *(Pseudotsuga taxifolia)* saf-bozuk şekilde yer almaktadır. Duglaz alana deneme amaçlı dikilmiş bir tür olup doğal bitki örtüsü kapsamında değerlendirilmemektedir. Alanda geniş yapraklı türler grubunda *Carpinus orientalis*, Meşe *(Quercus spp.)* ve Kayın *(Fagus orientalis)* bulunmaktadır. Bu türler içerisinde Kayın çok sınırlı bir alanda saf meşcere olarak, Meşe ise saf, karışık ve bozuk şekillerde görülmektedir.

Seyhan Üst-Havzası için yapılan hidrolojik modelleme ve NBÜ tahmin uygulamalarında kullanılan model yaklaşımlarında alanın vejetasyon ve karmaşık örtü yapısının temsil edilebilmesi açısından en önemli girdi verilerinden birisi arazi örtüsü haritasıdır. Arazi örtüsü, alan kullanımı değişimleri ve vejetasyon türleri, havza bazında yüzey sularının yenilenmesi, drenajı ve akış dinamiklerine etkide bulunmakta ve tür çeşitliliğinin fazla olduğu Seyhan Havzası gibi kompleks havza sistemlerindeki modelleme çalışmalarında, güvenilir sonuçların eldesi için önem taşımaktadır.

Çalışmada NBÜ modelleme uygulamalarında kullanılan arazi örtüsü haritası eğitimli sınıflamada MO yöntemi ile kullanılarak elde edilmiştir. BIOME-BGC modeli noktasal bazda hesaplama yaptığından Arazi örtüsü haritası, alandaki meşcere

tiplerini de temsil edecek şekilde 27 sınıf olarak 30 m çözünürlü üretilmiştir (Şekil 4.6). Arazi örtüsü sınıfları Anderson sınıflama sistemi temel alınarak belirlenmiştir (Anderson, 1976).

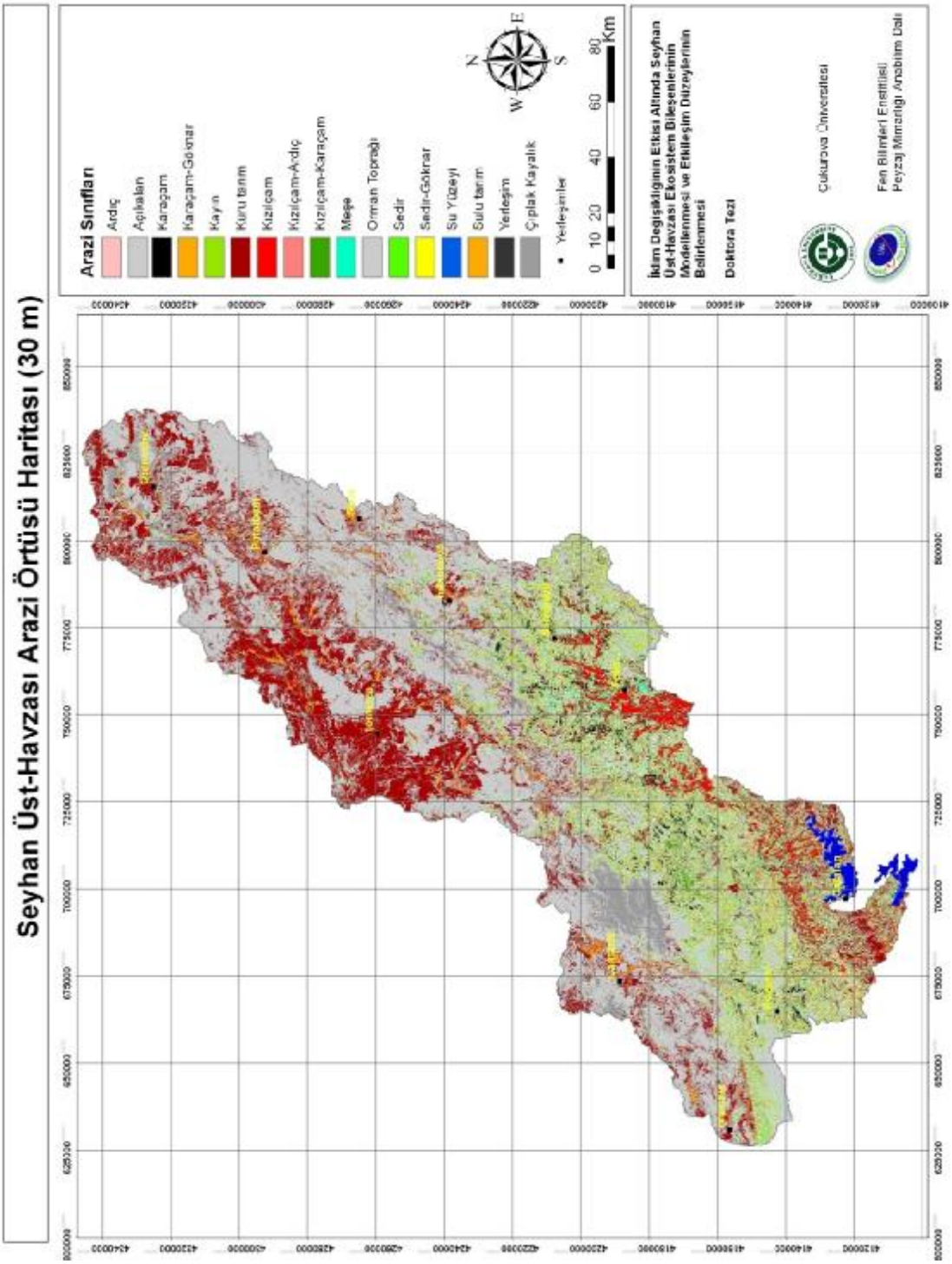
NBÜ modelleme aşamasında Anderson sınıflama sistemi referans alınarak 27 sınıf olarak hazırlanan arazi örtüsü haritası hidrolojik modellemede kullanılmak üzere 12 sınıfa genellenmiştir. Bu arazi örtüsü haritası, 30 m çözünürlükte üretilmiş, hidrolojik modelleme sürecinde, modelin daha kolay ve hızlı hesaplama yapabilmesi amacıyla 90 m çözünürlüğe dönüştürülmüştür. Hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan arazi örtüsü haritası Şekil 4.7.'de görülmektedir.

Çalışma alanındaki birleştirilmiş arazi örtüsü ve alan kullanımlarının kapladığı alan ve yüzde dağılımları Çizelge 4.5'te görülmektedir.

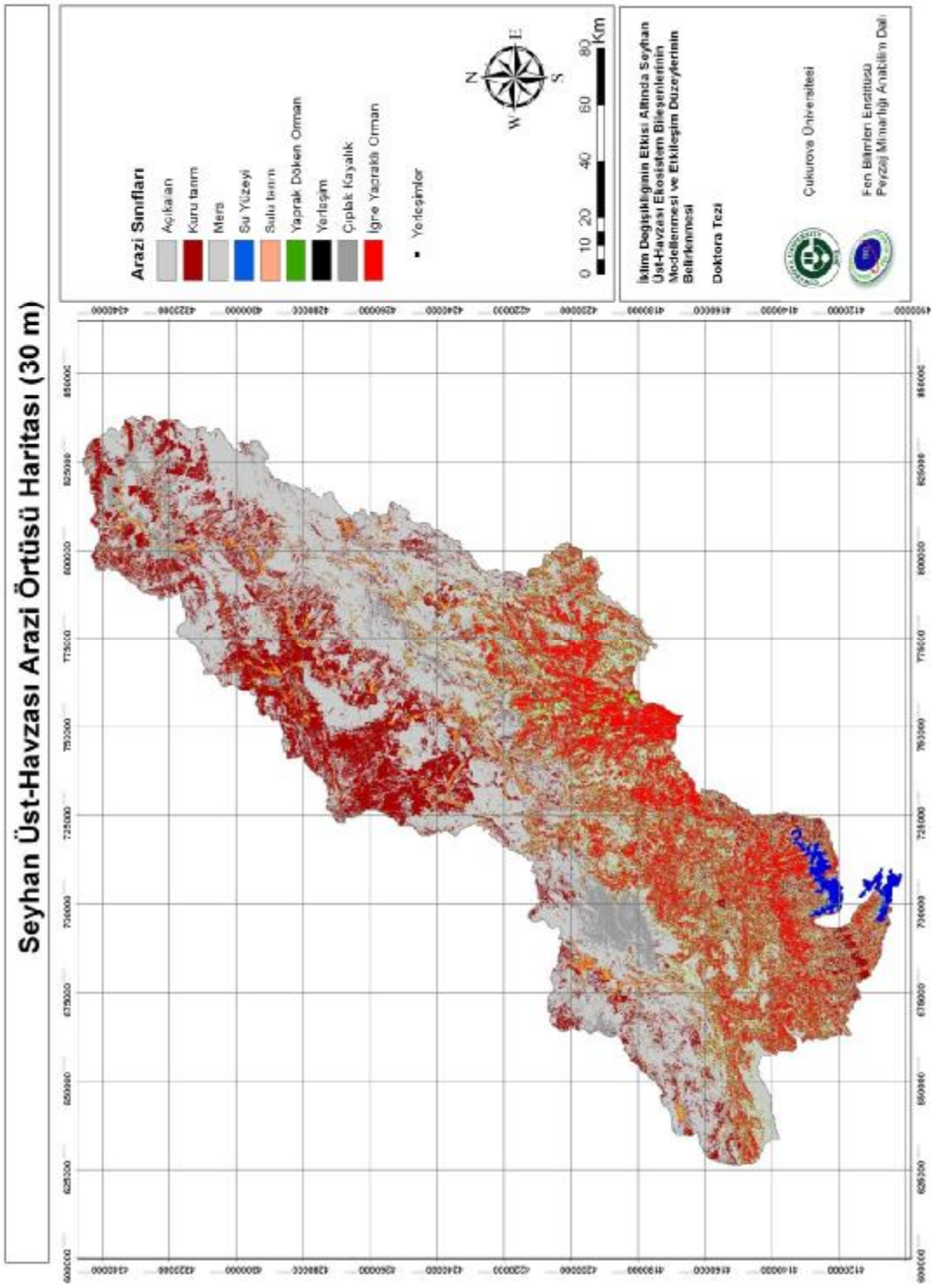
Çizelge 4.5. Arazi örtüsü ve alan kullanımlarının alansal ve yüzde dağılımları.

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	4129.67	21.75
Yaprak Döken Orman	101.43	0.53
Mera	6754.88	35.58
Açıkalan	902.99	4.76
Kuru tarım	4372.78	23.03
Sulu tarım	1544.92	8.14
Su Yüzeyi	72.57	0.38
Yerleşim	12.76	0.07
Çıplak Kayalık	1092.73	5.76

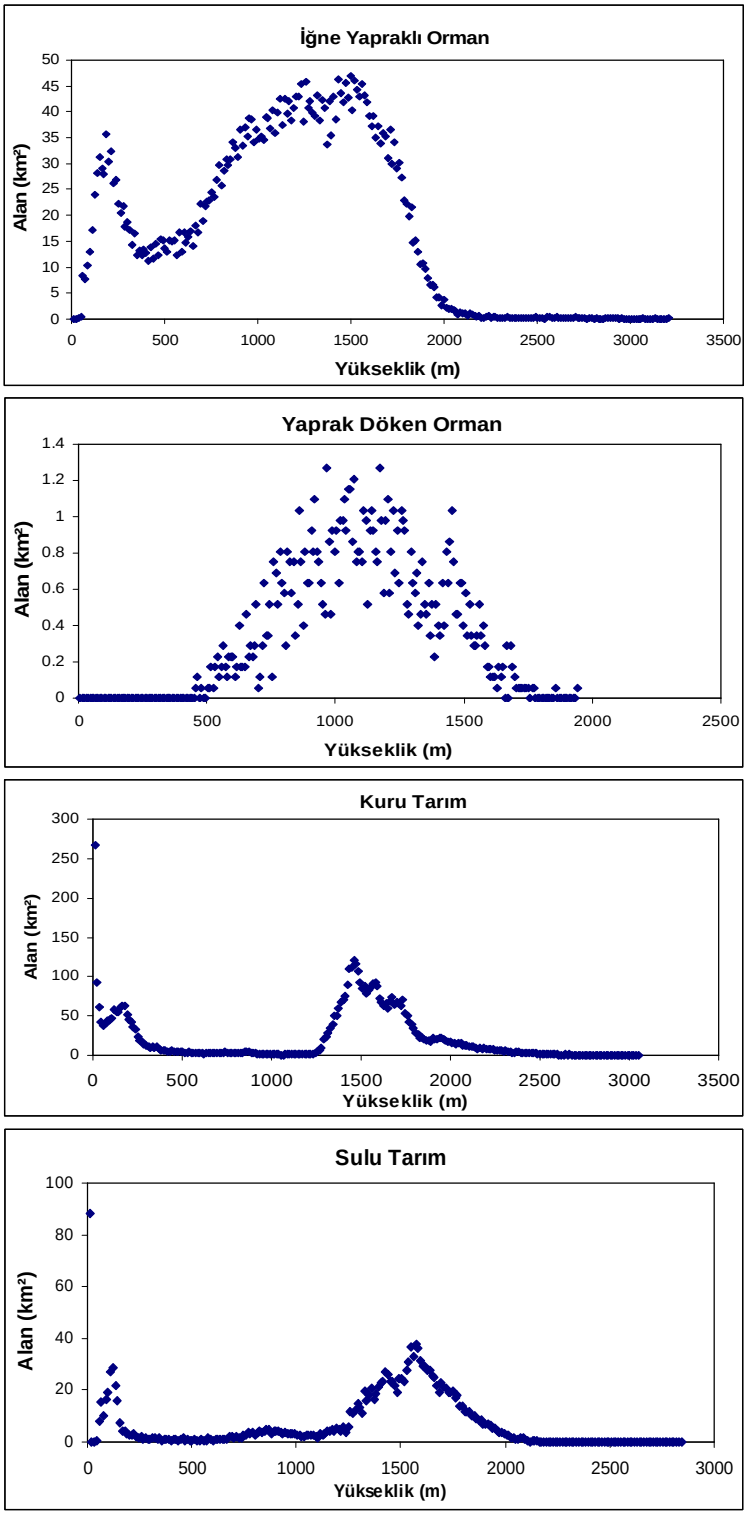
Çalışma alanında mera alanları 6754 km^2 alan kaplamaktadır ve en fazla yayılım gösteren arazi sınıfıdır. Mera alanları genel olarak alanda 1000 m üzeri platolarda yayılım göstermektedir. Alanda kızılçam, karaçam, ardıç, sedir ve karışık meşcerelerin birleştirildiği iğne yapraklı ormanlar toplam 4129 km^2 alan kaplamaktadır.



Şekil 4.6. Arazi örtüsü haritası.



Şekil 4.7. Arazi örtüsü haritası (Hidrolojik Modelleme)



Şekil 4.8. Arazi örtüsü sınıflarının yükselti bazında dağılımları.

Çalışmada, hidrolojik modelleme uygulamalarında arazi örtüsü haritası ile birlikte kullanılmak üzere, Seyhan Havzası'na ait her bir arazi sınıfı için YAI değerleri hesaplanmıştır. Modellemede özellikle tür çeşitliliğini temsil eden arazi sınıflarına ait YAI değerleri dikkate alınmıştır. Arazi sınıfları için hesaplanan YAI değerleri 0 ile 7 arasında ölçeklendirilmiştir.

Hidrolojik modelleme aşamasında için arazi örtüsü sınıflarının dağılımı topografya ile ilişkilendirilmiş ve bu sınıfların su dağılımına etkilerinin yorumlanabilmesi sağlanmıştır (Şekil 4.8).

Seyhan Havzası içerisinde iğne yapraklı orman türleri 200 m yükseklikte bulunmakta ve yaklaşık 2000 m yüksekliğe kadar dağılım göstermektedir. Alanda kuru ve sulu tarım alanlarının büyük bölümü özellikle nehir yataklarının bulunduğu 1000 m'den yüksek bölgelerde bulunmaktadır. Tarım alanları ayrıca eşik alanın bulunduğu üst havzanın güney kesimlerinde de dağılım göstermektedir.

Hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan arazi örtüsünün doğruluğu, model tahmin doğruluğunu yüksek ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle arazi örtüsü haritasının yüksek doğrulukta üretilmesi amaçlanmıştır. Harita doğruluk analizleri ALOS uydu verileri (10 m) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada üretilen 27 sınıflı harita ALOS verisi ile ilişkilendirilmiş ve doğruluk düzeyi alanda homojen dağılım gösteren, rastgele seçilmiş 500 noktayla yapılan doğruluk analiziyle test edilmiştir (Çizelge 4.6). Doğruluk analiz sürecine ayrıca orman meşcere haritaları ve çalışma alanından toplanan yer verileri de dahil edilmiştir. Sınıfların doğruluk düzeyi yüzde ile ifade edilmiştir.

Doğruluk analizleri değerlendirildiğinde alanda su yüzeyleri, ve mera alanlarının sahip oldukları homojen yansıma değerleri ile diğer sınıflardan ayrılarak yüksek doğrulukla sınıflandığı görülmüştür. Alandaki meşcere türleri de %80 ve üzeri doğrulukla haritalanmıştır. Sınıflama haritası %94 genel doğruluk ile üretilmiştir. Bu doğruluk düzeyi ile arazi örtüsü haritası model doğruluğuna yüksek oranda katkıda bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Arazi sınıflaması örnek doğruluk analizi sonuçları.

Sınıflar	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Kappa Doğruluğu (%)
Su Yüzeyi	100	100	100
Kuru Tarım	95	98	98
Sulu Tarım	98	93	92
Açık Alan	98	98	97
Çayır-Mera	100	100	100
Otla-Taşlık	97	99	98
İğne Yapraklı Orman	88	100	100
Yaprak Döken Orman	81	95	95
Genel Doğruluk	**94**		**85**

Alanda 1200-1900 m yükseltiler arasındaki Montan kuşakta, sedir ve göknar türleri baskın olmakla birlikte *Juniperus excelsa, Juniperus oxycedrus* ve *Juniperus drupacea* türleri de eşlik etmektedir. Kızılçam ormanı üst sınırı olan 1200 -1900 m yükseltilerde, karaçam *(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 (Yılmaz ve ark., 2004). Havza'da belirgin olarak geniş 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).

4.1.7. Tarım Potansiyeli

Seyhan Üst-Havzasındaki tarım alanlarının büyük çoğunluğu çok eğimli araziler ile nehir ve dere kenarlarında bulunmaktadır. Havzada düşük eğime sahip tarım alanları çok sınırlı olup, mevcut tarım alanları erozyona oldukça duyarlıdır (Altan ve ark., 2007). Bu mevcut su kaynakları yörenin tarımsal yapısını etkilemektedir. Bu nedenle havza bazında su bütçelerinin bilinmesi büyük önem

taşımaktadır. Alanda nehir-dere yatakları ve vadiler boyunca uzana tarım alanlarında yaygın olarak bahçe tarımı yapılmaktadır. Köy yerleşimleri yakınlarındaki bahçelerde meyve ve sebze üretimi sınırlı ölçekte olmaktadır. Bölgede bahçe tarımının yanısıra tarla tarımıyla buğday ve arpa üretimi de yaygındır.

4.1.8. Yaban Hayatı

Seyhan Üst-Havzası ve çevresinde 41 familyaya ait 161 kuş türünün yaşadığı bilinmektedir. Bunların başlıcaları, kaya kartalı (*Aquila chysaetos*), gökdoğan (*Falko peregrinus*), sakallı akbaba (*Gypaetus barbatus*), kızıl akbaba (*Gyps fulvus*), küçük kartal (*Hieraaetus pennatus*), küçük akbaba (*Neophon percnopterus*) gibi yırtıcı türler yanı sıra puhu (*Bubo bubo*), kırmızı gagalı dağ kargası (*Pyrrhocorax pyrrhocorax*), ve keklik (*Tetragallus caspius*) türleridir (Berberoğlu ve ark., 2009).

Havzada 28 memeli hayvan türü yaşamaktadır. Alanda yaşayan önemli memeli türlerin başında dağkeçisi (*Capra aegagrus*), kar faresi (Chio*nomys nivalis*), saz kedisi (*Felis chaus*), Susamuru (*Lutra lutra*), bataklık faresi (*Neomys teres*) gelmektedir. Alanda bununla birlikte çeşitli endemik türler de yaşamaktadır. Akdeniz biyomuna özgü *Eirenis barani* sürüngen türü en önemli endemik tür olarak göze çarpmaktadır. Bununla birlikte Aladağlar bölgesinde çok sayıda kelebek türü de bulunmaktadır. Bu türler arasında nesli küresel ölçekte tehlike altında olan apollo kelebeği (*Polyommatus poseidon*), nesli bölgesel ölçekte tehlike altında olan çokgözlü poseydon (*Polyommatus poseidon*), bavius (*Pseudophilotes bavius*), sarı ayaklı nimfalis (*Nymphalis xanthomelas*) ve ülkemizde endemik Aladağ zıpzıpı (*Pyrgus aladaghensis*) yer alır (Eken ve Ark, 2006).

Seyhan Havzası ormanları, ev sahipliği yaptığı canlı türleri ile ülkemizde önemli bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle havza ormanlarının verimliliği bu türlerin yaşam alanlarının korunabilmesi bakımından da büyük öneme sahiptir.

4.1.9. Yerleşim

Havzada irili ufaklı birçok yerleşim birimi bulunmaktadır. Alan içerisinde bulunan en önemli yerleşimler; Batı bölümünde Niğde İli Çamardı İlçe Merkezi,

Kuzey bölümünde Feke, Saimbeyli, Tufanbeyli ve Kayseri İli Yahyalı İlçe Merkezi ile güneybatı kesimde Adana İli Pozantı İlçe Merkezi ve Güneydoğu kesimde Adana İli ve Çatalan İlçe Merkezidir (Berberoğlu ve ark., 2009).

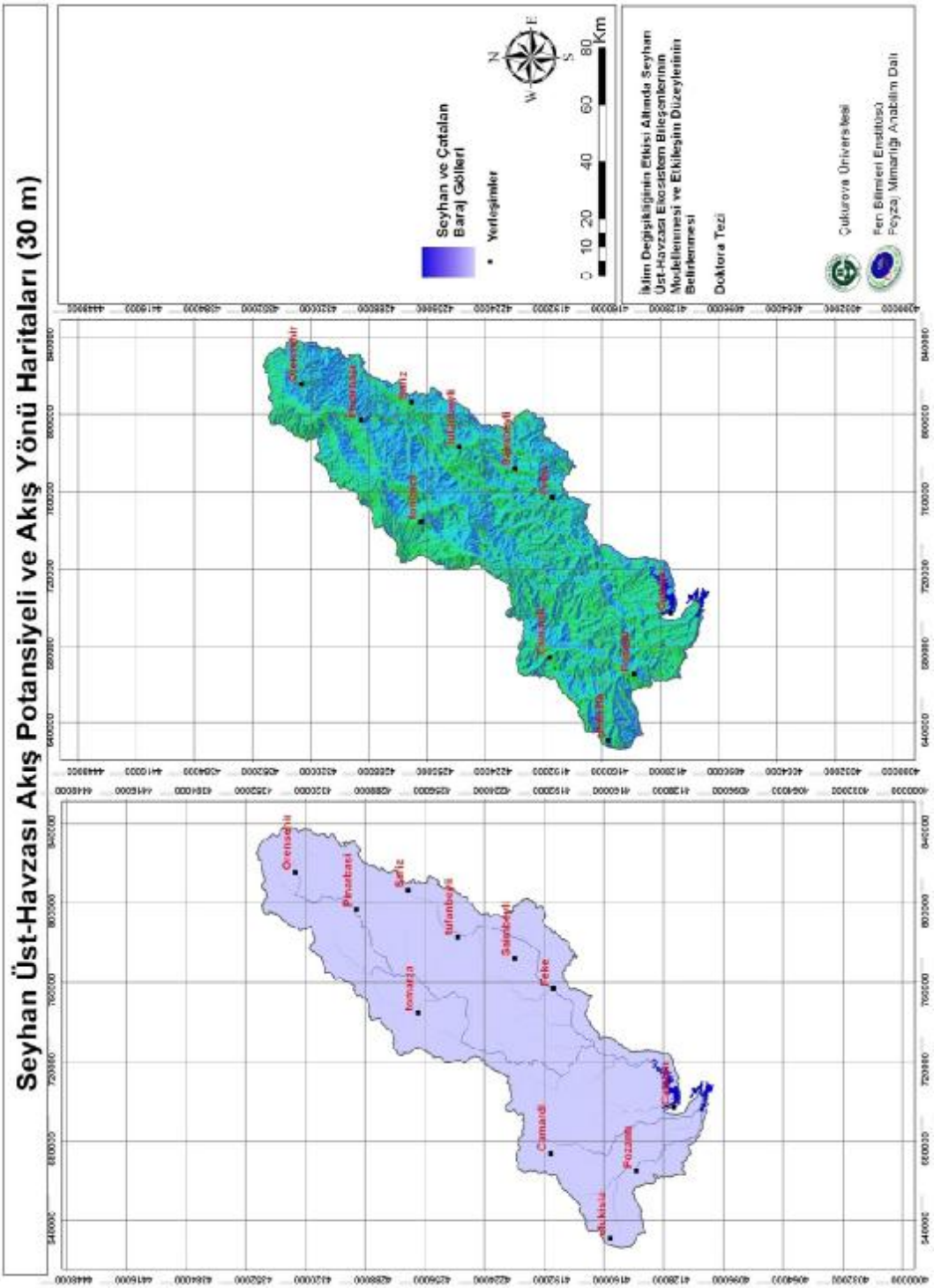
4.2. Hidrolojik Modelleme Bulguları

4.2.1. Seyhan Nehri Akım Ağı, Akım Yönü ve Potansiyeli

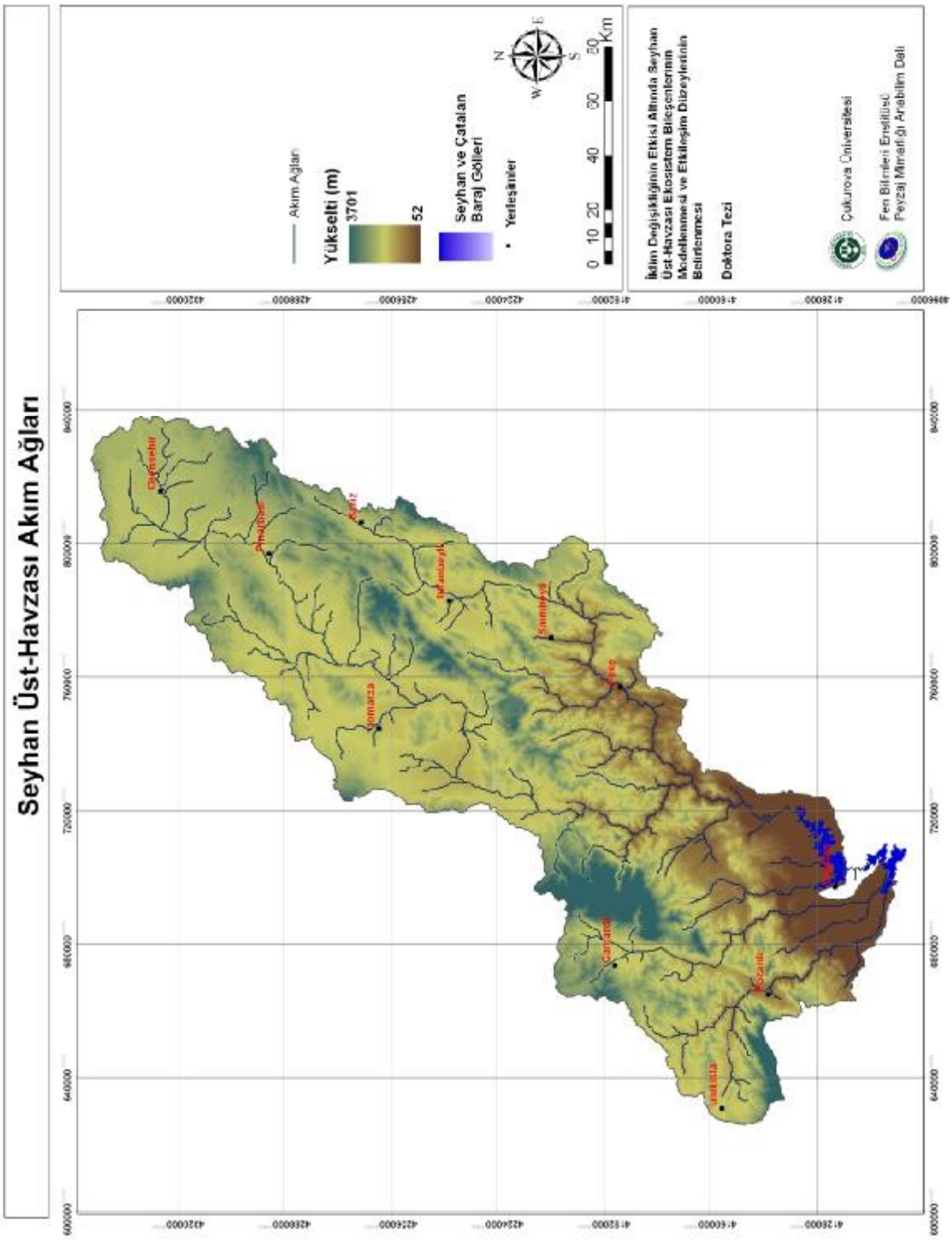
Hidrolojik modelleme sürecinde nehir sisteminin akım ağları, akış yönü ve potansiyelinin belirlenmesi, hidrolojik modelleme uygulamasında alandaki drenaj ve su dağılımının tespit edilmesi açısından çok önemlidir. Bu noktada ilk aşamada yüzey gridlerindeki her hücre için, en sarp akış inişi ve akış yönü tespit edilmiştir (Şekil 4.9a).

Akış yönü haritası, CBS ortamında alanın yükselti verisine bağlı olarak topolojik bilgiler kullanılarak oluşturulmaktadır. Nehir ağları için tanımlanan hücrelerin merkezine değerler atanarak yön bilgileri saptanmaktadır.

Hidrolojik modelleme yaklaşımı için akış yönünün hesaplanmasından sonraki aşama, çalışma alanı akış potansiyeli verilerinin elde edilmesidir. Seyhan Nehri akış potansiyeli CBS analizleri ile haritalanmıştır (Şekil 4.9b). Oluşturulan akış potansiyeli haritasında, Seyhan Nehri'nin havza içerisindeki konumu ve potansiyeli görülebilmektedir. Seyhan Nehri akış yönü ve akış potansiyeli ile birlikte aynı süreçte, hidrolojik modelleme için SYM verisi ile yüksekliğe göre bir eşik değer uygulanarak akım ağları elde edilmiştir (Şekil 4.10). Seyhan Nehri akım ağları verisi, başta Seyhan Nehri olmak üzere havza sınırları içerisinde bulunan tüm nehir ve nehir kolları hakkında bilgi sağlamaktadır.



Şekil 4.9. Seyhan Üst-Havzası Akış Yönü Haritası (a); Akış Potansiyeli Haritası (b).



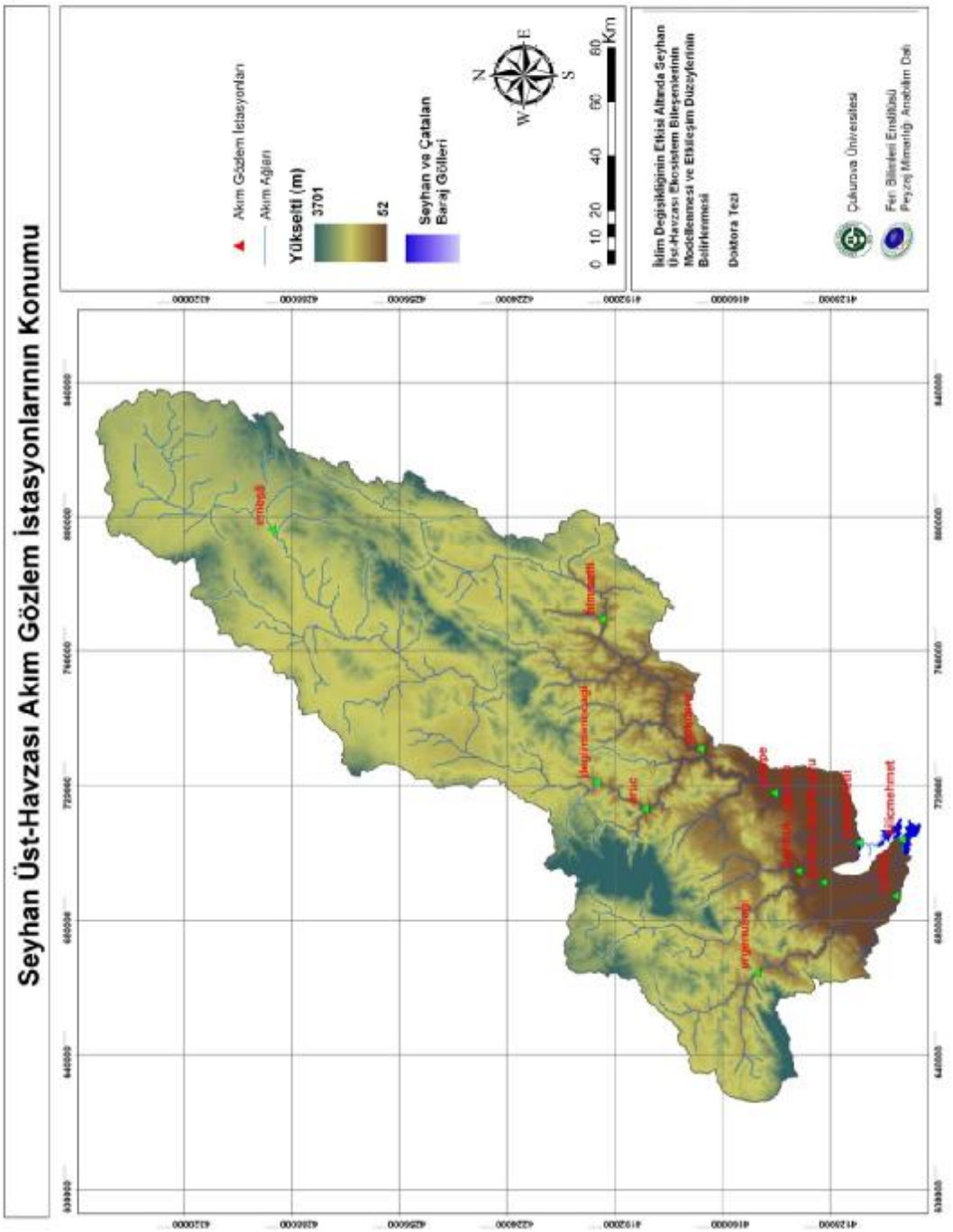
Şekil 4.10. Seyhan Üst-Havzası akım ağları.

4.2.2. Akım Ölçüm Verileri ve Alt Havzaların Oluşturulması

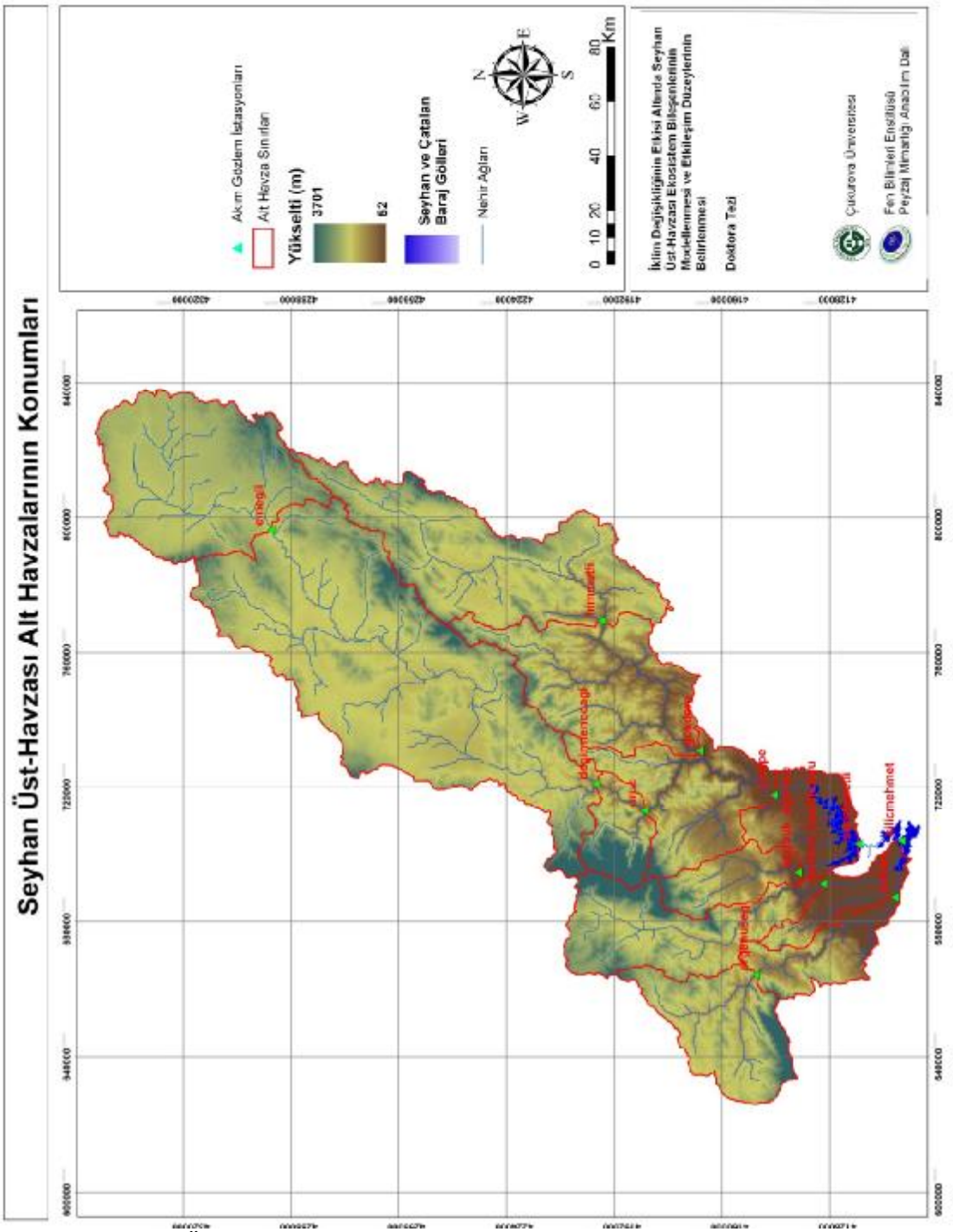
Seyhan Nehri ve nehir kollarının çeşitli noktalarına kurulmuş akım gözlem istasyonlarından elde edilen akım verileri hidrolojik modelin kalibrasyonu ve doğruluğunun ölçülmesi için kullanılmıştır. Çalışma alanı içerisinde toplam 34 akım gözlem istasyonu bulunduğu belirlenmiştir. Bu istasyonlar arasından uygun veri potansiyeline sahip 12 istasyon modelde kullanılmak için seçilmiştir. Modelin veri formatına uygun olarak düzenlenen istasyonların Seyhan Üst-Havzası SYM verisi üzerindeki dağılımı Şekil 4.11'de görülmektedir.

Seyhan Üst-Havzası nehir sistemi, vejetasyon çeşitliliği ve heterojenitenin fazla olduğu dağlık bir bölgedir ve hidrolojik modelleme için geniş bir alanı kapsamaktadır. Bu tip karmaşık yapıdaki havzaların modelleme uygulamalarının alan sınırlar kapsamında birim alanlarda gerçekleştirilmesi model sonuçlarının güvenilirliği açısından önemlidir. Bu nedenle, çalışma kapsamında alanın akım gözlem istasyonları baz alınarak alt havzalara ayrılması gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde çalışmada hidrolojik modelleme uygulamalarının alt havza bazında yüksek doğrulukta gerçekleştirilebilmesi amaçlanmıştır. Alt havza, kendinden daha büyük bir havzanın parçası olan ve hiyerarşik bir düzende bir nehir sistemi içerisinde yer alan her bir akarsu kolunun (dere, çay, v.s.) beslendiği toprak parçasının alanıdır (Berberoğlu ve ark., 2009). Seyhan Üst-Havzası'na ait alt havzalar, CBS ortamında nehir kollarındaki akım ölçüm istasyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Alt havzalar belirlenirken, havza sınırlarından farklı olarak drenaj ağını oluşturan her bir nehir kolu, kesişim noktalarından parçalara ayrılmakta ve kol üzerindeki akım ölçüm istasyonu kullanılarak her bir kolun kapsadığı akış alanları bulunmaktadır. Bulunan bu alanların her biri, alt havzaları oluşturmaktadır (Turcotte ve ark 2001).

Sahip olduğu veri potansiyeli ve konumları temel alınarak belirlenmiş 12 adet akım istasyonu kullanılarak, Seyhan Üst-Havzası için 12 adet alt havza oluşturulmuştur. Alt havzalar, her bir akım istasyonunun su topladığı nehir kollarının sınırlarını alanları kapsayacak biçimde oluşturulmuştur. Alt havzaların dağılımı Şekil 4.12'de görülmektedir.



Şekil 4.11. Seyhan Üst-Havzası akım gözlem istasyonlarının konumları



Şekil 4.12. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları.

Modelleme sürecinde çalışma alanı için oluşturulan 12 alt havzanın isimlendirilmesinde, alt havzaların oluşturulmasında kullanılan akım ölçüm istasyonlarının isimleri kullanılmıştır. Çizelge 4.7.'de.çalışma alanı alt havzalarının isim, alansal büyüklük ve akım gözlem istasyon kodları görülmektedir.

Çizelge 4.7. Alt havzaların isim ve alansal büyüklükleri.

Alt Havza İsmi	**Alan (km²)**	**İstasyon Kodu**
Himmetli	2549.91	1801
Gökdere	1784.39	1805
Ergenuşağı	1185.77	1806
Üçtepe	1313.05	1818
Körkün -Hacılıköprü	1435.94	1820
Sarıahmetlı	766.29	1821
Emeğlı	2394.24	1823
Eğrıbük- Eğlence	552.76	1825
Değirmenocağı	5368.95	1827
Salbaş	650.58	1828
Oruç	513.00	1830
Kılıçmehmet	469.97	1834

Seyhan Üst-Havzası için oluşturulan alt havzaların büyüklükleri yaklaşık 470 ile 5369 km^2 arasında değişmektedir. Alt havzalar içerisinde en büyük alana sahip alt havza olan Değirmenocağı Alt Havzası, çalışma alanının kuzey doğusunda yer almaktadır. En küçük alt havza olan Kılıçmehmet ise çalışma alanının güneyinde Seyhan Baraj Gölü civarında yer almaktadır.

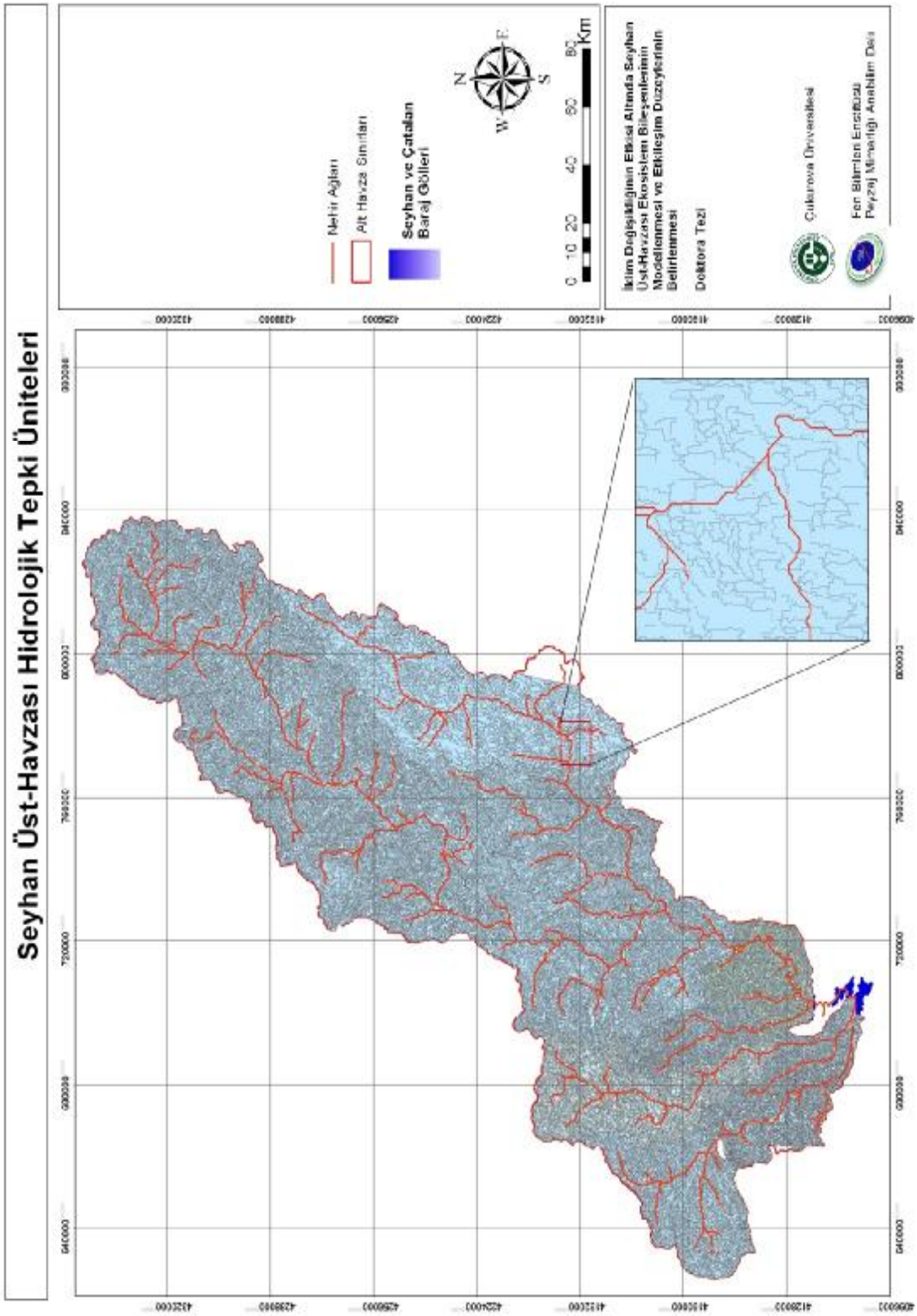
4.2.3. Hidrolojik Tepki Ünitelerinin (HRU) Oluşturulması

.

Çalışma alanının alt havzalara ayrılmasından sonraki aşamada konumsal veri seti kullanılarak hidrolojik tepki üniteleri oluşturulmuştur. Topoğrafik özellikleri ve sahip olduğu biyoçeşitlilik ile karmaşık yapıdaki çalışma alanı alt havzalar bazında HRU'lara ayrılmış ve modelleme sürecine dahil edilmiştir. Alanın her bir alt havza bazında HRU'lara ayrılması ile hidrolojik modelleme uygulamaları hidrolojik birimler bazında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı için HRU'lar konumsal veriler kullanılarak ArcInfo ortamında üretilmiştir. Çalışma alanı için toplam 21298 HRU üretilmiştir. Bu birimlerin alansal büyüklükleri 1-5 km^2 arasında değişmektedir. Bu şekilde, 18923 km^2'lik alana sahip çalışma alanı için modelleme uygulaması 0.5-5 km^2 birimler bazında gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanına ait HRU haritası Şekil 4.13.'te görülmektedir.

HRU poligonları sınırladıkları alanlara ait konumsal bilgileri içermektedir. Modelleme sürecinde bu konumsal bilgiler birleştirilmiş ve alt havza bazında HRU tabloları haline dönüştürülmüştür. HRU tabloları model içerisinde her bir birime ait yersel bilgileri içermektedir ve hidrolojik modelleme için anahtar veri niteliğindedir.



Şekil 4.13. Seyhan Üst-Havzası HRU haritası.

4.2.4. Alt Havza Bazında Hidrolojik Modelleme Bulguları

Çalışmanın hidrolojik modelleme aşamasında Seyhan Üst-Havzası için hidrolojik modelleme uygulamaları, alt havzalar bazında J2000 modeli yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde tüm alt havzalara ait detaylı bilgi ve hidrolojik modelleme sonuçları grafiksel olarak verilmiştir.

4.2.4.1. Himmetli Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Himmetli Alt Havzası, Seyhan Havzası'nın kuzeydoğu bölümünde yer almakta ve yaklaşık 2550 km^2 bir alanı kapsamaktadır. Alandaki yükseklik farkları 670 ile 2948 m arasında değişmekle birlikte, alt havzadaki ortalama yükseklik 1648 m'dir. Himmetli Alt Havzası, tüm çalışma alanı içerisinde yüz ölçümü bakımından Değirmenocağı Alt Havzasından sonra en büyük alt havza konumundadır.

Himmetli Alt Havzasının J2000 modeli yaklaşımıyla modellenmesi için konumsal ve meteorolojik verileri içeren geniş bir veri seti hazırlanmıştır. Bu veri setinden elde edilmiş jeoloji, toprak ve arazi örtüsüne ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Himmetli Alt Havzasının jeolojik yapısı içerisinde, devoniyen ve miyosen birimleri alanda en fazla dağılım gösteren jeolojik yaş sınıflarıdır. Alt havzada %18 oranında dağılım gösteren devoniyen oluşukları kuzeydoğuya doğru mostraları azalarak Tufanbeyli ile Sarız arasında diğer birimler tarafından tamamen örtülürler.

Himmetli Alt Havzası için arazi örtüsü/alan kullanımları değerlendirildiğinde, mera ve iğne yapraklı ormanların geniş yayılım gösterdiği görülmektedir. Mera alanları %48'lik oranla yaklaşık olarak alanın 1228 km^2 kısmını kaplamaktadır. İğne yapraklı ormanlar ise alanın %24'lük kısmında 597 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır.

Çizelge 4.8. Himmetli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Karbonıfer	21.07	1
Devonıyen	453.37	18
Eosen	74.80	3
Kretase	162.66	6
Mıyosen	351.23	14
Permıyen	293.73	12
Kuvaterner	97.09	4
Kambrıyen	20.99	1
Trıyas	71.43	3
Jurasık	719.27	8
Plıyosen	163.47	6
Ordovısıyen	82.25	3
Sılurıyen	29.99	1
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	596.48	23.48
Yaprak Döken Orman	11.65	0.46
Mera	1227.11	48.31
Çıplak Kayalık	96.25	3.79
Kuru Tarım	340.24	13.40
Sulu Tarım	262.17	10.32
Yerleşim	6.28	0.25
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kireçsiz Kahverengi Toprak	497.76	20.65
Kayalık	281.26	11.67
Koluviyal Toprak	74.97	3.11
Alüviyal Toprak	10.34	0.43
Kahverengi Orman Toprağı	70.21	2.91
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	1232.20	51.13
Kestane Rengi Toprak	244.02	10.13

Orman alanları alanın güney ve orta bölümünde yer almakta ve alanda nadir olarak görülen yaprak döken meşcere tiplerinin 12 km^2'lik kısmı bu bölümde bulunmaktadır.

Himmetli Alt Havzasının hidrolojik modelleme uygulamasında konumsal verilerin birleştirilmesi ile oluşturulan en önemli girdi verisi hidrolojik tepki üniteleridir. HRU, konumsal bilgiler göz önüne alınarak havzada suyun birimler arası

akış ve taşınım yönünün belirlenebilmesi için kullanılmıştır. Himmetli Alt Havzası için oluşturulan HRU tablosu Çizelge 4.9.'da verilmektedir.

Çizelge 4.9. Himmetli havzası için J2000 modeli HRU veri giriş tablosu

ID	x	y	area	elevation	slope	aspect	soilID	landuseID	hgeoID
0	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*
9999	*9999999*	*9999999*	*1E+10*	*10000*	*90*	*360*	*9999*	*9999*	*9999*
n/a	*m*	*m*	*m2*	*m*	*deg*	*deg*	*n/a*	*n/a*	*n/a*
1	*824981.5*	*4345389*	*1360000*	*1879.5*	*5.84*	*68*	*1*	*4*	*13*
2	*823581.5*	*4344789*	*1680000*	*1959.9*	*4.33*	*158*	*1*	*4*	*13*
3	*825881.5*	*4344000*	*1240000*	*1821.0*	*6.12*	*248*	*1*	*7*	*13*
4	*825481.5*	*4343888*	*1720000*	*1847.7*	*6.64*	*68*	*1*	*4*	*7*
5	*821881.5*	*4344564*	*520000*	*1963.3*	*3.94*	*158*	*1*	*4*	*5*
6	*822481.5*	*4344564*	*720000*	*1926.2*	*4.26*	*203*	*1*	*4*	*13*
7	*826481.5*	*4344740*	*320000*	*1875.1*	*4.20*	*23*	*1*	*4*	*13*
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
2296	*827281.5*	*4343901*	*1200000*	*1796.6*	*2.55*	*113*	*1*	*7*	*8*

Himmetli Alt Havzası için büyüklükleri 0.5 ile 5 km^2 arasında değişen 2296 HRU üretilmiştir.

Çalışmada Himmetli Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada model kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Model kalibrasyonu Monte-Carlo Hassasiyet Analizleri (MCA) ile gerçekleştirilmiştir. J2000 modelleme sürecine her bir modülde farklı sayıda olmak üzere 23 adet değişken dahil edilmektedir ve her bir değişken model doğruluğuna etkide bulunmaktadır. Kalibrasyon aşamasında model 500 kez koşturularak model eşitliklerinde yer alan değişkenlerin model doğruluğuna en fazla katkı sağladığı değer aralıkları belirlenmiştir. Değişkenlerin en uygun değerleri Nash-Sutcliffe katsayısı (e2) ve determinasyon katsayısı (r^2) ile ilişkilendirilmiş ve noktasal olarak grafiklenmiştir. Bu değişkenlerin model doğruluğu bakımından en uygun değer aralıkları Çizelge 4.10'da görülmektedir.

Çizelge 4.10. Himmetli Alt Havzasımodel değişkenleri hassasiyet analizi sonuçları.

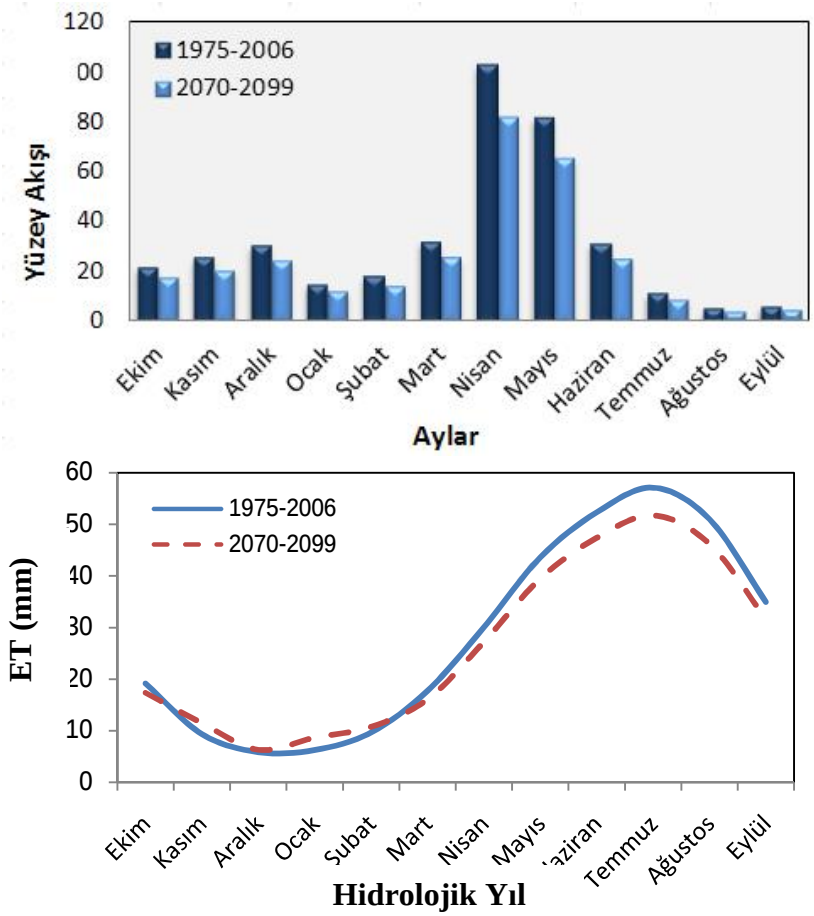
.Değişken İsmi	Değer	r^2	e2
a_rain (mm)	2.44	0.86	0.49
a_snow (mm)	9.81	0.75	0.50
gwRG1RG2	0.5	0.86	0.50
Basetemp (C)	-4.55	0.75	0.51
r_factor (mm)	1.32	0.83	0.52
t_factor (C)	4.74	0.77	0.51
soilMaxPerc	19.81	0.82	0.50

Burada a_rain; 1 m^2 yaprağın maksimum yağmur intersepsiyon depo kapasitesi, basetemp; kar yağışı için sıcaklık sınırı, a_snow: 1 m^2 yaprağın maksimum kar intersepsiyon depo kapasitesi, gwRG1RG2: yeraltı zonları su süzülme katsayısı, t_factor; kar erime sıcaklık sınır değeri, r_factor: kar erime yağış faktörü ve soilMaxPerc; maksimum süzülme oranını ifade etmektedir.

Himmetli Alt Havzası için J2000 modeli, hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri kullanılarak koşturulmuş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu kapsamda, güncel durum ve geleceğe yönelik olarak iklim değişikliğinin etkileri altında ET, yüzey akışı, üst ve alt katman yer altı suları (RG1/RG2), toprakta tutulan su miktarı (orta-MPS ve büyük-LPS gözenekli) intersepsiyon bileşenleri hesaplanmıştır. Alt havza için model r^2 0.74, e2 katsayısı ise 0.50 olarak ölçülmüştür ve bu değerler model sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir.

Hidrolojik modelleme sürecinde Himmetli Alt Havzası için yıllık toplam yağış rejimleri değerlendirildiğinde 1975-2006 yıllık ortalama yağışın 773.34 mm olduğu gözlemlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi altında 2070-2099 yıllık yağış ortalamasının %23 azalmayla 598.93 mm olacağı tahmin edilmiştir. Yıllık toplam 107.63 olan yağışlı gün sayısı 2070 yılı ve sonrası için 108.20 ölçülmüştür. Alt havza bazında yağışlı gün sayısında belirgin bir artış olmamakla birlikte özellikle Nisan ve Aralık aylarında yağış rejimindeki artışın fazla olacağı saptanmıştır. Sıcaklık ortalaması incelendiğinde 1975-2006 yılları için 11.53 ^{0}C olarak ölçülen sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları için 13.83 ^{0}C olacağı tahmin edilmiştir.

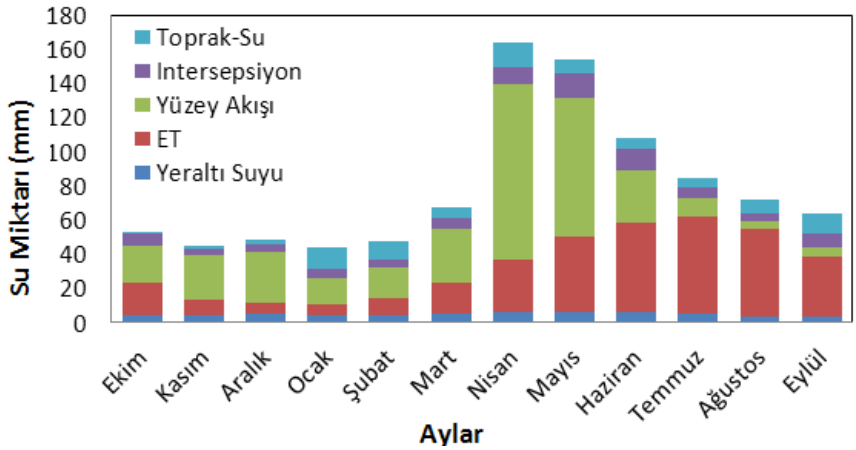
İklim bileşenleri ile birlikte Himmetli Alt Havzası için J2000 modeli ile güncel durum ve geleceğe yönelik olarak tahmin edilen yıllık ortalama yüzey akış ve ET dağılımları Şekil 4.14'te görülmektedir.



Şekil 4.14. Himmetli Alt Havzası hidrolojik yıl yüzey akışı ve ET dağılımı.

Alt havza bazında yıllık yüzey akışı dağılımı incelendiğinde, en fazla yüzey akışının yağış artışına bağlı olarak Nisan ayında olduğu belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkileri altında Nisan ve Mayıs ayları yüzey akışında 2070 yılı ve sonrası için %21'lik bir azalma tahmin edilmiştir. Bununla birlikte alt havzada sıcaklığa bağlı olarak Nisan ayında itibaren ET miktarı artış göstermekte ve bu miktar Temmuz ayında maksimuma ulaşmaktadır. Alt havza bazında yaz aylarında yağış ve yüzey akışında meydana gelecek azalmaya bağlı olarak ET miktarında da 2070 yılı ve sonrası için azalma tahmin edilmiştir.

Himmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin hidrolojik yıl içerisinde birbirleri içerisindeki oranları Şekil 4.15'te görülmektedir.



Şekil 4.15. Himmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).

Alt havza bazında hidrolojik bileşenler değerlendirildiğinde aylık bazda su bütçesi içerisinde en fazla orana yüzey akışı ve ET'nin sahip olduğu görülmüştür. Bu oran içerisinde yaz ayları için yüzey akışında, ET oranla daha fazla azalış olacağı saptanmıştır. Himmetli Alt Havzası için yıllık toplam hidrolojik bileşen miktarları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Himmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenleri.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	773.34	380.41	336.78	59.81	88.85	85.59
2070-2099	598.93	303.19	314.06	44.99	68.82	79.16

J2000 modelleme uygulaması ile 1975-2006 yılları için ortalama yıllık toplam yüzey akışı 380.41 olarak tahmin edilmiştir. Himmetli Alt Havzası için EİE'den elde edilen akım gözlem verilerine göre yıllık yüzey akışı toplamı 401.07'dir. Bu değerler karşılaştırıldığında tahmin ve gözlem yüzey akışı miktarlarında %7'lik kabul edilebilir bir sapma gözlemlenmiştir.

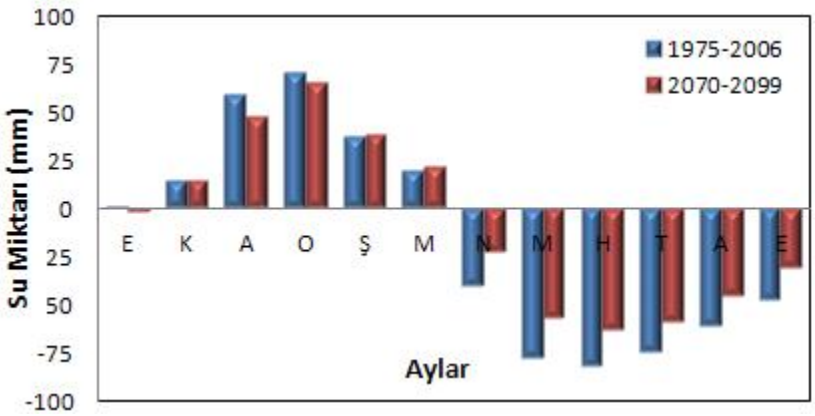
Çalışmada alt havza bazında su bütçeleri hesaplanmıştır. Himmetli Alt Havzası için hidrolojik bileşenler için yıllık toplam su bütçeleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Himmetli Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersep. (km^3)
1975-2006	2549	1.971	0.970	0.858	0.152	0.226	0.052
2070-2099		1.527	0.773	0.801	0.115	0.175	0.048

Hidrolojik modelleme ile Himmetli Alt Havzası için 1975-2006 dönemi için ortalama yıllık toplam 1.97 km^3'lik su girişi olacağı saptanmıştır. Bu miktarın 2070-2099 arasında %23'lük bir azalma ile 1.527 km^3'e düşebileceği tahmin edilmiştir. Güncel durum su girdisinin 0.97 km^3'lük kısmının yüzey akışı, 0.858 km^3 kısmı ET ve 0.052 km^3'lük kısmı intersepsiyon ile atmosfer ve denize karışmaktadır. Toplam su girişinin 0.152 km^3'lük kısmı yer altı sularına verilmekte, 0.226 km^3 kısmı toprağın katmanlarında tutulmaktadır. 2070 sonrası için toplam su girdisinin 0.773 km^3'lük kısmının yüzey akışına, 0.778 km^3'lük kısmının ET ile atmosfere döneceği tahmin edilmiştir.

Himmetli Alt Havzası için toplam su girdi-çıktı dağılımı Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. Himmetli Alt Havzası hidrolojik yıl su girdi-çıktı dağılımı.

Alt havza su bütçesi değerlendirildiğinde güncel durum için yıllık ortalama toplam su girişi 1.971 km^3, su çıkışı ise 2.426 km^3 olacağı tahmin edilmiştir. Su çıkışının fazla olması, farklı yer altı suyu kaynakları ile havzaya ilave yer altı suyu girişinin olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Geleceğe yönelik su girdi-çıktı dengesinde havzadan çıkan su miktarının 0.226 km^3 fazla olacağı öngörülmüştür.

Hidrolojik modelleme uygulamasında Himmetli Alt Havzası için hidrolojik bileşenler haritalanmıştır.

4.2.4.2. Gökdere Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Gökdere Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nın kuzey doğusunda yer almakta ve 1784 km^2'lik alanı kaplamaktadır. Bu alt havza çalışmada, EİE, 1805 no'lu Gökdere akım gözlem istasyonun konumu baz alınarak oluşturulmuştur. Bölgedeki yükseklik farkları 321 ile 2951 m arasında değişmekle birlikte ortalama yükselti 1287 m'dir.

Gökdere Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulaması arazi örtüsü, SYM, toprak ve jeoloji haritaları gibi konumsal veriler ve meteorolojik zaman serilerinin CBS ortamında analizi ve J2000 modeline entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Gökdere Alt Havzasının konumsal verilere temel alınarak elde edilen jeoloji, toprak ve arazi örtüsü sınıflarının alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Gökdere Alt Havzasında Paleosen ve Devoniyen jeolojik yaş sınıfları alanın yaklaşık %72'sinde yayılım göstermektedir. Paleosen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar Seyhan Üst-Havzası'nda küçük bir alanda bulunmakla birlikte en fazla bu alt havzada oluşum göstermiştir. Bu bölgede ayrıca Devoniyen yaşlı kırıntılılar ve karbonatlar Sarızdan güneybatıya Tufanbeyli, Saimbeyli, Feke ve Mansurlu'dan Karsantı'ya kadar uzanan dağlık arazide geniş yer kaplamaktadır.

Alt havzadaki arazi sınıfları incelendiğinde, alanda en fazla yayılım gösteren arazi sınıfının iğne yapraklı ormanlar olduğu görülmektedir. Gökdere Alt Havzası 956 km^2'lik yayılım alanı ile Seyhan Üst-Havzası içerisinde en fazla orman alanına

sahip alt havzadır. Orman alanları bölgede %53'lük yayılım oranına sahiptir. Alt havzada mera alanları da yaklaşık 431 km^2'lik alanı kaplamaktadır.

Çizelge 4.13. Gökdere Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Karbonıfer	4.70	2.37
Devonıyen	29.48	14.88
Eosen	2.25	1.13
Kretase	0.43	0.22
Mıyosen	12.87	6.50
Permıyen	8.56	4.32
Kuvaterner	1.53	0.77
Paleosen	113.97	57.53
Kambrıyen	0.50	0.25
Trıyas	19.00	9.59
Jurasık	0.07	0.04
Plıyosen	0.75	0.38
Olıgosen	4.00	2.02
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	956.43	53.64
Yaprak Döken Orman	71.28	4.00
Mera	430.55	24.15
Çıplak Kayalık	106.66	5.98
Kuru Tarım	84.86	4.76
Sulu Tarım	131.01	7.35
Yerleşim	3.17	0.18
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kireçsiz Kahverengi Toprak	175.54	9.85
Çıplak Kayalık	27.37	1.54
Kolüvyal Toprak	362.46	20.34
Alüvyal Toprak	1208.00	67.78
Kızıl Kahverengi Toprak	8.89	0.50

Gökdere Alt Havzasının sahip olduğu orman alanları ve topoğrafik açıdan karmaşık yapısının modelde açıklanabilmesi için, alan fazla sayıda hidrolojik birime ayrılmıştır. Bu kapsamda bu alt havza için 5200 HRU oluşturulmuştur.

Gökdere Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada model kalibrasyonu için MCA ile hassasiyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon aşamasında model bu alt havza için de 500 kez koşturularak model

eşitliklerinde yer alan değişkenlerin model doğruluğuna en fazla katkı sağladığı değer aralıkları belirlenmiştir. Nash-Sutcliffe katsayısı (e2) ve determinasyon katsayısı (r^2) ile ilişkilendirilmiş değişkenlerin en uygun değer aralıkları Çizelge 4.14'te görülmektedir.

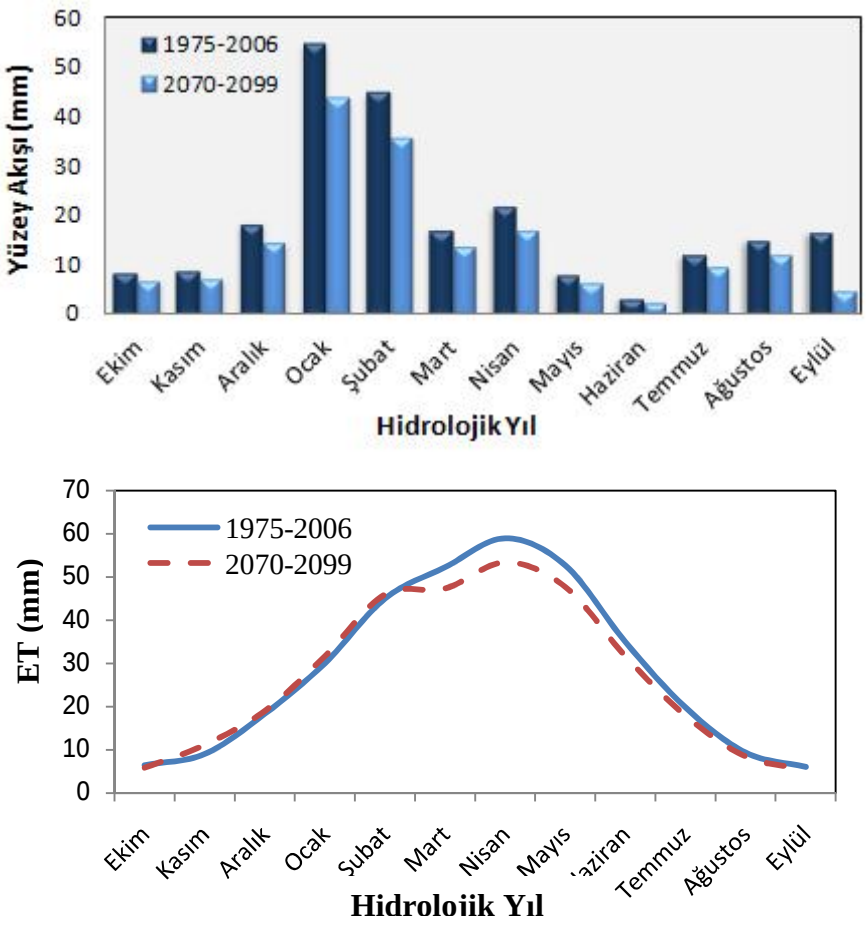
Çizelge 4.14. Gökdere Alt Havzasımodel değişkenleri hassasiyet analizi sonuçları.

Değişken İsmi	**Değer**	***r²***	***e2***
a_rain (mm)	4.16	0.70	0.30
a_snow (mm)	8.32	0.68	0.14
gwRG1RG2	0.67	0.72	0.33
Basetemp (C)	-9.54	0.71	0.16
r_factor (mm)	0.36	0.72	0.22
t_factor (C)	1.93	0.70	0.26
soilMaxPerc	8.78	0.73	0.22

Gökdere Alt Havzası için hidrolojik modelleme uygulaması hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu uygulamada, güncel durum ve geleceğe yönelik olarak iklim değişikliğinin etkileri altında ET, yüzey akışı, üst ve alt katman yer altı suları (RG1/RG2), toprakta tutulan su miktarı (orta-MPS ve büyük-LPS gözenekli) intersepsiyon bileşenleri hesaplanmıştır. Gökdere Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulaması determinasyon katsayısı 0.69 olarak ölçülmüştür. Modelleme akım gözlem ve tahmin akış bileşenleri 0.24 e2 katsayısı ile korelasyon göstermiştir.

Gökdere Alt Havzası için meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre 1975-2006 ortalama yıllık toplam yağış 541.08 mm'dir. İklim değişikliğinin etkisi altında GCM modeli ile 2070-2099 yılları için ortalama yıllık toplam yağış 449.76 mm olarak tahmin edilmiştir. Bu kapsamda çalışmada alt havza düzeyinde %17'lik bir yağış azalması öngörülmüştür. Sıcaklık ortalaması incelendiğinde 1975-2006 yılları için havza ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarından 9.43 ^{0}C olarak ölçülen sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları için %16'lık bir artışla 11.31 ^{0}C olacağı tahmin edilmiştir.

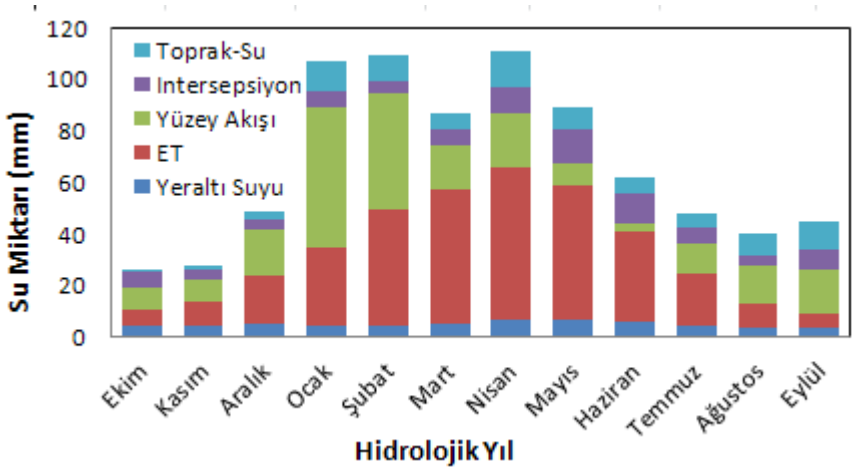
Çalışmada gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasında Gökdere Alt Havzası için tahmin edilen yüzey akışı ve ET dağılımları Şekil 4.17'de görülmektedir.



Şekil 4.17. Gökdere Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Gökdere Alt Havzası için hidrolojik modelleme sonuçları değerlendirildiğinde, yıl içerisinde Ocak, Şubat ve Nisan aylarında yüzey akışının fazla olduğu görülmüştür. Bölgede ET potansiyeli, Şubat-Haziran döneminde sıcaklığa bağlı olarak artış göstermekte, Temmuz ayından itibaren kurak sezona bağlı olarak azalmaktadır. 2070 yılı ve sonrası için yıl içerisinde yüzey akışında en fazla azalmanın Ocak ve Şubat aylarında olacağı tahmin edilmiştir. Geleceğe yönelik olarak ET miktarlarında özellikle ilkbahar aylarında %10'luk bir azalma olacağı öngörülmüştür.

Gökdere Alt Havzası için çalışmada hidrolojik bileşenlerin genel su bütçesi içerisindeki oranları da hesaplanmıştır. Bu bileşenlerin 1975-2006 yıllarına ait ortalama oranları Şekil 4.18'de görülmektedir.



Şekil 4.18. Gökdere Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları(1975-2006).

Alt havzada hidrolojik bileşenler değerlendirildiğinde yağış ile alana düşen suyun büyük bölümünün ET bileşeni ile atmosfere geri döndüğü hesaplanmıştır. Alanda yer altı suyu potansiyelinin yıl içerisinde eşit miktarda dağılım gösterdiği, bununla birlikte toprakta depolanan su miktarının yağışa bağlı olarak bahar aylarında arttığı belirlenmiştir. Gökdere Alt Havzası için yıllık toplam hidrolojik bileşen miktarları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Gökdere Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	541.08	228.75	342.83	59.81	36.22	82.93
2070-2099	449.76	173.30	325.65	44.99	28.05	76.70

Gökdere Alt Havzasında yüzey akışı miktarı, yıllık toplam yağışın %42'sini oluşturmaktadır. Bölgedeki yıllık toplam yüzey akışında %24, ET miktarında ise %5'lik azalma olacağı, çalışmada yapılan hidrolojik modelleme uygulaması ile tahmin edilmiştir. Yer altı suyu miktarında yıllık 15 mm, toprakta tutulan su

miktarında ise 8 mm azalma öngörülmektedir. Bölgede intersepsiyon miktarının ise 2070 yılı ve sonrasında orman alanlarının verimliliği ve yayılış alanlarındaki potansiyel değişimin de olası etkileri ile yaklaşık 8 mm azalacağı tahmin edilmiştir. Alt havzadaki toplam su miktarlarını gösteren bütçe tablosu Çizelge 4.16'da görülmektedir.

Çizelge 4.16. Gökdere Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	**Alan (km^2)**	**Yağış (km^3)**	**Yüzey Akışı (km^3)**	**ET (km^3)**	**Yer altı Suyu**	**Toprak-Su (km^3)**	**İntersep. (km^3)**
1975-2006	1784	0.965	0.408	0.612	0.107	0.065	0.085
2070-2099		0.802	0.309	0.581	0.080	0.050	0.079

Çalışmada hidrolojik modelleme uygulaması sonucu Gökdere Alt Havzasına yağış ile güncel durum için yıllık toplam 0.965 km^3'lik su girişi olacağı hesaplanmıştır. Bu miktarın 2070-2099 yılları için %16.9'luk azalma ile 0.802 km^3 olacağı tahmin edilmiştir. Alt havzada hidrolojik bileşenler ile su çıkışının 1975-2006 ortalaması 0.301 km^3 fark ile yıllık toplam 1.276 km^3 olduğu saptanmıştır. Bu noktada güncel durum için alt havzaya yağış dışında yer altı akiferleri ve nehir kanalları ile yaklaşık 0.301km^3 ilave su girişi olduğu belirlenmiştir. 2070-2099 ortalamasında ise toplam su çıkışının 1.072 km^3 olacağı ve su girdi-çıktı farkının 0.370 km^3 olacağı tahmin edilmiştir. Alanda ayrıca orman alanlarının yayılım alanlarının fazlalığına bağlı olarak intersepsiyon miktarı ile atmosfere geri dönen su miktarının güncel durum için yıllık toplam 0.085 km^3 olduğu saptanmıştır. Bu miktarın 2070 ve sonrası için yaklaşık 0.006 km^3 azalacağı öngörülmüştür.

4.2.4.3. Ergenuşağı Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Ergenuşağı Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nın batısında yer almakta ve yaklaşık 1186 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır. Ergenuşağı Alt Havzasının yükselti ortalaması 1670 m ve yükselti farkları 834 ile 3418 m arasında değişmektedir.

Ergenuşağı Alt Havzası için model formatında düzenlenen yersel veri setinde, jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.17'de görülmektedir.

Çizelge 4.17. Ergenuşağı Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Eosen	115.98	9.85
Kretase	81.49	6.92
Miyosen	31.08	2.64
Permiyen	19.24	1.63
Kuvaterner	61.97	5.26
Paleosen	676.20	57.41
Triyas	114.98	9.76
Jurasik	20.14	1.71
Oligosen	56.68	4.81
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	176.75	14.91
Mera	446.50	37.66
Çıplak Kayalık	208.60	17.59
Kuru Tarım	207.06	17.46
Sulu Tarım	89.73	7.57
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kahverengi Toprak	154.90	13.15
Kireçsiz Kahverengi Toprak	171.67	14.57
Çıplak Kayalık	160.62	13.63
Kolüvyal Toprak	50.29	4.27
Alüvyal Toprak	3.65	0.31
Kahverengi Orman Toprağı	278.87	23.67
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	354.94	30.13
Kızıl Kahverengi Toprak	3.20	0.27

Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulamasında modelin girdi verilerinden olan jeoloji bilgileri değerlendirildiğinde, bölgede Paleosen jeoloji sınıfının % 57'lik bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Bölgede, Eosen ve Triyas sınıfları da % 9 oranında dağılım göstermektedir. Bölgedeki Eosen altta transgresif bir konglomera ile başlar, üste doğru konglomera kireçtaşına, bu kireçtaşı düzeyi de marnlı kumtaşı düzeylerine geçiş gösterir. Bölgede, jeolojik yapı, üst Kretase-

Paleosen-Eosen istifi şeklinde bir çökelme devamlılığı gösterir ve Miyosen çökelleri ile örtülür (Tutkun, 1984).

Ergenuşağı Alt Havzasında mera arazi sınıfı % 37, çıplak alanlar % 17'lik bir dağılım göstermektedir. Tarım alanları bölgenin yaklaşık %24'lük kısmını kaplamaktadır. Bölgede çıplak alan ve çayırların fazla olması ile birlikte vejetasyon tür çeşitliliği görülmemektedir. Bölgede iğne yapraklı orman türleri yaklaşık %15'lik dağılım göstermektedir.

Bölgedeki toprak serileri içerisinde, %30 oranla kızıl kahverengi toprak çeşidi, en fazla dağılım gösteren toprak sınıfıdır. Model hesaplamalarında bölgeye ait toprak haritasındaki sınıflara ait sınıf bazında tarla kapasitesi ve toprak derinlik değerleri kullanılmıştır.

Ergenuşağı Alt Havzası için 1567 HRU oluşturulmuştur ve bu HRU'ların en büyüğü 1.34 km^2'dir.

Ergenuşağı Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada MCA ile hassasiyet analizleri ile model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve modele katkı sağlayan parametre değer aralıkları belirlenmiştir. Kalibrasyon aşamasında model bu alt havza için de belirlenmiştir. Nash-Sutcliffe katsayısı (e2) ve determinasyon katsayısı (r^2) ile ilişkilendirilmiştir. Değişkenlerin en uygun değer aralıkları Çizelge 4.18'de görülmektedir.

Çizelge 4.18. Ergenuşağı Alt Havzasımodel değişkenleri hassasiyet analizi sonuçları.

Değişken İsmi	**Değer**	***r²***	***e2***
a_rain (mm)	3.90	0.79	0.51
a_snow (mm)	9.80	0.75	0.21
gwRG1RG2	0.22	0.76	0.3
Basetemp (C)	-4.0	0.72	0.4
r_factor (mm)	4.07	0.75	0.43
t_factor (C)	4.54	0.74	0.40
soilMaxPerc	19.9	0.70	0.21

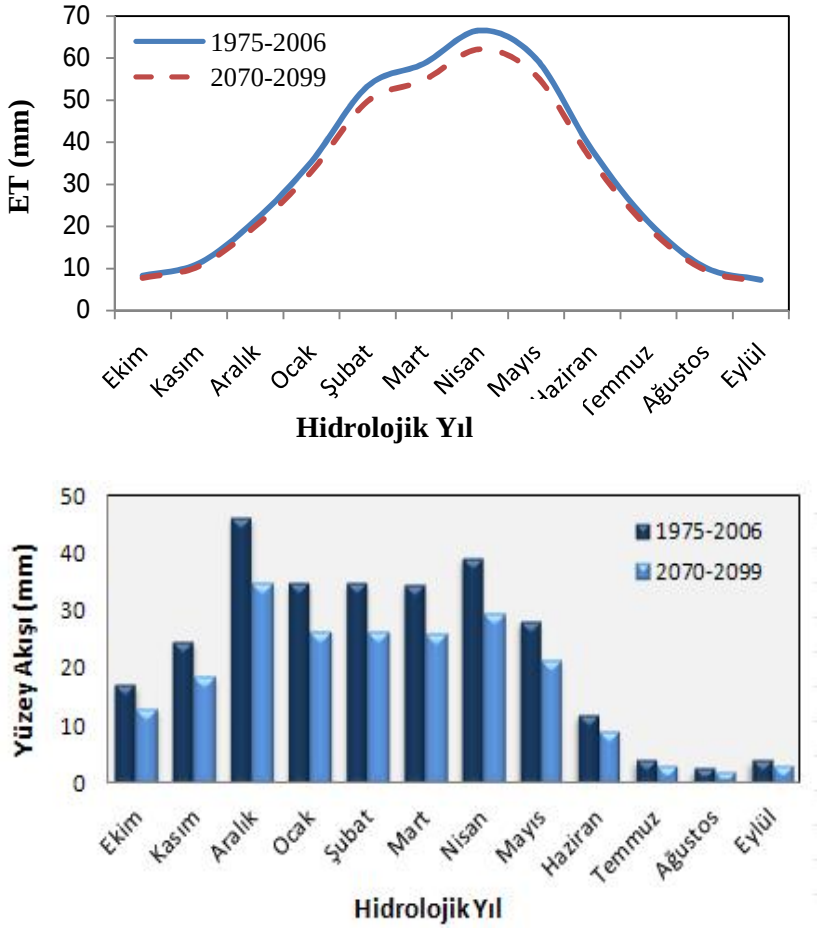
Ergenuşağı Alt Havzası için de hidrolojik modelleme uygulaması hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu kapsamda hidrolojik bileşenler ile iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alınarak alt havza bazında su

dengesi ve bütçesi tahmin edilmiştir. Alt havza modelleme uygulaması 0.76 r^2 ve 0.42 e2 katsayısı düzeyi ile gerçekleştirilmiştir. Bu katsayı düzeyi model sonuçlarının Ergenuşağı Alt Havzası için de kabul edilebilir olduğunu ortaya koymuştur.

Ergenuşağı Alt Havzası için meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre 1975-2006 ortalama yıllık toplam yağış 655.13 mm'dir. İklim değişikliğinin etkisi altında GCM modeli ile 2070-2099 yılları için ortalama yıllık toplam yağış 477.70 mm olarak tahmin edilmiştir. Bu kapsamda alt havzada yağışta yaklaşık 178 mm'lik bir azalma olacağı tahmin edilmiştir. Sıcaklık ortalaması incelendiğinde 1975-2006 yılları için havza ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarından 9.86 ^{0}C olarak ölçülen sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları için yaklaşık 3 ^{0}C'lik artışla 12.20 ^{0}C olacağı tahmin edilmiştir.

Alt havza bazında gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasında Ergenuşağı Alt Havzası için tahmin edilen yüzey akışı ve ET dağılımları Şekil 4.19'da görülmektedir.

Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik modelleme sonuçları değerlendirildiğinde, ET miktarının hidrolojik yıl içerisinde özellikle Ocak ve Mayıs aylarında sıcaklık ve yağış artışına paralel olarak arttığı, yaz aylarında kurak sezon ile birlikte azaldığı görülmüştür. Et miktarı Nisan ayında güncel durum için 66.64 mm, 2070 yılı sonrası Nisan ayı ortalamaları için 62.14 mm tahmin edilmiştir. Güncel durum ET miktarının en düşük olduğu ay 8.73 mm ile Ekim ayıdır.

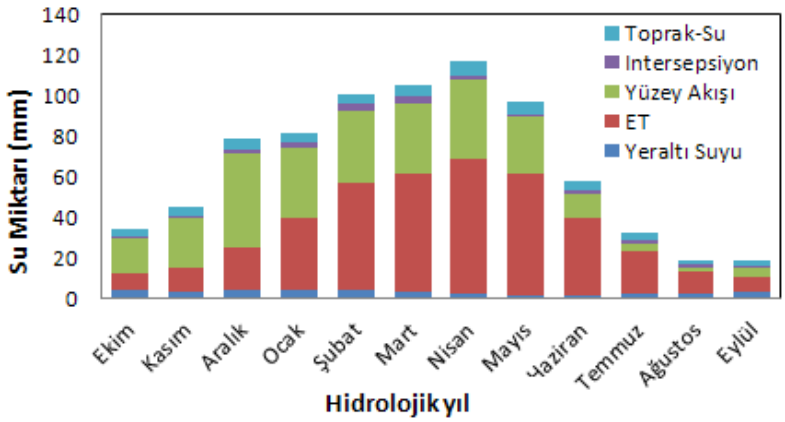


Şekil 4.19. Ergenuşağı Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Alt havzanın yüzey akışının hidrolojik yıl içerisinde en fazla olduğu ay Aralık olarak tahmin edilmiştir. Ocak-Mart sezonunda güncel durum ve 2070 yılı sonrası ortalamaları temel alındığında yüzey akışında büyük bir değişim gözlenmemiştir.

Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulamasında tahmin edilen hidrolojik bileşenlerin oranları Şekil 4.20'de, miktarları Çizelge 4.19'da görülmektedir.

Ergenuşağı Alt Havzası için güncel durum yüzey akışının toplam yağışın %27'si oranında olduğu bielirlenmiştir. Alt havza için J2000 modeli ile yüzey akışı 1975-2006 ortalama yıllık toplam 280.49 mm tahmin edilmiştir.



Şekil 4.20. Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları

Çizelge 4.19. Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	665.13	280.49	391.91	37.42	54.33	22.07
2070-2099	477.7	212.13	365.45	26.24	42.08	18.75

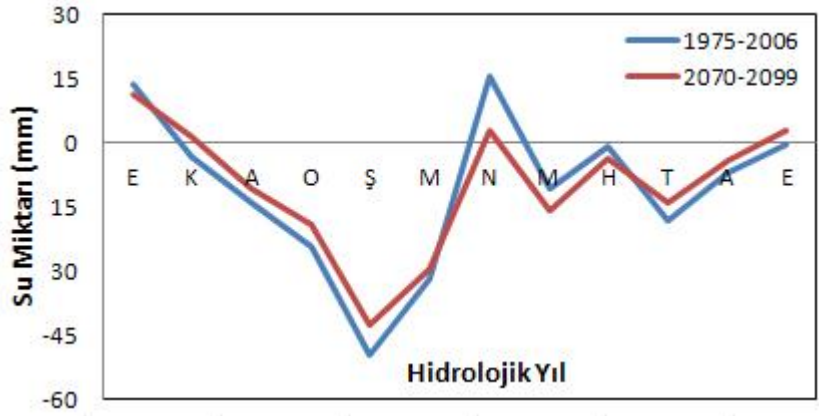
Akım gözlem istasyonlarından aynı döneme ait ölçüm verilerinin ortalaması yüzey akışının 346.25 mm olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda yüzey akışı için model tahminlerinde aylık ortalama 5.48 mm'lik kabul edilebilir bir sapma olduğu gözlemlenmiştir. Hidrolojik bileşenlerin ortalama yıllık toplam miktarları temel alınarak oluşturulan su bütçesi Çizelge 4.20'de görülmektedir.

Çizelge 4.20. Ergenuşağı Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersep. (km^3)
1975-2006	1185.7	0.788	0.332	0.464	0.044	0.064	0.004
2070-2099		0.566	0.251	0.433	0.031	0.050	0.003

Alt havzada yağış ile yıllık toplam 0.788 km^3'lük su girişi olacağı tahmin edilmiştir. Güncel durum için bu miktarın 0.332 km^3'lük kısmının yüzey akışı ile göl ve nehirlere, 0.464 km^3'lük kısmının ise ET ile atmosfere karışacağı tahmin edilmiştir. Güncel durum için hidrolojik bileşenler ile havzadan 0.932 km^3 su çıkışı

olacağı tahmin edilmiştir. Güncel durum ve 2070-2099 için yıllık toplam su girdi-çıktı dağılımı Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Ergenuşağı Alt Havzası hidrolojik yıl su girdi-çıktı dağılımı

Bu kapsamda Güncel durum su dengesinde girdi-çıktı farkının 0.144 km^3 olduğu saptanmıştır. 2070-2099 dönemi için alt havzanın yıllık toplam su girdisinin 0.566 km^3 olacağı tahmin edilmiştir. Bu miktar güncel durum ile kıyaslandığında su kaynakları bakımından bölgede 0.222 km^3 verimlilik azalışı olabileceğini göstermektedir. Bölgede orman alanlarının diğer alt havzalara oranla daha az yayılım göstermesi nedeniyle güncel durum yıllık toplam intersepsiyon miktarının 4 milyon m^3 olduğu belirlenmiştir.

4.2.4.4. Üçtepe Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Üçtepe Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nın güney batısında yer almakta ve yükseltisi 150 ile 3599 m arasında değişmektedir. Bölgenin yükselti ortalaması 1163 m'dir. Üçtepe Alt Havzası, Üçtepe akım gözlem istasyonu referans alınarak oluşturulmuştur ve 1313.05 km^2'lik bir yağış alanını kapsamaktadır.

Üçtepe Alt Havzası için model formatında düzenlenen yersel veri setinde, jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.21'de görülmektedir.

Çizelge 4.21. Üçtepe Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Karbonifer	15.11	1.15
Devoniyen	66.25	5.05
Kretase	458.05	34.93
Miyosen	165.73	12.64
Permiyen	29.41	2.24
Kuvaterner	21.51	1.64
Paleosen	137.26	10.47
Triyas	36.25	2.76
Jurasik	226.80	17.30
Oligosen	154.98	11.82
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	707.51	53.97
Yaprak Döken Orman	0.76	0.06
Mera	135.47	10.33
Açıkalan	161.43	12.31
Çıplak Kayalık	40.97	3.13
Kuru Tarım	126.69	9.66
Sulu Tarım	137.83	10.51
Su Yüzeyi	0.02	0.00
Yerleşim	0.27	0.02
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Çıplak Kayalık	156.35	11.93
Kolüvyal Toprak	33.39	2.55
Kahverengi Orman Toprağı	223.95	17.08
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	613.25	46.78
Kırmızı Akdeniz Toprağı	257.25	19.62
Kızıl Kahverengi Orman Toprağı	27.36	2.09

Üçtepe Alt Havzası jeolojik yapısı içerisinde en fazla dağılım gösteren yaş sınıfları Kretase ve Jurasik'tir. Bununla birlikte alanın toprak yapısı incelendiğinde Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı ve Kırmızı Akdeniz Toprakları diğer serilere oranla daha fazla yayılım göstermektedir. Sınıfların alansal bilgileri ile birlikte çalışma alanına ait tarla kapasitesi, çap büyüklüğü vb. bilgiler de toprak sınıfları bazında oluşturulmuş ve hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmiştir.

Alt havzadaki arazi sınıfları içerisinde İğne Yapraklı Orman türleri 707.51 km^2'lik bir yayılış alanına sahiptir. Alanda çok az düzeyde Yaprak Döken Orman

türleri de görülmektedir. Bölgedeki tarım alanları toplamda yaklaşık 265 km^2'lik bir alan kaplamaktadır.

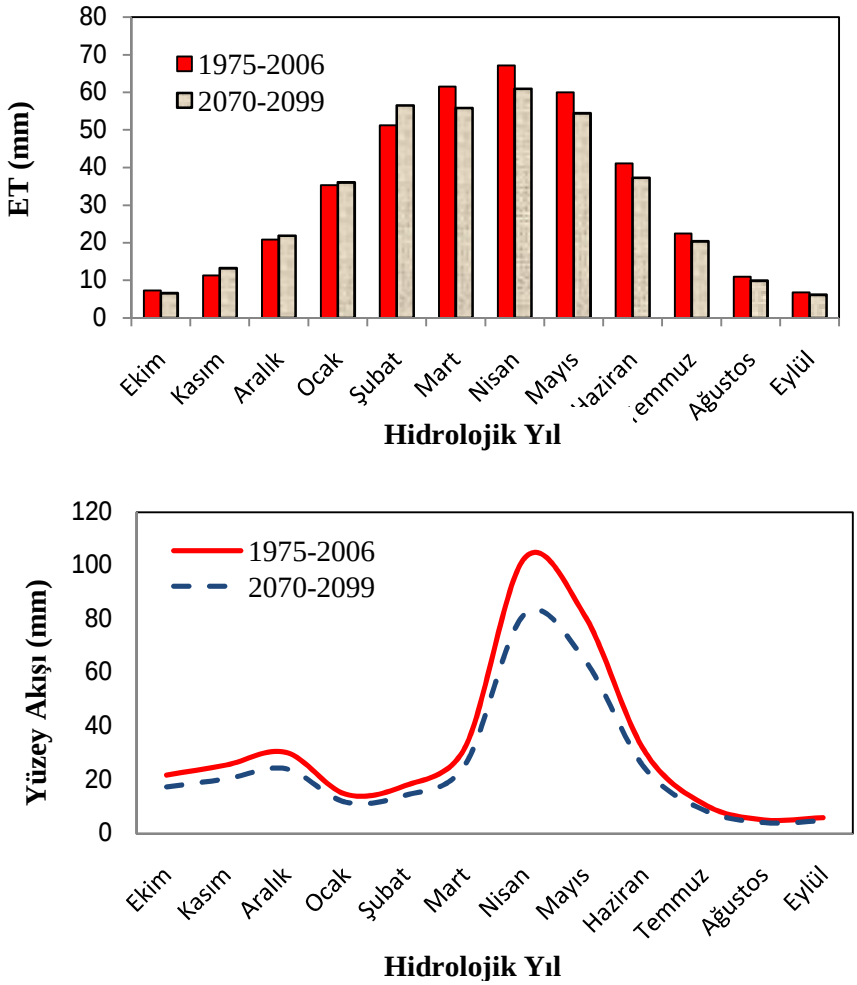
Hidrolojik modelleme sürecinde alanın coğrafi özelliklerine ait bilgilerin eldesinden sonraki aşamada Üçtepe Alt Havzası için 3700 HRU oluşturulmuştur.

HRU bilgileri, konumsal ve meteorolojik bilgilerin model formatına dönüştürülmesi ile Üçtepe Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada MCA ile hassasiyet analizleri ile model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve modele katkı sağlayan parametre değer aralıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda model eşitliklerine katkı sağlayan değişkenler Nash-Sutcliffe katsayısı (e2) ve determinasyon katsayısı (r^2) ile ilişkilendirilmiştir. Üçtepe Alt Havzası için de hidrolojik modelleme uygulaması hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu kapsamda hidrolojik bileşenler ile iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alınarak alt havza bazında su dengesi ve bütçesi tahmin edilmiştir. Alt havza modelleme uygulaması 0.66 r^2 ve -0.80 e2 katsayısı düzeyi ile gerçekleştirilmiştir. Alt havzanın sahip olduğu topoğrafya ve tür çeşitliliği nedeniyle hidrolojik modelleme uygulaması diğer alt havzalara oranla daha düşük korelasyon ile gerçekleştirilmiştir.

Üçtepe Alt Havzası için meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre Üçtepe Alt Havzası Seyhan Üst-Havzası alt havzaları içerisinde en fazla yağış alan bölgelerde birisidir. Bölge için 1975-2006 ortalama yıllık toplam yağış 736.04 mm olarak ölçülmüştür. İklim değişikliğinin etkisi altında GCM modeli ile 2070-2099 yılları için ortalama yıllık toplam yağış 603.72 mm olarak tahmin edilmiştir. Bu kapsamda alt havzada yağışta yaklaşık azalmanın %18 olacağı tahmin edilmiştir. Sıcaklık ortalaması incelendiğinde 1975-2006 yılları için havza ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarından 12.96 ^0C olarak ölçülen sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları için yaklaşık 3 ^0C'lik artışla 15.56 ^0C olacağı tahmin edilmiştir. Bölge dağlık olmasına rağmen üst-havzanın güneyinde bulunması nedeniyle sıcaklık ortalamaları fazladır.

Üçtepe Alt Havzasında gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasında yüzey akışı, ET, toprak-su, intersepsiyon ve yer altı suyu bileşenleri tahmin

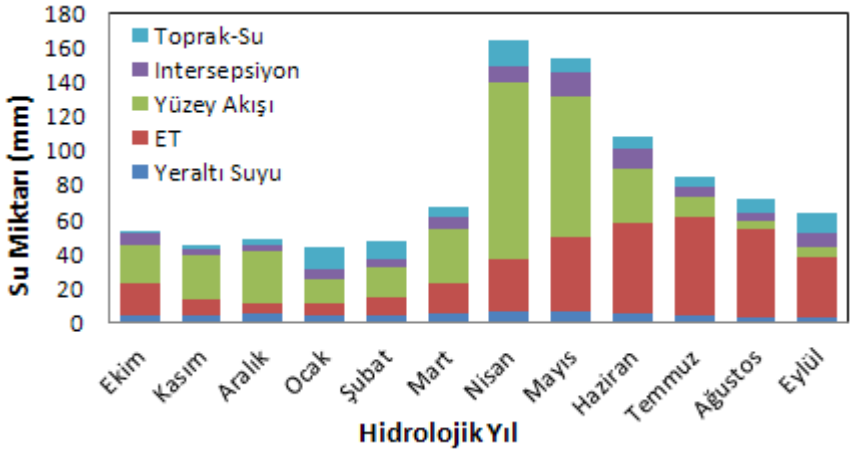
edilmiştir. Alt havza için tahmin edilen yüzey akışı ve ET dağılımları Şekil 4.22'de görülmektedir.



Şekil 4.22. Üçtepe Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Alt havza için yüzey akışı miktarı yağışa bağlı olarak Aralık – Mart döneminde artış göstermiştir. Yüzey akışında 2070-2099 ortalamaları değerlendirildiğinde yıl genelinde bir azalma görülmekte, Haziran ayında yüzey akışı yaklaşık olarak aynı değerde kalmaktadır. ET miktarları ise Nisan-Mayıs döneminde maksimuma ulaşmaktadır. ET bileşeninde geleceğe yönelik olarak azalma görülmektedir.

Üçtepe Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulamasında tahmin edilen hidrolojik bileşenlerin oranları Şekil 4.23'te, miktarları Çizelge 4.22'de görülmektedir.



Şekil 4.23. Üçtepe Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).

Çizelge 4.22. Üçtepe Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	736.04	408.23	396.21	62.96	72.44	94.78
2070-2099	603.72	321.43	380.04	47.05	56.1	86.69

Üçtepe Alt Havzası için güncel durum yıllık toplam yağış ortalamasının GCM modeli ile iklim değişikliği altında gerileyeceği tahmin edilmiş ve hidrolojik modelleme süreci bu senaryoya göre düzenlenmiştir. Bu kapsamda akım gözlem istasyonlarından yıllık toplam 408.23 mm olarak ölçülen yüzey akışının da %21.27 oranında azalacağı saptanmıştır. Buna bağlı olarak yer altı suyu potansiyelinde de yıllık 15.91 mm azalma olacağı öngörülmektedir. Üçtepe Alt Havzası hidrolojik bileşenlerine ait toplam miktarlar Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Toplam su bütçesi değerlendirildiğinde, alt havzaya toplam su girişinin 0.966 km^3 olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın 2070 yılı sonrasında 0. 173 km^3 azalacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.23. Üçtepe Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersep. (km^3)
1975-2006	1313	0.966	0.536	0.520	0.083	0.095	0.067
2070-2099		0.793	0.499	0.473	0.062	0.074	0.061

Üçtepe Alt Havzasında özellikle iğne yapraklı orman türlerinin yayılım göstermesi ile alandaki intersepsiyon miktarı ile atmosfere 0.067 km^3 su verilmiştir. Bu miktar arazi örtüsündeki verimlilik değişimi ve yağış azalmasına bağlı olarak 2070 yılı sonrası için yaklaşık 0.061 km^3'e düşeceği tahmin edilmiştir. Alt havzadan hidrolojik bileşenler ile genel su çıkışı güncel durum için 1.034 km^3 olduğu hesaplanmıştır. Havzaya giren ve çıkan su arasındaki fark alt havzayı besleyen yer altı suyu kaynakları ve modellemede gerçekleşen sapmalardan kaynaklanmıştır.

4.2.4.5. Körkün (Hacılıköprü) Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Körkün Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nın güney kesiminde yer almaktadır. Alt havza 1435.04 km^2 bir alanı kapsamakta ve yükseltisi 170 ile 3692 m arasında değişmektedir. Körkün Alt Havzası, Körkün-Hacılıköprü akım gözlem istasyonu referans alınarak oluşturulmuştur. Bölgenin ortalama yüksekliği 1752 m'dir.

Körkün Alt Havzası için model formatında düzenlenen yersel veri setinde, jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.24'te görülmektedir.

Alt havza bazında en fazla dağılım gösteren jeolojik yaş sınıfları Kretase ve Paleosen'dir. Bu sınıflar alanda yaklaşık 708 km^2 dağılım göstermektedir. Arazi örtüsü bakımından mera alanları alanın %39'unu kaplamaktadır. İğne yapraklı ormanlar alt havzanın güney kesiminde dağılım göstermekte ve 224.01 km^2'lik bir alana yayılmaktadır. Alt havzanın dağlık kesimden güneye doğru uzanan nehir kolları üzerinde sulama tarımı yapılmaktadır. Bölgedeki sulama tarımı alanları 132.07 km^2'likalan kaplamaktadır. Alt havzada küçük yerleşim birimleri de bulunmaktadır.

Çizelge 4.24. Körkün Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Devoniyen	4.58	0.32
Eosen	3.15	0.22
Kretase	353.15	24.71
Miyosen	71.88	5.03
Permiyen	15.20	1.06
Kuvaterner	125.36	8.77
Paleosen	353.30	24.72
Triyas	210.64	14.74
Jurasik	248.57	17.39
Pliyosen	3.60	0.25
Oligosen	39.69	2.78
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	224.01	15.67
Yaprak Döken Orman	0.34	0.02
Mera	559.54	39.15
Açıkalan	154.31	10.80
Kuru Tarım	239.95	16.79
Sulu Tarım	132.07	9.24
Yerleşim	0.28	0.02
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kahverengi Toprak	155.75	10.90
Kireçsiz Kahverengi Toprak	153.54	10.74
Çıplak Kayalık	366.34	25.63
Kolüvyal Toprak	71.39	5.00
Alüvyal Toprak	5.43	0.38
Kahverengi Orman Toprağı	301.93	21.13
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	357.89	25.04
Kızıl Kahverengi Orman Toprağı	11.36	0.80
Kestane Rengi Toprak	0.30	0.02
Hidromorfik Toprak	0.50	0.04
Kızıl Kestane Toprak	4.64	0.32

Alt havza toprak grupları bakımından çeşitlilik göstermektedir. Alanın kuzey ve güney kesimlerinde parçalı seriler şeklinde yer alan Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları yaklaşık 360 km^2 alana yayılmıştır. Bölgedeki dağlık kesim yoğun olarak çıplak kayalıklar ile kaplanmaktadır. Bu özelliği ile çıplak kayalıklar alanda en fazla dağılım gösteren arazi sınıfıdır. Kahverengi orman toprakları alanın güney kesiminde orman alanlarının bulunduğu bölgede yer almaktadır.

Körkün Alt Havzası için alansal bilgilerin eldesi ile konumsal ve meteorolojik veriler kullanılarak hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmek üzere HRU haritası oluşturulmuştur. Alandaki toprak serilerinin fazlalığı ve vejetasyon tür çeşitliliği göz önüne alınarak alt havza için 4500 HRU oluşturulmuş ve hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmiştir.

Körkün Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada MCA ile hassasiyet analizleri ile model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve modele katkı sağlayan parametre değer aralıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda değişkenler Nash-Sutcliffe katsayısı (e2) ve determinasyon katsayısı (r^2) ile ilişkilendirilmiştir. Değişkenlerin en uygun değer aralıkları Çizelge 4.25'te görülmektedir.

Çizelge 4.25. Körkün Alt Havzasımodel değişkenleri hassasiyet analizi sonuçları.

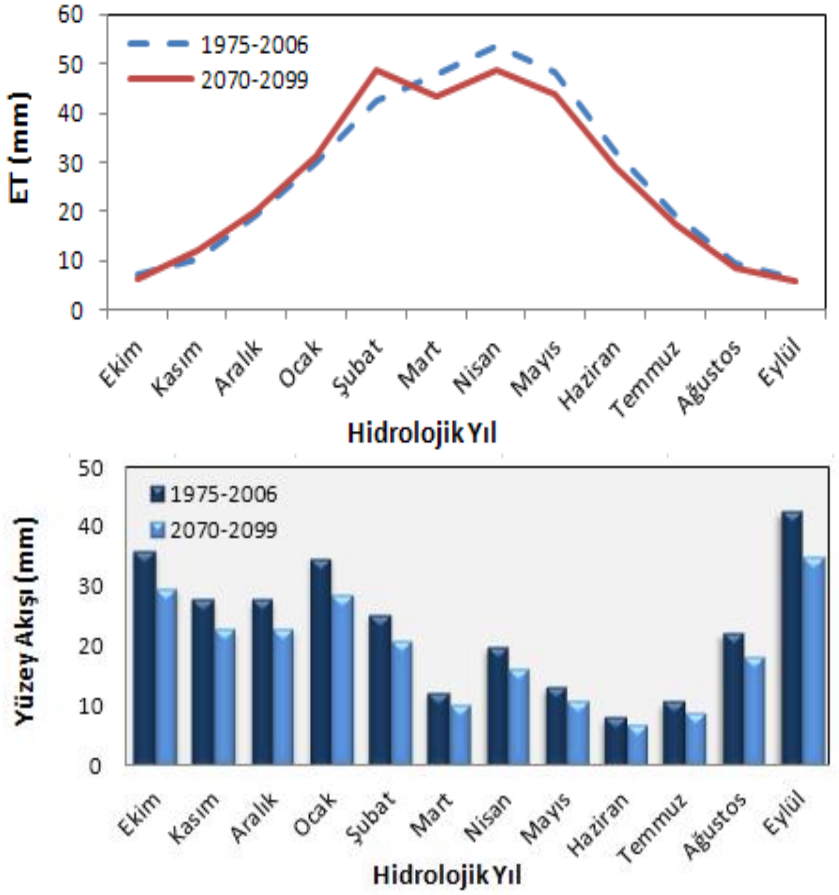
Değişken İsmi	**Değer**	***r²***	***e2***
a_rain (mm)	9.28	0.90	0.05
a_snow (mm)	7.13	0.92	-0.06
gwRG1RG2	0.93	0.88	0.19
Basetemp (C)	-8.60	0.88	-0.02
r_factor (mm)	4.80	0.92	0.77
t_factor (C)	4.28	0.91	0.34
soilMaxPerc	1.16	0.92	0.31

Körkün Alt Havzası için de hidrolojik modelleme uygulaması hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu kapsamda hidrolojik bileşenler ile iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alınarak alt havza bazında su dengesi ve bütçesi tahmin edilmiştir. Alt havza modelleme uygulaması 0.84 r^2 ve -0.04 e2 katsayısı düzeyi ile gerçekleştirilmiştir. Bu katsayı düzeyi model sonuçlarının Körkün Alt Havzası için de kabul edilebilir olduğunu ortaya koymuştur.

Körkün Alt Havzası için meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre 1975-2006 ortalama yıllık toplam yağış 702.34 mm olarak ölçülmüştür. İklim değişikliğinin etkisi altında GCM modeli ile 2070-2099 yılları için ortalama yıllık toplam yağış 542.55 mm olarak tahmin edilmiştir. Bu kapsamda alt havzada yağışta yaklaşık azalmanın yıllık toplam 160 mm olacağı tahmin edilmiştir. Sıcaklık

ortalaması incelendiğinde 1975-2006 yılları için havza ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarından 8.75 ^{0}C olarak ölçülen sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları 11.07 ^{0}C olacağı tahmin edilmiştir.

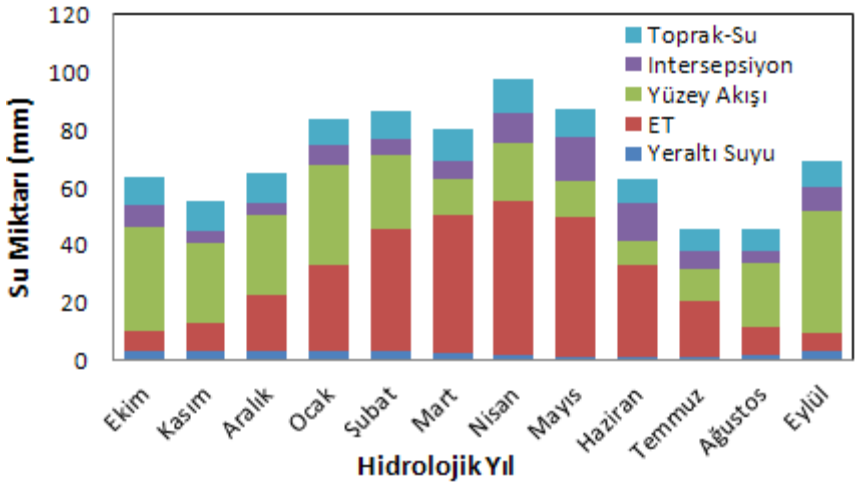
Körkün Alt Havzasında gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasında iklim değişikliğinin etkisi altında yüzey akışı, ET, toprak-su, intersepsiyon ve yer altı suyu bileşenleri tahmin edilmiştir. Alt havza için tahmin edilen yüzey akışı ve ET dağılımları Şekil 4.24'te görülmektedir.



Şekil 4.24. Üçtepe Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları

Alt havzada yüzey akışı yağış durumuna bağlı olarak Eylül-Ocak döneminde diğer dönemlere oranla daha fazla ölçülmüştür. 2070-2099 yüzey akışı ortalamaları değerlendirildiğinde, iklim değişikliğinin etkileri altında yüzey akışında en fazla azalmanın Ekim, Ocak ve Eylül aylarında olacağı tahmin edilmiştir. ET miktarında ise üst-havzanın genel eğilimine bağlı olarak bahar aylarında artış olacağı

öngörülmüştür. İklim değişikliğinin etkileri altında ET azalmasının yüksek sıcaklık artışı ve kurak sezona bağlı olarak yaz aylarında gerçekleşeceği belirlenmiştir. ET ve yüzey akışı ile birlikte Körkün Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulamasında tahmin edilen hidrolojik bileşenlerin oranları Şekil 4.25'te, miktarları Çizelge 4.26'da görülmektedir.



Şekil 4.25. Körkün Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).

Çizelge 4.26. Körkün Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	706.34	279.71	325.88	30.01	88.85	103.62
2070-2099	542.55	230.2	316.05	22.48	68.82	87.99

J2000 modeli ile hidrolojik modelleme sonucu Körkün Alt Havzasının güncel durum için ortalama yıllık toplam yüzey akışı miktarı 279.71 mm hesaplanmıştır. Körkün akım gözlem istasyonundan elde edilen ölçüm verileri aynı dönem için alt havza yüzey akışının 298.06 mm olduğunu göstermiştir. Simülasyon ve gözlem verileri karşılaştırıldığında Körkün Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulamasının başarı ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Alt havza hidrolojik bileşenlerine ait yağış alanı temel alınarak hesaplanan yıllık toplam miktarlar ve bütçe Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Körkün Alt Havzası su bütçeleri(1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersep. (km^3)
1975-2006	1435.9	1.014	0.401	0.468	0.043	0.127	0.023
2070-2099		0.779	0.330	0.454	0.032	0.099	0.020

Güncel durum için Körkün Alt Havzası toplam su girdisi 1.014 km^3'tür. Bu miktarın yaklaşık 0.401 km^3'ü yüzey akışı, 0.468 $km^{3'}$ü ET ile havzadan ayrılmaktadır. Bu kapsamda alt havzadan hidrolojik bileşenler ile toplam su çıkışı 1.063 km^3 olduğu hesaplanmıştır. Havza genel su girdisinde 2070-2099 yılları için yaklaşık %24 azalma olacağı tahmin edilmiştir.

4.2.4.6. Sarıahmetli Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Sarıahmetli Alt Havzası Seyhan Üst-Havzasının güneyinde yer almakta ve 766.29 km^2'lik alanı kaplamaktadır. Üst-havzada yükselti ortalaması güneye yaklaştıkça eşik alan nedeniyle azalmaktadır. Havzanın güneyinde yer alan Sarıahmetli Alt Havzasının yükseltisi 59 ile 1766 m arasında değişmektedir ve ortalama yükselti 391 m'dir.

Sarıahmetli Alt Havzası için model formatında düzenlenen yersel veri setinde, jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.28'te görülmektedir.

Alt havza için arazi örtüsü sınıfları incelendiğinde iğne yapraklı orman türleri ve tarım alanlarının en fazla dağılım gösteren sınıflar olduğu görülmektedir. Alanda bazı küçük yerleşim birimleri bulunmakla birlikte bu alanların bölgedeki oranı %1'den azdır. Toprak serileri içerisinde kahverengi orman toprakları %89'luk oranla alana yayılmıştır. Bu topraklar, değişik yeşil parçalı kireçtaşı, killi şistler ve marn üzerinde oluşmuştur. Yayılım alanlarında dik eğimler baskındır. Bu topraklarla birlikte kolüvyal topraklar alanda 7 km^2'lik dağılım göstermektedir. Bu seriler dışında diğer toprak gruplarının alandaki dağılımı yaklaşık %5'tir. Jeolojik yapı içerisinde Miyosen yaş sınıfları %84 dağılım göstermektedir. Bu oluşum parçalı kalker, marn ve kumtaşından oluşmaktadır.

Çizelge 4.28. Sarıahmetli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

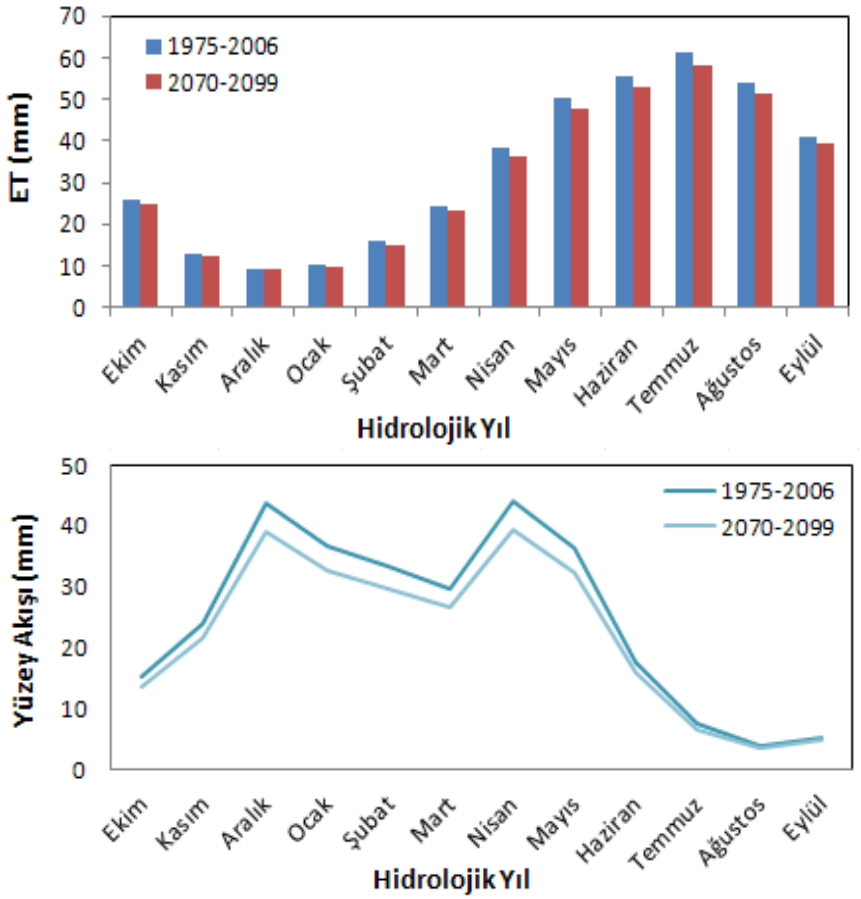
Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kretase	3.77	0.49
Miyosen	646.42	84.63
Kuvaterner	72.45	9.49
Jurasik	31.90	4.18
Pliyosen	0.13	0.02
Oligosen	9.15	1.20
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	376.20	49.19
Yaprak Döken Orman	2.56	0.33
Açıkalan	26.74	3.50
Kuru Tarım	232.27	30.37
Sulu Tarım	62.58	8.18
Su Yüzeyi	64.18	8.39
Yerleşim	0.22	0.03
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Çıplak Kayalık	7.55	0.99
Kolüvyal Toprak	53.91	7.06
Alüvyal Toprak	9.63	1.26
Kahverengi Orman Toprağı	682.17	89.29
Kırmızı Kahverengi Toprak	9.27	1.21
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprağı	1.45	0.19

Sarıahmetli Alt Havzası için alansal bilgilerin eldesi ile konumsal ve meteorolojik veriler kullanılarak hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmek üzere HRU haritası oluşturulmuştur. Bu kapsamda alt havza için 4685 HRU oluşturulmuş ve hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmiştir.

Alt havza için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada MCA ile hassasiyet analizleri ile model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve modele katkı sağlayan parametre değer aralıkları belirlenmiştir. Sarıahmetli Alt Havzası için hidrolojik modelleme uygulaması hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu kapsamda hidrolojik bileşenler ile iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alınarak alt havza bazında su dengesi ve bütçesi tahmin edilmiştir. Alt havza modelleme uygulaması 0.74 r^2 katsayı düzeyi ile gerçekleştirilmiştir.

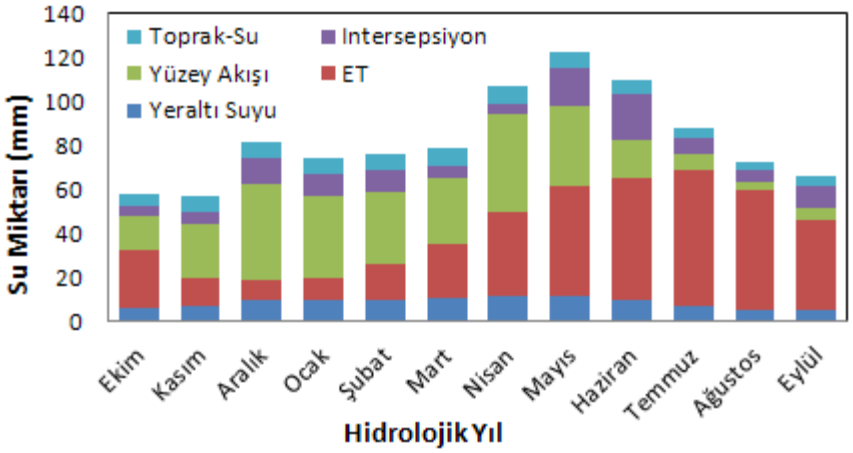
Alt havza için meteoroloji istasyonlarında 1975-2006 ortalama yıllık toplam yağış miktarı 714.43 mm olarak ölçülmüştür. İklim değişikliğinin etkisi altında GCM modeli ile 2070-2099 yılları için ortalama yıllık toplam yağış miktarının yaklaşık %12 azalma ile 629.59 mm olacağı tahmin edilmiştir. Bölgenin sıcaklık ortalamasının ise 1975-2006 yılları için ortalama gözlem değerinin 8.73 ^{0}C olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları için ise %16.7 artışla 10.48 ^{0}C olacağı tahmin edilmiştir.

Alt havza bazında gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasında Sarıahmetli Alt Havzası için tahmin edilen yüzey akışı ve ET dağılımları Şekil 4.26'da görülmektedir.



Şekil 4.26. Sarıahmetli Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Sarıahmetli Alt Havzasında modelleme sonuçlarına göre güncel durum ET miktarlarında kış sezonunda sıcaklık artışına bağlı olarak artış gözlemlenmiştir. Bölgede ET miktarları yaz aylarında artış görülmüştür. Bununla birlikte 2070 yılı sonrası ortalamaları incelendiğinde yaz sezonunda yağış azalışına da bağlı olarak ET miktarının azalacağı tahmin edilmiştir. ET ve yüzey akışı ile birlikte alt havza için hidrolojik modelleme uygulamasında tahmin edilen hidrolojik bileşenler de hesaplanmıştır. Bu bileşenlerin oranları Şekil 4.27'de, miktarları Çizelge 4.29'da görülmektedir.



Şekil 4.27. Sarıahmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).

Alt havzada yüzey akışı ise yaz aylarında ET artışı ve kurak sezonun etkisi ile azalmaktadır. Yüzey akışının yıl içerisinde en fazla olduğu dönemler Kasım-Aralık ve Nisan-Mayıs aylarıdır. Hidrolojik modelleme sonuçlarına göre Mayıs ayı sonrası yüzey akışında dramatik bir azalma saptanmıştır.

Çizelge 4.29. Sarıahmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	714.43	298.3	398.35	103.9	75.44	113.59
2070-2099	629.59	266.4	379.43	90.32	58.42	104.53

Hidrolojik modelleme uygulaması ile Sarıahmetli Alt Havzasında güncel durum yıllık yüzey akışı miktarı 298.3 mm tahmin edilmiştir. Akım istasyonlarından elde edilen gözlem verilerine göre yüzey akışının 253.12 olduğu görülmüştür. Yüzey akışı tahmin ve gözlem verilerinin arasında yaklaşık olarak yıllık toplam 45 mm kabul edilebilir fark olduğu saptanmıştır. 2070-2099 yılı yüzey akışında %11.7 azalma olacağı öngörülmüştür. Bölgede orman alanlarının diğer alt havzalara oranla daha fazla yayılım göstermesi nedeniyle de intersepsiyon miktarının birim alanda fazla olduğu modelleme sonuçlarında da gözlemlenmiştir. Modelleme sonuçlarına göre yıllık toplam miktarlar kullanılarak elde edilen bileşenlere ait toplam su miktarları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Sarıahmetli Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	**Alan (km^2)**	**Yağış (km^3)**	**Yüzey Akışı (km^3)**	**ET (km^3)**	**Yer altı Suyu**	**Toprak-Su (km^3)**	**İntersep. (km^3)**
1975-2006	766.29	0.547	0.229	0.305	0.080	0.058	0.043
2070-2099		0.482	0.204	0.291	0.069	0.045	0.039

Hidrolojik modelleme uygulaması ile Sarıahmetli Alt Havzasının 1975-2006 yılları ortalama yıllık toplam su girdisi 0.547 km^3 ölçülmüştür. Bu miktarın 2070-2099 yılları için yaklaşık 0.065 km^3 azalacağı tahmin edilmiştir. Toplam su girdisinin 0.305 km^3 miktarı ET ile atmosfere geri dönmektedir. Alt havzanın su dengesi incelendiğinde topla su çıktısının 1.131 km^3, su girdisinin 1.261 km^3 olduğu tahmin edilmiştir.

4.2.4.7. Emeğli Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Seyhan Üst-Havzası'nın kuzeyinde yer alan Emeğli Alt Havzası 2394.24 km^2 alana sahiptir ve bölgenin ikinci büyük Alt Havzasıdır. Alt havzanın ortalama yüksekliği 1767 m'dir ve yükselti farkları 1501 ile 2708 arasında değişmektedir.

Hidrolojik modelleme uygulamasında alt havzanın fiziksel özelliklerinin model uygulamasında detaylı biçimde dahil edilmesi, model sonuçlarının güvenilirliği açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla çalışmanın hidrolojik

modelleme aşamasında Emeğli Alt Havzası için de detaylı yersel veri seti hazırlanmıştır. Bu veri seti temel alınarak elde edilen alanın jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.31'de görülmektedir.

Çizelge 4.31. Emeğli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Karbonifer	3.48	0.15
Devoniyen	14.65	0.62
Eosen	87.86	3.69
Kretase	47.49	1.99
Miyosen	1577.07	66.25
Permiyen	19.42	0.82
Kuvaterner	106.61	4.48
Paleosen	47.35	1.99
Triyas	86.95	3.65
Jurasik	288.04	12.10
Pliyosen	76.50	3.21
Oligosen	25.20	1.06
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	15.91	0.67
Mera	1209.82	50.83
Açıkalan	0.12	0.01
Çıplak Kayalık	266.81	11.21
Kuru Tarım	755.17	31.73
Sulu Tarım	130.77	5.49
Yerleşim	1.51	0.06
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kahverengi Toprak	1673.52	70.30
Kolüvyal Toprak	138.93	5.84
Alüvyal Toprak	80.34	3.37
Kızıl Kahverengi Toprak	38.26	1.61
Kestane Rengi Toprak	351.18	14.75

Alt havza jeolojik açıdan çeşitlilik göstermektedir ve bu kapsamda 12 farklı yaş sınıfında oluşmuş jeolojik birimler dağılım göstermektedir. Bu birimler incelendiğinde, Miyosen yaş sınıfı alanda en fazla dağılım gösteren jeolojik sınıftır. Alt havzada % 67 oranında bir dağılım gösteren miyosen çökelleri genellikle inceleme alanının güney kesiminde geniş alanlar kaplar. Miyosen, altta konglomera,

ortada kireçtaşı, üstte kumtaşı-marn ve çamur taşından oluşur ve kalın iri çakıllı 117 konglomera istifi tüm birimleri örter durumdadır. Paleozoyik ve mezosoyik yaşlı birimlerin kum ve çakıllarını kapsayan Miyosen tortulları hızlı sedimantasyon gösterir.

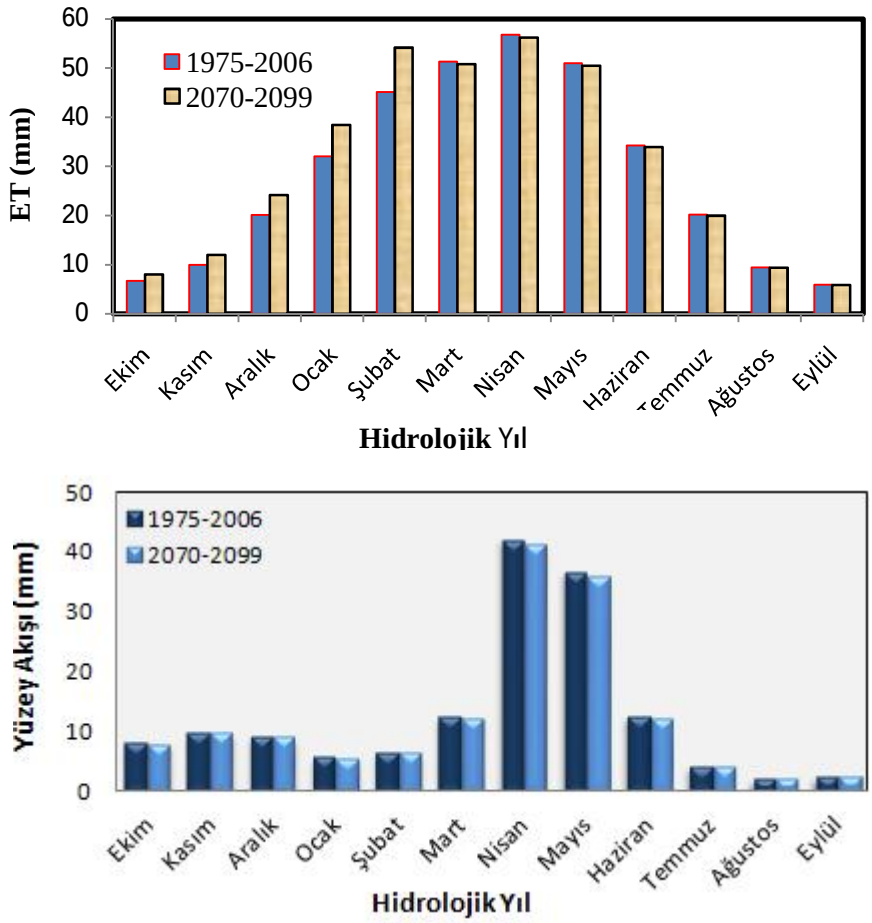
Alt Havzasın konumlandığı alan sınırları içerisindeki arazi örtüsü sınıfları değerlendirildiğinde, vejetasyon tür çeşitliliğinin çok az olduğu görülmektedir. Emeğli Alt Havzasında mera alanları geniş yer tutmaktadır. Bu alanlar bölgede yaklaşık 1210 km^2'lik alan kaplamaktadır. Alanda tarım alanları da mera alanları ile birlikte geniş yer tutmaktadır. Tarımsal açıdan uygunluk gösteren kahverengi topraklar alanın 70%'inde yayılım göstermektedir.

Alt havza için de alansal bilgilerin eldesi ile konumsal ve meteorolojik veriler kullanılarak hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmek üzere HRU haritası oluşturulmuştur. Alt havza alanının yükselti fark ortalaması fazla olmakla birlikte alanın büyük bölümünde düz mera alanları bulunmaktadır. Düz alanlarda suyun yer yüzeyi üzerinde taşınımı ve dağılımının belirlenebilmesi topolojik bilginin detay potansiyeli ile doğrudan ilişkilidir. Bu kapsamda alanın topolojik bilgilerinin hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmesini sağlayan HRU haritası Emeğli Alt Havzası için kapsamlı olarak oluşturulmuştur. Emeğli Alt Havzası için 7200 HRU oluşturulmuş ve hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmiştir. Alt havza HRU bilgilerinin eldesi ile hidrolojik modelleme için gerekli yersel ve konumsal veri setinin organizasyonu tamamlanmıştır.

Veri setinin eldesinden sonraki aşamada Emeğli Alt Havzası için de model değişkenlerinin kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Model kalibrasyonu MCA ile gerçekleştirilmiştir. J2000 modeli alan için 500 kez koşturularak model eşitliklerinde yer alan değişkenlerin farklı kombinasyonlarda model doğruluğuna en fazla katkı sağladığı değer aralıkları belirlenmiştir. Değişkenlerin en uygun değerleri Nash-Sutcliffe katsayısı (e2) ve determinasyon katsayısı (r^2) ile ilişkilendirilmiş ve uygun aralıklar belirlenmiştir. Değişkenlerin belirlenmesi ile Emeğli Alt Havzası için hidrolojik modelleme uygulaması, 0.71 r^2 ve -0.06 e2 katsayıları ile kabul edilebilir doğrulukla gerçekleştirilmiştir.

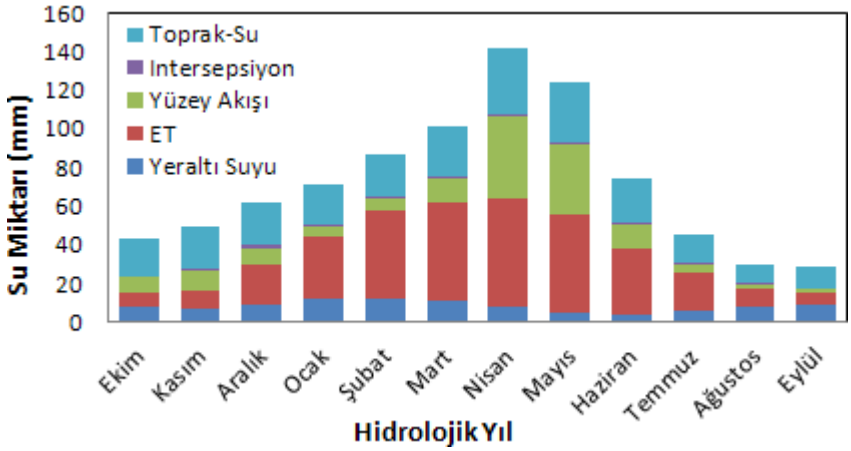
Emeğli Alt Havzası için hidrolojik modelleme uygulaması hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri baz alınarak gerçekleştirilmiş ve alt havza bazında güncel durum ve geleceğe yönelik olarak iklim değişikliğinin etkileri altında ET, yüzey akışı, üst ve alt katman yer altı suları (RG1/RG2), toprakta tutulan su miktarı (orta-MPS ve büyük-LPS gözenekli) intersepsiyon bileşenleri hesaplanmıştır. Alt Havzası için meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre 1975-2006 ortalama yıllık toplam yağış 702.59 mm'dir. İklim değişikliğinin etkisi altında GCM modeli ile 2070-2099 yılları için ortalama yıllık toplam yağış 692.10 mm olarak tahmin edilmiştir. Alt havzada iklim değişikliğinin etkisi altında yağış miktarında %3 azalma olacağı tahmin edilmiştir. Bu azalma miktarı Seyhan Üst-Havzası genelinde diğer alt havzalara oranla daha azdır. Sıcaklık ortalaması incelendiğinde 1975-2006 yılları için havza ve çevresindeki meteoroloji istasyonlarından 16.13 ^{0}C olarak ölçülen sıcaklık değerinin 2070-2099 yılları için yaklaşık 3.5 ^{0}C artışla 19.96 ^{0}C olacağı tahmin edilmiştir.

İklim bileşenleri ile birlikte Himmetli Alt Havzası için J2000 modeli ile güncel durum ve geleceğe yönelik olarak tahmin edilen yıllık ortalama yüzey akış ve ET dağılımları Şekil 4.28'de görülmektedir.



Şekil 4.28. Emeğli Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Güncel durum ve geleceğe yönelik hidrolojik modelleme uygulamasından elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde iklim değişikliğinin etkileri altında alt havza ET miktarının kış sezonunda az miktarda artış göstereceği tahmin edilmiştir. Yıl içerisinde bu miktarın özellikle ilkbahar ayları ile birlikte azalacağı ortaya konulmuştur. Modelleme sonuçlarına göre Emeğli Alt Havzasında ET miktarındaki azalmanın diğer alt havzalara oranla daha az olduğu görülmüştür. Yüzey akışının yıl içerisinde ilkbahar aylarında artış gösterdiği tahmin edilmiştir. Bununla birlikte jeoloji ve toprak yapısına bağlı olarak alt havza su dengesini oluşturan hidrolojik bileşenler ve bu bileşenlerin oranları Şekil 4.29, miktarları Çizelge 4.32'de görülmektedir.



Şekil 4.29. Emeğli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).

Alt havza güncel durum toplam su dağılımında ET ile bölgeden su çıkışının diğer bileşenlere oranla fazla olduğu görülmektedir. Bununla birlikte alanda, toprak yapısı ve jeolojik yapıya bağlı olarak toprakta tutulan ve yer altı suyuna süzülen su miktarı da diğer alt havzalara oranla daha fazladır. Bu kapsamda alanda hidrolojik yıl içerisinde özellikle Mart-Mayıs döneminde toprak nemi ve yer altı suyunun maksimum düzeyde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.32. Sarıahmetli Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

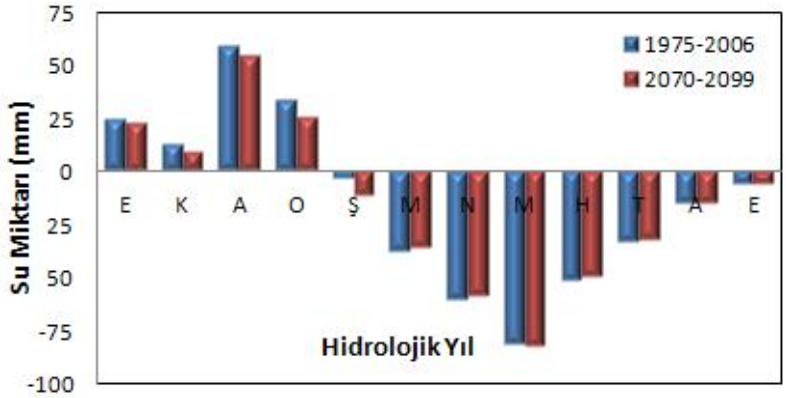
Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	702.59	151.18	343.06	100.29	255.7	9.62
2070-2099	692.1	148.15	363.57	98.09	250.59	9.33

Emeğli Alt Havzası ET miktarında 2070-2099 yılları için yıllık toplam 20 mm artış olacağı tahmin edilmiştir. Bu miktar toplam %7 artış olacağını ifade etmektedir. Bununla birlikte alt havza yüzey akışında %2 azalma olacağı saptanmıştır. Alt havzada orman alanlarının azlığı nedeniyle intersepsiyon miktarı diğer alt havzalara oranla daha azdır. Toprakta depolanan su miktarının ise güncel durum için yıllık toplam 255.7 mm olduğu tahmin edilmiştir. Çalışmada Emeğli Alt Havzası için birim toplam miktarlar hidrolojik bileşenlere ait toplam su miktarları da hesaplanmıştır. Bu miktarlar Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Emeğli Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersep. (km^3)
1975-2006	2394.2	1.682	0.362	0.821	0.240	0.612	0.002
2070-2099		1.657	0.355	0.870	0.235	0.600	0.001

Çalışmada yapılan hidrolojik modelleme uygulamasına göre güncel durum için bölgenin toplam su girdisinin 1.682 km^3 olduğu belirlenmiştir. Bu miktarda 2070 yılı ve sonrası ortalamaları tahmin sonuçlarına göre -2% azalma olacağı belirlenmiştir. Alt havza güncel durum toplam su dengesi içerisinde toprakta yıllık toplam 0.612 km^3, yer altı katmanlarında 0.240 km^3 su depolandığı saptanmıştır. Emeğli Alt Havzası için hidrolojik yıl toplam su dengesi dağılımı Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Emeğli Alt Havzası hidrolojik yıl su su dengesi dağılımı.

Emeğli Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası alt havzaları içerisinde en fazla su bütçesine sahip alt havzalardan birisidir. Bununla birlikte alanda yer altı suyu miktarının diğer alt havzalara oranla jeolojik yapının geçirgenliğine bağlı olarak fazla olduğu belirlenmiştir.

4.2.4.8. Eğribük Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Alt havza, Seyhan Üst-Havzası'nın orta kesimlerinde yer almakta ve 552.76 km^2 yağış alanını kaplamaktadır. Bölgenin yükselti ortalaması 1300 m üzerindedir ve

en alçak noktası 210 m'dir. Eğribük Alt Havzası, Eğribük akım gözlem istasyonu referans alınarak oluşturulmuştur.

Eğribük Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulaması arazi örtüsü, SYM, toprak ve jeoloji haritaları gibi konumsal veriler ve meteorolojik zaman serilerinin CBS ortamında analizi ve J2000 modeline entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Alt havzanın konumsal verilere temel alınarak elde edilen jeoloji, toprak ve arazi örtüsü sınıflarının alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Eğribük Alt Havzası için jeolojik yapı incelendiğinde, başlıca devirlerin kretase, jurasik ve oligosen olduğu görülmüştür. Bölgede yüzeye çıkan kretase, kireç taşından oluşmuştur. Alt havzada, en fazla dağılım gösteren arazi sınıfı ise iğne yapraklı orman alanlarıdır. Orman alanları alt havzada yaklaşık 247 km^2 alan kaplamaktadır. Bununla birlikte kireç taşının açık yüzeyde bulunduğu alanlar da alanın kuzey kesiminde yer almaktadır. Bu alanlar, mera alanları ile birlikte alanın yaklaşık %35'ini kaplamaktadır.

Çizelge 4.34. Emeğli Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kretase	273.68	49.51
Miyosen	47.81	8.65
Kuvaterner	4.12	0.75
Triyas	47.27	8.55
Jurasik	82.67	14.95
Oligosen	97.24	17.59
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	246.43	44.58
Yaprak Döken Orman	1.20	0.22
Mera	20.44	3.70
Açıkalan	168.02	30.39
Çıplak Kayalık	22.18	4.01
Kuru Tarım	49.41	8.94
Sulu Tarım	44.39	8.03
Yerleşim	0.72	0.13
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kolüvyal Toprak	60.39	10.93
Alüvyal Toprak	26.65	4.82
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	155.16	28.07
Kırmızı Akdeniz Toprağı	245.98	44.50

Alt havzada özellikle orman tür çeşitliliğinin fazla olduğu bölgelerde kır mızı Akdeniz toprağı saptanmıştır. Bu topraklar alanın %44.50'sinde yayılım göstermektedir. Bölgeye ait toprak haritasındaki sınıflar için, model hesaplamalarında sınıf bazında tarla kapasitesi ve toprak derinlik değerleri de kullanılmıştır. Eğribük Alt Havzası için alansal bilgilerin eldesi ile konumsal ve meteorolojik veriler kullanılarak hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmek üzere HRU haritası oluşturulmuştur. Alt havza için 3440 hidrolojik birim oluşturulmuş ve modelleme sürecine dahil edilmiştir. Birim sayısı alandaki heterojenite göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Hidrolojik birimlerin de dahil edilmesi ile Eğribük Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada MCA ile hassasiyet analizleri ile model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve modele katkı sağlayan değişken değer aralıkları belirlenmiştir. Bu aşamada alt havza için değişkenlerin modele en fazla katkı sağladıkları değer aralıkları baz alınarak hidrolojik modelleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde hidrolojik bileşenler ile iklim değişikliğinin etkileri göz önüne alınarak alt havza bazında su dengesi ve bütçesi tahmin edilmiştir. Alt havza modelleme uygulaması 0.74 r^2 katsayısı ile gerçekleştirilmiştir. Bu katsayı düzeyi, model sonuçlarının alt havza için başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

Alt havza bazında yapılan modelleme uygulamalarında meteorolojik gözlem verileri önemli yer tutmaktadır. Meteoroloji istasyonlarında elde edilmiş verilere göre alt havza için 1975-2006 yılları ortalama yıllık toplam yağış miktarının 767.09 mm olduğu saptanmıştır. Çalışmada GCM ile 2070-2099 yılları için elde edilmiş yağış miktarının ise 536.96 mm olacağı belirlenmiştir. Alt havza yağış miktarında yaklaşık 230 mm azalma olacağı öngörülmüştür. Bölge için güncel durum sıcaklık değerinin 10.41 ^{0}C'den 12.50 ^{0}C'ye yükseleceği tahmin edilmiştir. Sıcaklık artışına bağlı olarak bölgede ET miktarının kış aylarında artış göstereceği saptanmıştır. Güncel durum uzun yıl ortalama ET miktarı 444.32 mm, gelecek ET miktarının ise 437.52 mm olacağı tahmin edilmiştir. Bu kapsamda ET miktarında yaklaşık 108 mm azalma olacağı belirlenmiştir. Hidrolojik modelleme uygulamasında Eğribük Alt Havzası için tahmin edilen hidrolojik bileşenlere ait uzun yıl ortalama değerleri Çizelge 4.35'te verilmiştir.

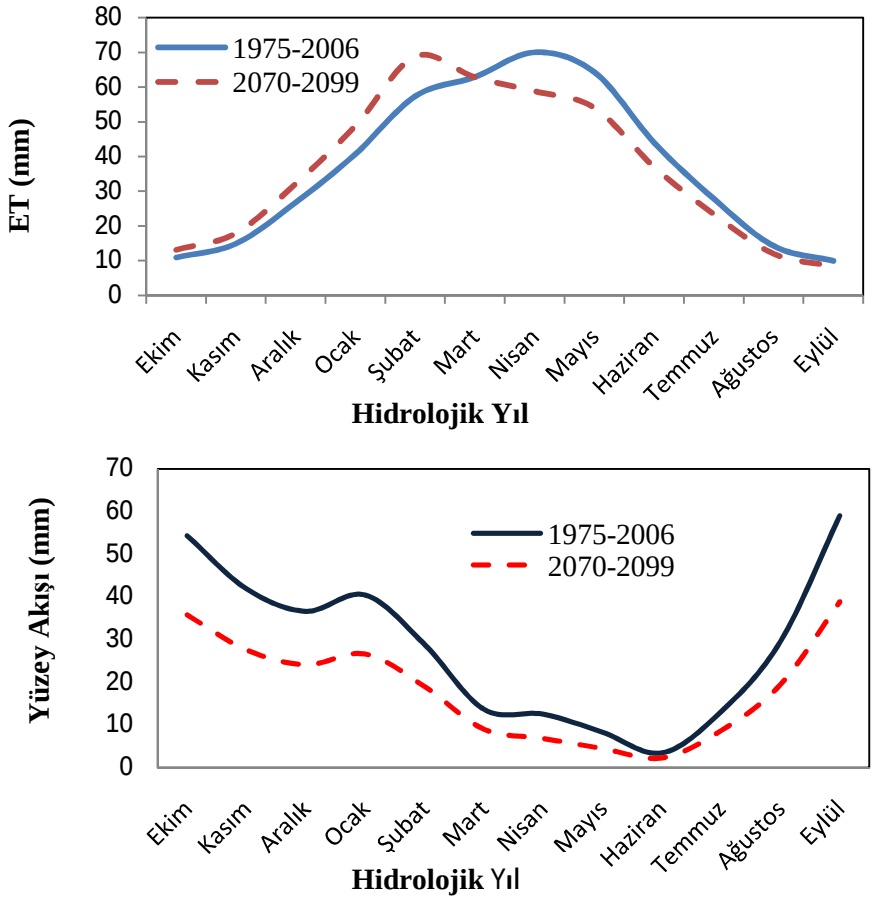
Çizelge 4.35. Eğribük Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	767.09	341.94	444.32	110.71	159.28	51.11
2070-2099	536.96	225.0	437.52	64.44	98.75	48.6

Alt havza bazında uzun yıl ortalaması yıllık toplam yüzey akışının güncel durum modelleme sonucuna göre 341.94 mm olduğu ortaya konulmuştur. Akım gözlem istasyonlarında elde edilen yüzey akışı değerinin ise 280.73 mm olduğu saptanmıştır. Bu kapsamda bölge için modelleme ve gözlem verileri karşılaştırıldığında aylık ortalama 5.50 mm sapma olduğu belirlenmiştir.

Eğribük Alt Havzası için J2000 modeli ile güncel durum ve geleceğe yönelik olarak tahmin edilen yıllık ortalama yüzey akış ve ET dağılımları Şekil 4.31'de görülmektedir.

Alt havzada güncel durum için toplam yağış miktarının yaklaşık %44'lük kısmı yüzey akışına verilmektedir. Çalışmada, Eğribük Alt Havzası için hidrolojik bileşenlere ait toplam miktarlar ile su bütçesi ve dengesi hesaplanmıştır. Hidrolojik bileşenlere ait yıllık toplam miktarlar Çizelge 4.36'da verilmiştir.



Şekil 4.31. Eğribük Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

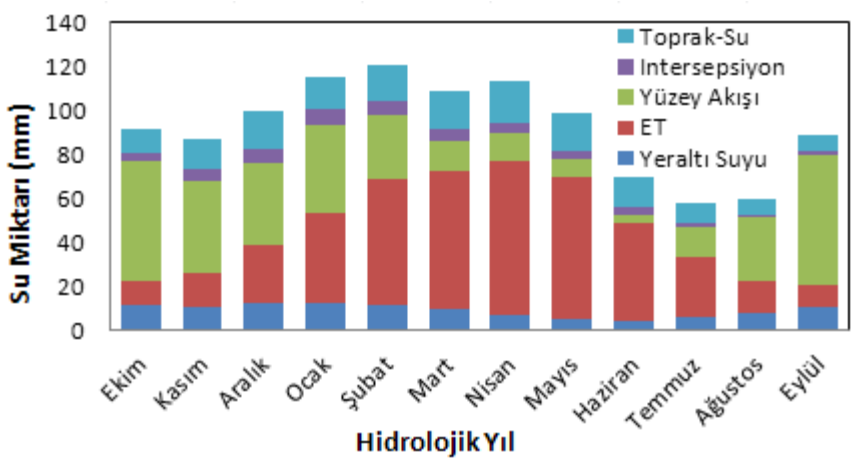
Çalışmada yapılan hidrolojik modelleme uygulamasında Eğribük Alt Havzası ET miktarlarının iklim değişikliği altında sıcaklık artışına paralel olarak Kasım – Şubat ayları arasında artacağı tahmin edilmiştir. Yıl içerisinde Mart ayı sonrası için bu miktarlarda azalma olacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.36. Eğribük Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

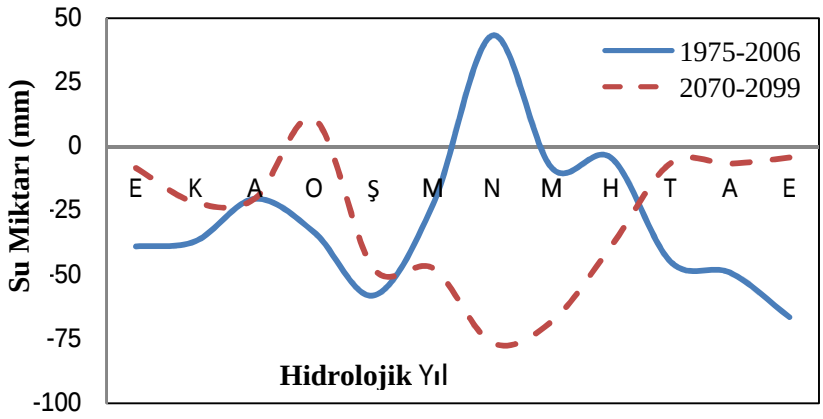
Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersepsiyon (km^3)
1975-2006	552.76	0.424	0.189	0.246	0.061	0.088	0.013
2070-2099		0.297	0.124	0.242	0.036	0.055	0.012

Alt havza bazında su dengesi incelendiğinde, güncel durumda alana yıllık toplam 0.424 km^3 yağış düştüğü belirlenmiştir. Bu miktarın 0.246 km^3'ünün ET, yaklaşık 0.149 km^3'ünün ise yer altı ve toprakta tutulduğu belirlenmiştir. Eğribük Alt

Havzası hidrolojik bileşenlerinin güncel duruma ait oranları Şekil 4.32'de, su dengesi Şekil 4.33'te görülmektedir.



Şekil 4.32. Eğribük Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).



Şekil 4.33. Eğribük Alt Havzası su dengesi.

Hidrolojik bileşenlerin toplam su bütçesindeki oranları dikkate alındığında yaz ayları için havza su dengesinde en fazla orana sahip bileşenin ET olduğu görülmektedir. Bu kapsamda yüzey akışında yaz ayları ile birlikte fazla miktarda azalma olduğu belirlenmiştir. Bu oranlar alt havzada sıcaklık artışına paralel olarak kurak sezonun Mayıs ayı ile birlikte başladığını göstermektedir.

Hidrolojik modelleme uygulamasından elde edilen sonuçlara göre alt havza için güncel durum toplam su bütçesinin 0.424 km^3 olduğu hesaplanmıştır. Su dengesi içerisinde bu miktarın 0.597 km^3'ünün su çıktısı olduğu ortaya konmuştur. Su girdi-çıktısı arasındaki fark, alt havzanın farklı su kaynakları ile beslendiğini

göstermektedir. Geleceğe yönelik su bütçesinin ise bölge için 0.297 km^3'e düşeceği tahmin edilmiştir.

4.2.4.9. Değirmenocağı Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Değirmenocağı Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nın kuzey doğusunda yer almakta ve çalışma alanındaki en büyük alt havza olma özelliğini taşımaktadır. Alt havza yaklaşık 5369 km^2'lik bir alanı kaplamaktadır. Alanda vejetasyon tür çeşitliliğinin az olması ve benzer arazi sınıflarının bulunması nedeniyle alt havza sınırı geniş tutulmuş ve modelleme uygulamaları bu sınırlar baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu alt havza Değirmenocağı akım gözlem istasyonu referans alınarak oluşturulmuştur.

Alt havzadaki yükselti ortalaması 1600 m'nin üzerindedir. Değirmenocağı Alt Havzasının J2000 modeli yaklaşımıyla modellenmesi için hazırlanan veri seti ile alanın fiziksel özellikleri belirlenmiş ve modelleme uygulamalarına dahil edilmiştir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Değirmenocağı Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Karbonifer	77.65	1.45
Devoniyen	95.59	1.79
Eosen	96.27	1.80
Kretase	534.79	9.99
Miyosen	1043.26	19.49
Permiyen	188.52	3.52
Kuvaterner	644.35	12.04
Paleosen	57.57	1.08
Kambriyen	118.15	2.21
Triyas	504.50	9.43
Jurasik	781.01	14.59
Pliyosen	1038.14	19.40
Oligosen	152.54	2.85
Ordeviyen	9.04	0.17
Silüriyen	10.13	0.19
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	149.55	2.80
Mera	2557.82	47.84
Çıplak Kayalık	208.30	3.90
Kuru Tarım	2010.39	37.60
Sulu Tarım	420.47	7.86
Yerleşim	0.21	0.00
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kahverengi Toprak	1698.97	31.76
Kireçsiz Kahverengi Toprak	1441.99	26.95
Kolüvyal Toprak	291.33	5.45
Alüvyal Toprak	136.82	2.56
Kahverengi Orman Toprağı	651.19	12.17
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	102.61	1.92
Kızıl Kahverengi Toprak	165.48	3.09
Kestane Rengi Toprak	97.50	1.82

Değirmenocağı Alt Havzası sınırları içerisinde jeolojik yapı çeşitlilik göstermektedir. Bu yapı içerisinde en fazla dağılım gösteren jeolojik bileşenler Miyosen ve Pliyosen devirlerinde oluşmuştur. Bu şekilde alanda değişik yaşlı tortullar, şistler ve püskürükler yayılım göstermektedir. Buradaki Miyosen oluşumu parçalı kalker, marn ve kum taşıdır. Alanda arazi sınıfları içerisinde en fazla dağılım gösteren sınıflar ise mera ve tarım alanlarıdır. Bu alt havza, ortalama yükseklik ve

mera alanlarının fazla olduğu bir plato niteliğindedir ve üst-havzada hayvancılığın en fazla olduğu bölge özelliği taşımaktadır. İğne yapraklı orman türleri alanın güneyinde küçük bir bölgede yer almaktadır.

Alt havzadaki toprak türleri de çeşitlilik göstermekte ve kahverengi toprak türleri en fazla yayılım gösteren seriler olarak göze çarpmaktadır. Burada kahverengi topraklar, yaşlı pekişmemiş kireçli tortullar üzerine oturmuştur. Toprakların oturduğu kısımlarda hafif-orta eğim düzeyi yaygındır. Drenajın iyi olması toprakların yaz aylarında kuru kalmasına neden olmaktadır.

Değirmenocağı Alt Havzası için 1500 HRU oluşturulmuş ve hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmiştir.

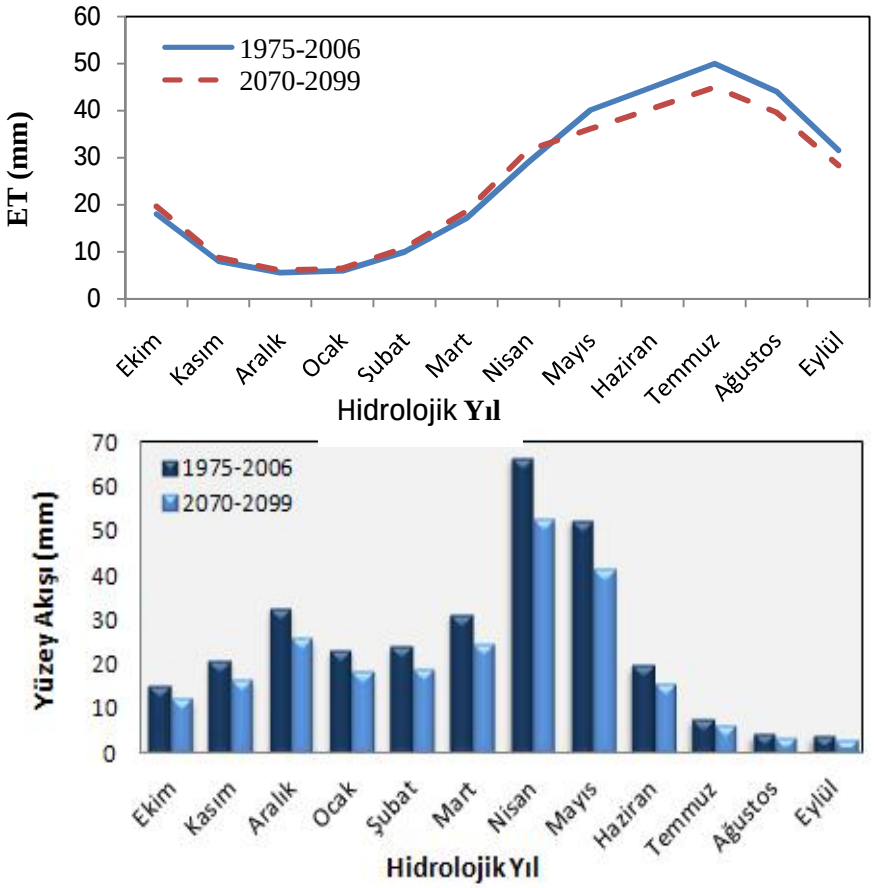
Değirmenocağı Alt Havzası için gerçekleştirilen modelleme uygulamasında ilk aşamada MCA ile hassasiyet analizleri ile model kalibrasyonu gerçekleştirilmiş ve modele katkı sağlayan parametre değer aralıkları belirlenmiştir. Bu değişkenler ile model eğitilmiş ve hidrolojik modelleme uygulaması 0.71 determinasyon katsayısı ile gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme uygulaması ile hidrolojik bileşenlerin güncel ve geleceğe yönelik durumları tahmin edilmiştir (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Değirmenocağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerininmiktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	703.41	300.83	304.62	61.06	57.57	37.94
2070-2099	541.38	238.43	274.16	44.47	44.34	34.34

Alt havzanın yağış miktarı, meteoroloji istasyonlarından elde edilen bilgilere göre 1975-2006 yılları için 703.41 olarak ölçülmüştür. Modelleme sonuçları incelendiğinde 2070-2099 yılları için bu miktarda yıllık toplam 163 mm azalma olacağı öngörülmüştür. Güncel durum yüzey akışının bölge için 300.83 mm olduğu, bu miktarın ise 238 mm'ye düşeceği modelleme uygulaması ile tahmin edilmiştir. Akım gözlem istasyonlarında elde edilen bilgiler güncel durum yüzey akışının 325.19 mm olduğunu göstermiştir. J2000 hidrolojik modelleme yaklaşımı ile bu miktar 300.83 mm olarak tahmin edilmiştir. Bu sonuçla çalışmada, yüzey akışı aylık yaklaşık 2 mm sapma ile tahmin edilmiştir.

Modelleme sonuçları Değirmenocağı Alt Havzası su potansiyelinin, iklim değişikliğinin etkisi altında azalacağını göstermektedir. Alt havza için J2000 modeli ile güncel durum ve geleceğe yönelik olarak tahmin edilen yıllık ortalama yüzey akış ve ET dağılımları Şekil 4.34'te görülmektedir.



Şekil 4.34. Değirmenocağı Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

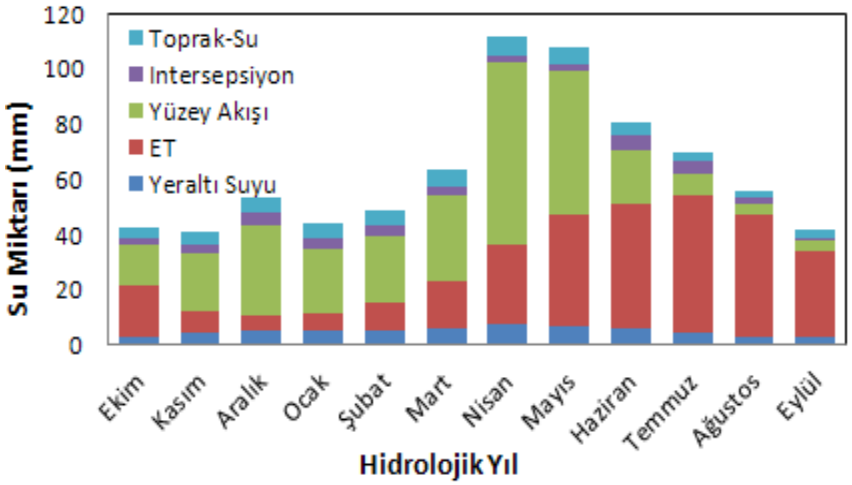
Bölge için yüzey akışı ve ET miktarlarının yıl içerisindeki dağılımları incelendiğinde, Et miktarının Mart ayı ile birlikte yükseldiği ve bu yükselişin Temmuz ayına kadar devam ettiği görülmüştür. Ağustos ayı için yağış ve toprakta tutulan su miktarının azalması ET dağılımını da etkilemiştir. Yüzey akışında yıl içerisinde yaz aylarındaki azalmanın geleceğe yönelik tahminlerinde de devam etmesi, alt havza için kurak sezondaki su potansiyelinin daha da azalacağını göstermiştir.

Çalışmada, alt havza için hidrolojik bileşenlerin yıllık toplamları temel alınarak su bütçesi ve dengesi hesaplanmıştır. Hidrolojik bileşenlere ait yıllık toplam miktarlar Çizelge 4.39'da görülmektedir.

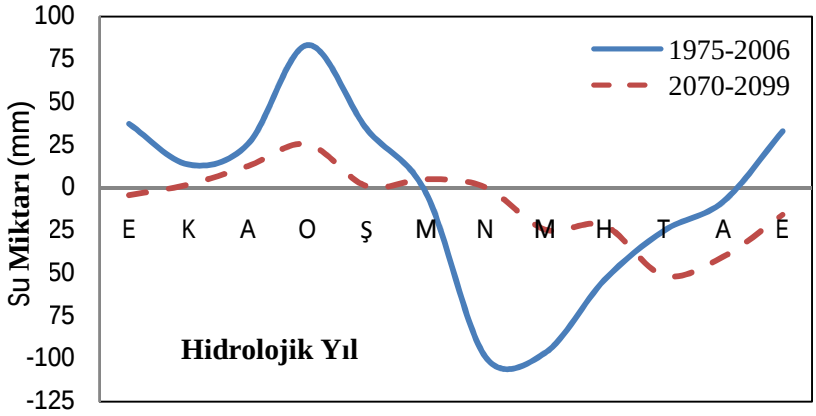
Çizelge 4.39. Değirmenocağı Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersepsiyon (km^3)
1975-2006	5368.9	3.776	1.615	1.635	0.328	0.309	0.006
2070-2099		2.906	1.280	1.472	0.239	0.238	0.005

Değirmenocağı Alt Havzası, sahip olduğu yağış alanının büyüklüğü ile tolam su bütçesi bakımından da Seyhan Üst-Havzası'nda en fazla potansiyeline sahip alt havzadır. Alt havzanın güncel durum toplam su girdisi 3.776 km^3'tür. Bu miktarın %42'si yüzey akışı ve %43.2'si ET ile bölgden ayrılmaktadır. Toplam potansiyelin %16.8'i de yer altında ve toprakta tutulmaktadır. Alt havza hidrolojik bileşenlerinin güncel duruma ait oranları Şekil 4.35'te, su dengesi Şekil 4.36'da görülmektedir.



Şekil 4.35. Değirmenocağı Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).



Şekil 4.36. Değirmenocağı Alt Havzası su dengesi.

Alt havzaya ait su dengesinin 2070 yılı ve sonrasında azalacağı tahmin edilmiştir. Yaz aylarında ise su dengesinde güncel duruma ait su miktarının fazla olduğu görülmüştür. Yaz aylarında güncel durum su miktarının eksi değerlerden sıfıra yaklaşması, alt havzayı besleyen su kaynaklarında azalma olabileceğini göstermiştir. Bu şekilde bölgede kurak sezonun gelecekte uzayabileceği öngörülmüştür.

4.2.4.10. Salbaş Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Salbaş Alt Havzası, çalışma alanının güneyinde yer almaktadır ve 650.57 km^2'lik alana sahiptir. Alt havza, çalışma alanı içerisinde yükselti farklarının en fazla olduğu bölgelerden birisidir ve yükselti 72 ile 2825 m arasında değişmektedir.

Hidrolojik modelleme uygulamasında detaylı ve geniş bir veri setine ihtiyaç duyulmuştur. Bu veri seti alt havzanın karmaşık yapısının modele tanıtılması ve modelleme uygulamlarının daha yüksek doğrulukla yapılabilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle Salbaş Alt Havzası için model formatında düzenlenen yersel veri setinde yer alan jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.40'da görülmektedir.

Çizelge 4.40. Salbaş Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Devoniyen	19.96	3.07
Kretase	156.83	24.13
Miyosen	247.68	38.10
Permiyen	46.19	7.11
Kuvaterner	25.71	3.96
Triyas	17.38	2.67
Jurasik	73.69	11.34
Oligosen	62.59	9.63
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	371.24	57.11
Mera	116.88	17.98
Kuru Tarım	114.43	17.60
Sulu Tarım	47.51	7.31
Yerleşim	0.02	0.00
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Çıplak Kayalık	41.84	6.44
Kolüvyal Toprak	27.36	4.21
Kahverengi Orman Toprağı	479.63	73.78
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	21.93	3.37
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprağı	79.28	12.20

Salbaş Alt Havzası, sahip olduğu iğne yapraklı orman türleri ile çalışma alanındaki tüm alt havzalar içerisinde en fazla orman yayılım oranına sahip alt havzalardan birisidir. Alt havzada iğne yapraklı orman türleri %57'lik bir orana sahiptir. Alanda çok küçük yerleşim birimleri bulunmakla birlikte tarım alanları da yaklaşık 232 km^2 alanda yayılım göstermektedir. Toprak serileri incelendiğinde alanda kahverengi orman topraklarının baskın toprak serisi olduğu görülmüştür. Bu bölgede kahverengi topraklara komşu kireçsiz ve kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları daha koyu renkli ve organik madde bakımından zengindir. Bu topraklarda serbest kireç oranı daha düşük ve kireç birikim katı derindir. Jeolojik yapı, Miyosen ve Kretase devirlerinde oluşmuş bileşenler ile temsil edilmektedir. Bu yapı içerisinde özellikle kretase kalkerleri önemli yer tutar.

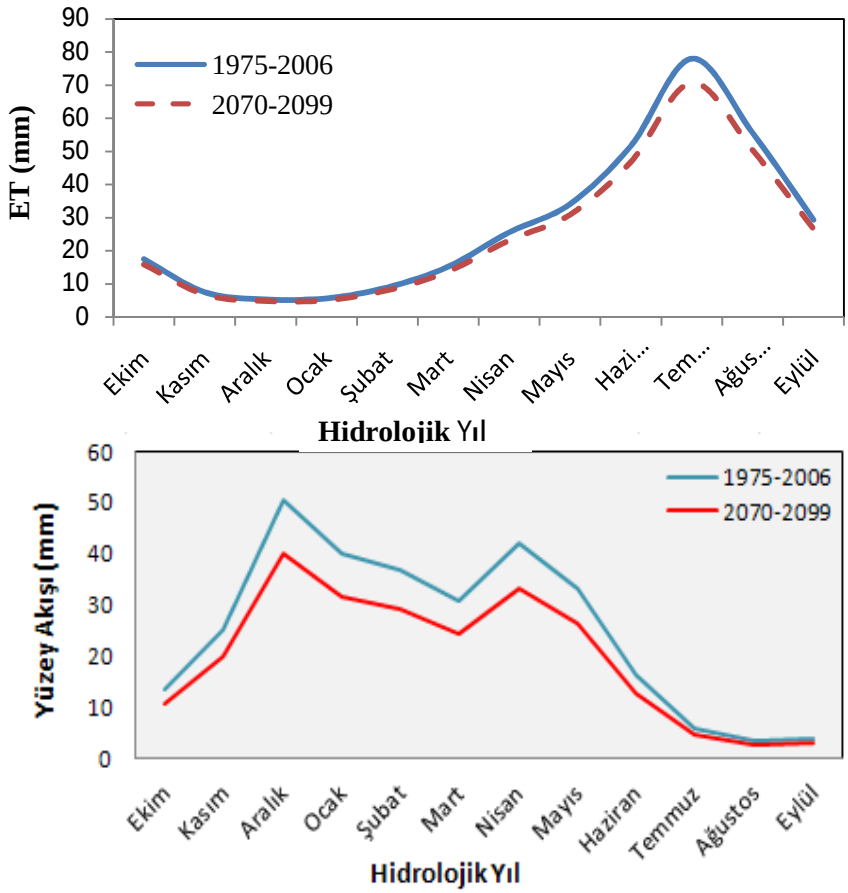
Detaylı veri setinin kullanılması ile Salbaş Alt Havzası için 3830 HRU oluşturulmuştur. Alanda orman alanlarının yayılımı ve jeolojik yapıya bağlı olarak karmaşık yapının çözümlenebilmesi için fazla sayıda HRU oluşturulmuştur.

Çalışmada, Salbaş Alt Havzası için hidrolojik modelleme uygulaması 0.75 determinasyon katsayısı ile gerçekleştirilmiştir. Model doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olmasına hassasiyet analizleri ile model için en uygun değişkenlerin belirlenmesi ve kullanılması önemli katkı sağlamıştır. Modelleme sonucu alt havza için hidrolojik bileşenlerin güncel ve geleceğe yönelik durumları tahmin edilmiştir (Çizelge 4.41).

Çizelge 4.41. Salbaş Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	970.86	301.42	334.82	76.71	250.77	26.81
2070-2099	744.98	238.3	303.65	57.07	194.93	24.46

Meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş gözlem verilerine göre alt havza yağış miktarı güncel durum için yıllık toplam 970.86 mm'dir. Bu miktar ile alt havza çalışma alanında en fazla yağış alan alt havza özelliği taşımaktadır. Çalışmada geleceğe yönelik iklim verilerinin tahmininde kullanılan GCM modelinden elde edilen sonuçlara göre 2070-2099 yılları için uzun yıl ortalaması yıllık toplam yağış miktarının 744.98 mm olacağı öngörülmüştür. Bu miktar, bölge yağış rejiminde dramatik bir azalma olacağını göstermiştir. Bölgeye düşen yağışın önemli bir bölümü toprakta tutulmakta ve intersepsiyon ile atmosfere geri dönmektedir. Bununla birlikte yağışın büyük bölümü yüzey akışı ve ET ile alt havzadan ayrılmaktadır. Salbaş Alt Havzası için yüzey akışı ve ET'nin yıl içerisindeki dağılımı Şekil 4.37'de verilmiştir.



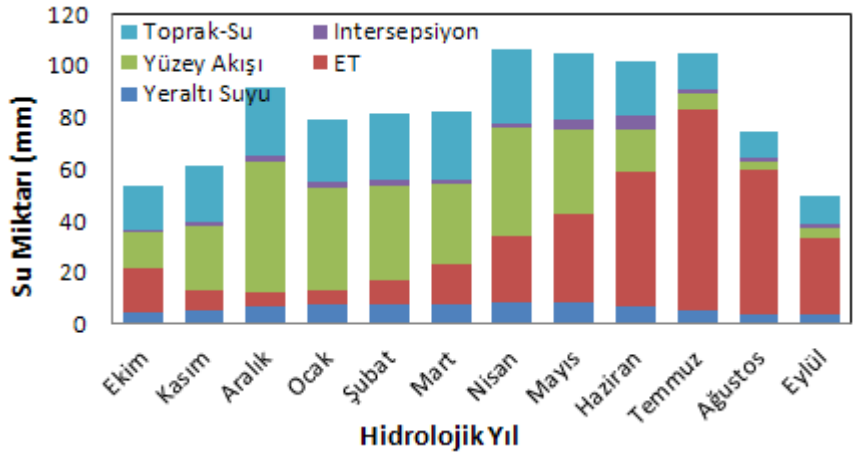
Şekil 4.37. Salbaş Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Yüzey akışı ve ET dağılımının yılık değişimleri incelendiğinde bölgede kurak sezonun özellikle Haziran ayı ile başladığı gözlemlenmiştir. Geleceğe yönelik olarak yüzey akışında %21, ET'de ise %10'luk bir azalma öngörülmüştür. ET miktarının bölgede iklim değişikliği altında özellikle sıcaklık artışına paralel olarak kış aylarında artacağı, yaz aylarında ise sıcaklık artışına rağmen yüzey akışındaki azalma nedeniyle azalacağı tahmin edilmiştir. Yıllık toplam değerler temel alınarak çalışmada Salbaş Alt Havzası hidrolojik bileşenlerine ait su bütçeleri ve dengesi de hesaplanmıştır. Hidrolojik bileşenlere ait yıllık toplam miktarlar Çizelge 4.42'de, oranlar Şekil 4.38'de görülmektedir.

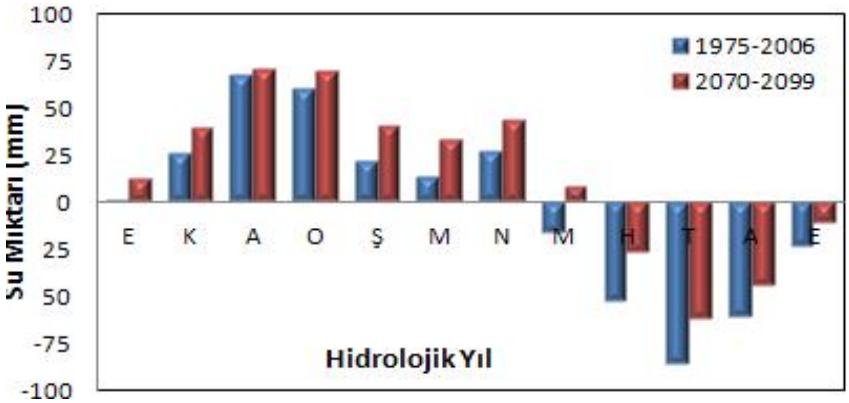
Çizelge 4.42. Salbaş Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersepsiyon (km^3)
1975-2006	650.57	0.632	0.196	0.218	0.050	0.163	0.010
2070-2099		0.485	0.155	0.198	0.037	0.127	0.009

Salbaş Alt Havzası, diğer alt havzalara kıyasla alansal bakımdan ortalama bir yağış alanına sahip olmasına rağmen yağış potansiyelinin fazla olması nedeniyle zengin bir su bütçesine sahiptir. Alana güncel durum için yıllık toplam 0.632 km^3 yağış düşmektedir. Bu yağışın 196 milyon m^3 kısmı yüzey akışı, 0.218 km^3 kısmı Et ile havzadan ayrılmaktadır. Alanda güncel durum yıllık toplam intersepsiyon miktarı 0.010 km^3 olarak tahmin edilmiştir. Salbaş Alt havzası su dengesini de gösteren grafik Şekil 4.39'da verilmiştir.



Şekil 4.38. Salbaş Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).



Şekil 4.39. Salbaş Alt Havzası su dengesi.

Hidrolojik modelleme uygulaması kapsamında Salbaş Alt Havzası güncel durum toplam su bütçesinin 1.269 km^3 olduğu hesaplanmıştır. Bu miktarın 2070 yılı ve sonrası için %21'lik azalma ile 1.010 km^3 olacağı tahmin edilmiştir. Bu azalma oranının bölgedeki yağış azalışı ve rejiminin düzensizliği ile yüksek oranda örtüştüğü görülmüştür. Bölgede yaz aylarında yüzey akışının yağış azalışına paralel olarak azalacağı da görülmektedir. Toprakta nemi ve yer altı suyundaki azalış miktarının, yüzey akışında gerçekleşen azalma miktarına kıyasla daha az olacağı tahmin edilmiştir.

4.2.4.11. Oruç Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Oruç Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nın orta kesimlerinde yer almaktadır ve 513 km^2 yağış alanına sahiptir. Bu alt havza, sahip olduğu yağış alanı ile çalışma alanındaki en küçük alt havzalardan birisidir.

Hidrolojik modelleme sürecine dahil edilmek üzere Oruç Alt Havzası için de geniş bir veri seti hazırlanmıştır. Bölgenin fiziksel özellikleri ve alansal dağılımları Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Oruç Alt Havzasının jeolojik yapısı değerlendirildiğinde, alanda Kretase ve Triyas jeolojik devirlerinde oluşmuş karstik bir yapı olduğu ortaya konmuştur. Alt havza sahip olduğu jeolojik yapı ile yer altı sularının depolanması için uygun özelliktedir. Bu bölgedeki yapı, kolay eriyebilen kayalardan oluşmaktadır. Kolay eriyebilen kalkerlerden oluşan sahalar yüzey akışı ve yer altı sularının etkisi ile farklı şekiller oluşturmaktadır. Alanda bu nedenle birçok farklı jeolojik şekil ve akifer sonucu oluşan şelaleler bulunmaktadır.

Çizelge 4.43. Oruç Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Karbonifer	13.71	2.67
Kretase	200.61	39.10
Permiyen	2.40	0.47
Kuvaterner	18.62	3.63
Triyas	230.33	44.90
Jurasik	42.87	8.36
Oligosen	4.47	0.87
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	120.61	23.51
Mera	134.57	26.23
Açıkalan	31.40	6.12
Kuru Tarım	25.61	4.99
Sulu Tarım	26.33	5.13
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Çıplak Kayalık	217.52	42.40
Kolüvyal Toprak	1.70	0.33
Kahverengi Orman Toprağı	20.69	4.03
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	273.10	53.24

Alt havzada yaklaşık 120 km^2 iğne yapraklı orman yayılımı bulunmakta, bu miktar alanın %24'ünü kaplamaktadır. Arazi yükseltisi 582 ile 3675 m arasında değişmekte, orman alanları alandaki yükseltilerin eteklerinde bulunmaktadır. Alt havzadaki toprak serileri, diğer alt havzalara göre daha az sayıda olmakla birlikte en fazla yayılım gösteren seri kireçsiz kahverengi orman toprağıdır. Oluşumun üst kısmında ince kil ve kireç yıkanımı görülmektedir. Özellikle karstik kalkerler üzerinde kireç ile birlikte toprak örtüsü de yıkanmıştır. Bu özelliği ile bölgede çıplak kayalıklar %42'lik bir alanı kaplamaktadır.

Oruç Alt Havzasının hidrolojik modelleme sürecinde kullanılan 1567 HRU oluşturulmuştur.

Alt havza için J2000 modeli, hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri kullanılarak koşturulmuş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler hesaplanmıştır. Bu kapsamda, güncel durum ve geleceğe yönelik olarak iklim değişikliğinin etkileri altında ET, yüzey akışı, üst ve alt katman yer altı suları (RG1/RG2), toprakta tutulan su miktarı (orta-MPS ve büyük-LPS gözenekli)

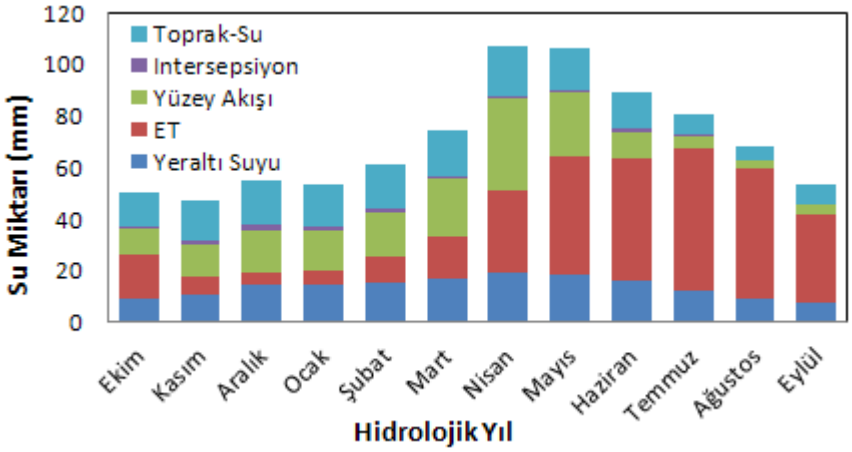
intersepsiyon bileşenleri hesaplanmıştır. Alt havza için hidrolojik modelleme0.63 determinasyon katsayısı ile gerçekleştirilmiştir. Bu katsayı düzeyi çalışma alanının diğer alt havzalarına oranla daha düşük olmasına rağmen, karstik yapıdaki bir alt havza için model sonuçlarının kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Bunun sebebi, karstik sistemlerin hidrolojik modelleme ile çözümlenmesinin homojen yapıdaki diğer bölgelere kıyasla daha karmaşık olmasıdır.

Oruç Alt Havzası hidrolojik modelleme uygulamasında tahmin edilen hidrolojik bileşenlerin yıllık toplamları Çizelge 4.44'te görülmektedir.

Çizelge 4.44. Oruç Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

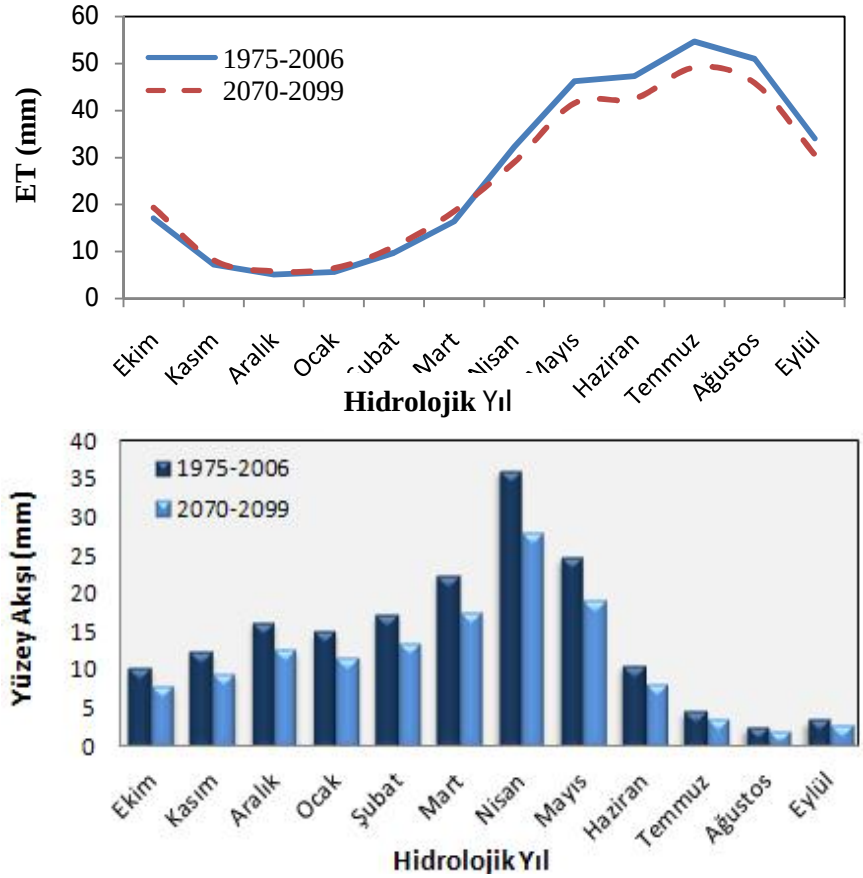
Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	714.43	175.11	326.69	164.15	158.49	12.05
2070-2099	535.34	135.62	308.15	118.9	128.27	11.04

Alt havza 1975-2006 yılları uzun yıl yıllık toplam yağış ortalaması 714.43 mm'dir. Bu miktar Seyhan Üst-Havzası yağış ortalamasına yakın düzeydedir. Çalışmada GCM modeli ile yağış miktarının 2070-2099 yılları için 535.34 mm olacağı tahmin edilmiştir. Bu miktar, alt havza yağışında %26 azalma olacağını göstermektedir. Yağışın güncel durum için hidrolojik bileşenler arası dağılımında, yüzey akışı %24, ET %45, toprak nemi %22 ve yer altı suları %23'lük orana sahiptir. Bu oranlar alt havzanın karstik yapısının hidrolojik bileşenlerin dağılımı üzerindeki etkisini göstermektedir. Hidrolojik bileşenlerin toplam su girdisi içerisindeki oranları Şekil 4.40'ta verilmiştir.



Şekil 4.40. Oruç Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).

Hidrolojik modelleme uygulaması ile hesaplanan yüzey akışı ve ET miktarlarının yıl içerisindeki dağılımları Şekil 4.41'de görülmektedir.



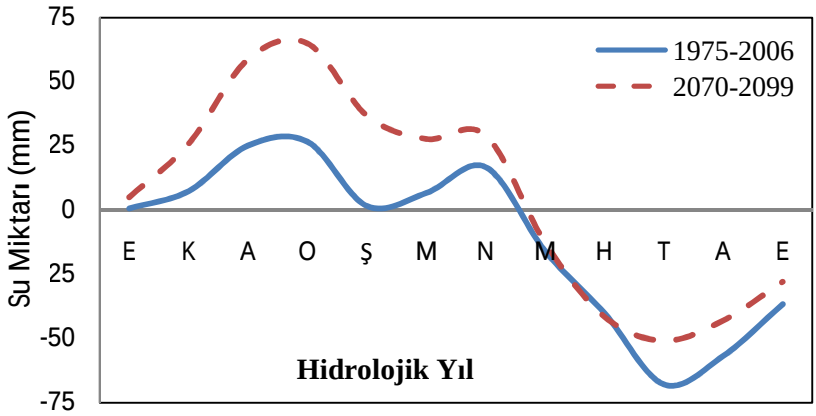
Şekil 4.41. Oruç Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

Oruç Alt Havzası ET dağılımı yaz aylarına doğru homojen bir artış göstermektedir. Geleceğe yönelik durum değerlendirildiğinde yaz aylarında ET miktarında su azlığına bağlı olarak bir azalma olacağı görülmektedir. Alt havza için yüzey akışının ise güncel ve gelecekteki durum için Nisan ayında en fazla olduğu tahmin edilmiştir. Yıllık toplam değerler temel alınarak çalışmada Oruç Alt Havzası için de hidrolojik bileşenlerine ait su bütçeleri ve dengesi hesaplanmıştır. Hidrolojik bileşenlere ait yıllık toplam miktarlar Çizelge 4.45'te, su dengesi Şekil 4.42'de görülmektedir.

Çizelge 4.45. Oruç Alt Havzası su bütçeleri (1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	**Alan (km^2)**	**Yağış (km^3)**	**Yüzey Akışı (km^3)**	**ET (km^3)**	**Yer altı Suyu**	**Toprak-Su (km^3)**	**İntersepsiyon (km^3)**
1975-2006	513.0	0.367	0.090	0.168	0.084	0.081	0.002
2070-2099		0.275	0.070	0.158	0.061	0.066	0.001

Oruç Alt Havzası yağış alanı diğer alt havzalara oranla daha küçük olduğu için toplam su bütçesi de azdır. Alt havza küçük bir alana sahip olmasına rağmen karstik jeolojik yapısı ile zengin bir yer altı potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte alanın toprakta tutulan su miktarı da zengindir.



Şekil 4.42. Oruç Alt Havzası su dengesi.

Alt havzanın su dengesi incelendiğinde özellikle yaz aylarında geleceğe yönelik olarak su dengesinde azalma olacağı tahmin edilmiştir. Güncel durum için kış aylarında su girdi-çıktı farklarının fazla olduğu görülmüştür. Bununla birlikte bu farkın gelecekte yağış azalışına bağlı olarak azalacağı ortaya konulmuştur.

4.2.4.12. Kılıçmehmet Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Kılıçmehmet Alt Havzası, çalışma alanının güneyinde, eşik alanın başlangıç kesiminde yer almaktadır. Kılıçmehmet, yüz ölçümü bakımından Seyhan Üst-Havzası'ndaki en küçük alt havzadır ve 469.67 km^2'lik alana sahiptir.

Kılıçmehmet Alt Havzası için model formatında düzenlenen yersel veri setinde, jeoloji, toprak ve arazi örtüsü haritalarına ait sınıfların alansal ve yüzde dağılımı Çizelge 4.46'da görülmektedir.

Çizelge 4.46. Kılıçmehmet Alt Havzası jeoloji, arazi ve toprak sınıfları alansal dağılım tablosu.

Jeoloji Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Devoniyen	8.16	1.74
Kretase	84.30	17.94
Miyosen	291.87	62.10
Kuvaterner	52.59	11.19
Jurasik	1.60	0.34
Pliyosen	9.62	2.05
Oligosen	21.82	4.64
Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
İğne Yapraklı Orman	199.88	42.53
Açıkalan	36.43	7.75
Kuru Tarım	169.94	36.16
Sulu Tarım	55.18	11.74
Su Yüzeyi	8.45	1.80
Yerleşim	0.08	0.02
Toprak Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Yüzde (%)**
Kolüvyal Toprak	55.66	11.84
Kahverengi Orman Toprağı	372.07	79.17
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı	7.85	1.67
Kırmızı Kahvrengi Akdeniz Toprağı	0.10	0.02
Çıplak Kayalık	34.29	7.30

Kılıçmehmet Alt Havzasında 6 arazi örtüsü ve alan kullanım sınıfı bulunmaktadır. Alanda iğne yapraklı ormanlar kapladıkları yaklaşık 200 km^2 ile %42.53 oranında yayılım göstermektedir. Sulu ve kuru tarım arazileri ise %47.9'luk yayılım oranına sahiptir. Alt havzada kahverengi orman toprağı en fazla yayılım gösteren toprak serisi olarak göze çarpmaktadır. Miyosen devrinde oluşmuş jeolojik bileşenler alt havzanın %62'sinde yayılım göstermiştir.

Alt havzaya ait fiziksel özelliklerin eldesinden sonra modelleme sürecine en önemli girdi verisi olarak dahil edilmek üzere HRU haritası oluşturulmuştur. HRU haritası ile alt havza 2910 hidrolojik birime ayrılmıştır.

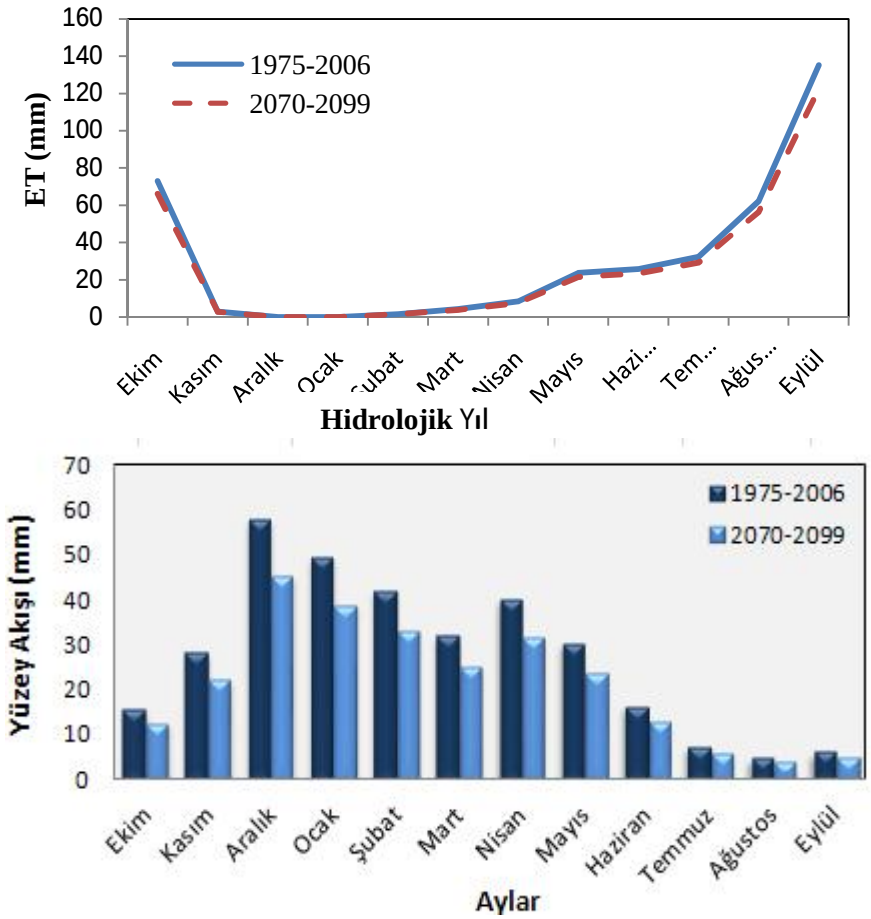
Kılıçmehmet Alt Havzası için J2000 modeli, hassasiyet analizleri ile belirlenen en uygun değişken değerleri kullanılarak koşturulmuş ve alt havza bazında hidrolojik bileşenler, 0.76 determinasyon katsayısı ile hesaplanmıştır. Hidrolojik modelleme uygulaması ile hesaplanan hidrolojik bileşenlere ait uzun yıl ortalaması yıllık toplam miktarlar Çizelge 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Kılıçmehmet Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin miktarları.

Dönem	Yağış (mm)	Yüzey Akışı (mm)	ET (mm)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (mm)	İntersepsiyon (mm)
1975-2006	678.68	328.5	336.78	157.62	29.0	99.74
2070-2099	517.93	258.47	314.06	116.54	21.73	92.41

Alt havzada güncel durum için meteoroloji istasyonlarında elde edilen verilere göre, yağış miktarının 678.68 mm ile üst havza ortalamasının altında olduğu görülmektedir. GCM modeli ile bu miktarın yaklaşık yıllık toplam 160 mm azalacağı tahmin edilmiştir. Bu miktarın güncel durumda %48'inin yüzey akışına verileceği belirlenmiştir. Bu oran alt havzanın karstik yapıda olmadığını göstermektedir.

Hidrolojik modelleme uygulaması ile güncel durum yüzey akışı miktarı 328.5 mm olarak belirlenmiştir. Yüzey akışı ve ET'nin hidrolojik yıl içerisindeki dağılımları Şekil 4.43'te görülmektedir.

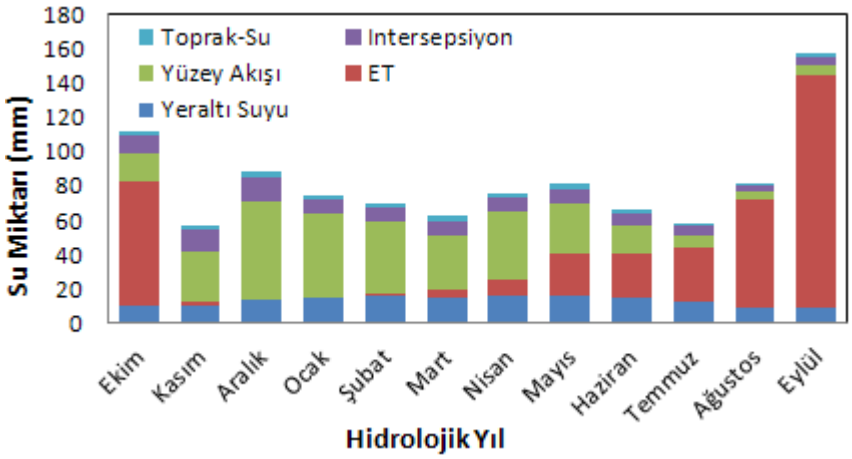


Şekil 4.43. Kılıçmehmet Alt Havzası yüzey akışı ve ET dağılımları.

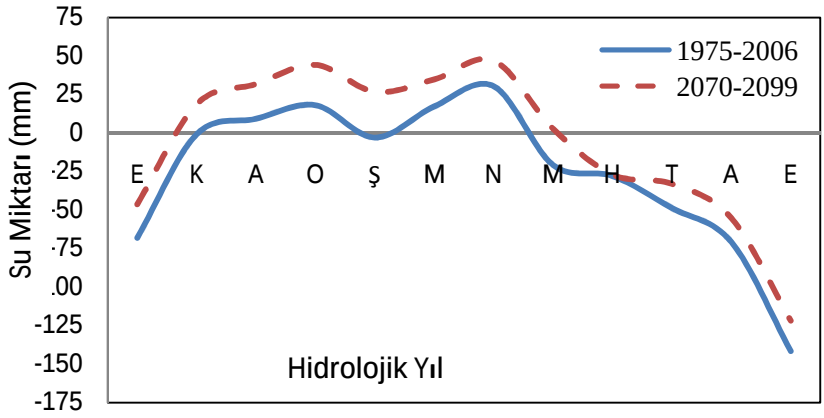
Kılıçmehmet Alt Havzası için hidrolojik bileşenlerin yıllık toplam miktarları ve yağış alanı kullanılarak toplam su bütçesi ve dengesi hesaplanmıştır. Hidrolojik bileşenlere ait toplam miktarlar Çizelge 4.48'de, oranlar Şekil 4.44'te görülmektedir. Kılıçmehmet Alt havzası su dengesini gösteren grafik Şekil 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.48. Kılıçmehmet Alt Havzası su bütçeleri(1 km3 = 1 milyar m3)

Dönem	Alan (km^2)	Yağış (km^3)	Yüzey Akışı (km^3)	ET (km^3)	Yer altı Suyu	Toprak-Su (km^3)	İntersepsiyon (km^3)
1975-2006	469.97	0.319	0.154	0.158	0.074	0.014	0.020
2070-2099		0.243	0.121	0.148	0.055	0.010	0.018



Şekil 4.44.Kılıçmehmet Alt Havzası hidrolojik bileşenlerinin oranları (1975-2006).



Şekil 4.45. Kılıçmehmet Alt Havzası su dengesi.

4.3. Net Birincil Üretim Modelleme Bulguları

4.3.1. Arazi Örtüsü Sınıfları ve Bitki Fonksiyonel Tipleri

NBÜ modelleme aşamasında da arazi sınıflarının belirlenmesinde, hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan arazi örtüsü haritasından yararlanılmıştır. Bu kapsamda alanda dört farklı arazi sınıfı için NBÜ modelleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada alt havzalar bazında NBÜ bileşenleri, iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormanlar ile tarım ve mera alanları olmak üzere dört ana grup için hesaplanmıştır.

BIOME modeli ile NBÜ bileşenlerinin modellenmesi için bölgedeki vejetasyonun eko-fiziksel karakteristiğinin tanımlanması gerekmektedir. Bu

kapsamda, BIOME modeli ile Seyhan Üst-Havzası NBÜ bileşenlerinin hesaplanması için kullanılan en önemli girdi verisi eko-fiziksel karakteristiklerinin tanımlandığı Bitki Fonksiyonel Tipleri (BFT)'dir.

Çalışma alanı kapsamında, modellemede temel alınan dört ana arazi sınıfına ait eko-fiziksel bileşenler için arazi ölçümü bulunmamaktadır. Bu nedenle modelin ihtiyaç duyduğu eko-fiziksel karakteristikler, Montana Üniversitesi –Sayısal Terra-dinamik Simülasyon Grubu (Numerical Terra-Dynamic Simulation Group- NTSG) tarafından her bir arazi sınıfı için hazırlanan değerler ve farklı çalışmalar referans alınarak elde edilmiştir. Referans alınarak modelde iğne ve geniş yapraklı orman grupları için modelde kullanılan BFT değerleri Çizelge 4.49'da verilmiştir. Bu çizelgede iğne yapraklı herdemyeşil (İYH) ve yaprak döken geniş yapraklı (YDG) ormanlara ait değerler bulunmaktadır.

Çizelge 4.49. Model BFT örnekleri.

Parametre	İYH	YDG	Kaynak
Fenoloji			
Transfer gelişim periyodu (* prp.)	0.3	0.2	
Döküntü periyodu (* prp.)	0.3	0.2	White ve ark., 2000
Yaprak kaybı (year –1)	0.25	1.0	Ellenberg, 1981
Canlı odun kaybı (year –1)	0.7	1.0	Kozlowski and Pallardy, 1997
Tüm-bitki ölümlülüğü (year –1)	0.005	0.005	White et al., 2000
Yangın ölümlülüğü (year –1)	0.005	0.0025	White et al., 2000
Dağılım ve N Gereksinimi			
Yeni kök-C: yeni yaprak-C (ratio)	1.0	1.0	Comeau and Kimmins, 1989
Yeni gövde-C : yeni yaprak-C (ratio)	2.2	2.09	Miller and Miller, 1976
Yeni odun-C : yeni toplam odun-C (ratio)	0.1	0.2	Panshin et al., 1964
Yeni kök- C : yeni gövde-C (ratio)	0.3	0.22	Miller and Miller, 1976
Yaprak C:N oranı (kgC/kgN)	42.0	26.9	Naidu et al., 1993
Döküntü C:N oranı (kgC/kgN)	120	61.0	Berg and McClaugherty, 1989
Kök C:N oranı	60.0	19.8	White et al., 2000
Canlı odun C:N oranı	151.5	92.6	
Ölü odun C:N oranı	714.3	625.0	Allison et al., 1963
Kanopi Parametreleri			
Bölünme katsayısı ((1/LAI/d)	0.041	0.035	
Işık yokluğu (DIM)	0.5	0.4	Waring and Schlesinger, 1985
Özel yaprak alanı (SLA) (birim bazında) (m2 kg –1 C)	8.3	38.7	Lamberty et al.,2005;
Nem baskı eksikliği (VPD) azaltımı (başlangıç) (MPa)	1.0	1.0	Lamberty et al.,2005
VPD azaltımı (bitiş) (MPa)	4.1	4.0	Lamberty et al.,2005

4.3.2. Toprak Bilgisi

BIOME Modeli, NBÜ hesaplanmasında tekstür bazlı bir toprak bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Bu toprak bilgisi içerisinde kum-kil-silt yüzdeleri ve derinlik değerleri önemli yer oluşturmaktadır. Çalışma alanı için NBÜ hesaplamalarında BIOME model yaklaşımına dahil edilen toprak verisine ait dosya örneğinin bir bölümü Çizelge 4.50'de verilmiştir.

Çizelge 4.50. BIOME modeli için çalışma alanı örnek toprak girdi verisi (Thornton ve Running, 2000).

```
SITE          (keyword) start of site physical constants block
1.0           (m)       effective soil
30.0          (%)       sand percentage by volume in rock-free soil
50.0          (%)       silt percentage by volume in rock-free soil
20.0          (%)       clay percentage by volume in rock-free soil
977.0         (m)       site elevation
46.8          (degrees) site latitude (- for S.Hem.)
0.2           (DIM)     site shortwave albedo
0.0001        (kgN/m2/yr) wet+dry atmospheric deposition of N
0.0004        (kgN/m2/yr) symbiotic+asymbiotic fixation of N
```

Modelde kullanılan toprak bilgisi içerisinde toprağın tekstür özellikleri ile birlikte modelleme yapılan bölgenin ortalama yüksekliği ve kısa-dalga boyu albedo değeri de yer almaktadır. Toprak gruplarına ait fiziksel bileşenlere ait değerler NTSG'den elde edilmiştir. Bu bilgilerin çalışma alanı toprak sınıflarına entegrasyonunda, FAO (Food and Agriculture Organization) tarafından belirlenmiş büyük toprak gruplarına göre düzenlenmiş toprak haritası referans alınmıştır.

4.3.3. Alt Havza Bazında Net Birincil Üretim Modelleme Bulguları

Çalışmanın NBÜ modelleme aşamasında Seyhan Üst-Havzası için NBÜ modelleme uygulamaları, alt havzalar bazında BIOME-BGC modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. NBÜ modelleme aşamasında da, hidrolojik modelleme

aşamasında alanın topoğrafyası ve nehir ağı temel alınarak oluşturulan alt havza sınırları kullanılmıştır. Alt havzalar için gerçekleştirilen modelleme uygulamaları ile vejetasyon formasyonları, tarım ve mera alanları için 1975-2006 ve 2070-2009 yılları için uzun yıl ortalama yıllık toplam NBÜ miktarları belirlenmiştir. Bununla birlikte alanda güncel ve geleceğe yönelik toprak solunumu (R_h) ve formasyon bazında döküntü miktarları da hesaplanmıştır. Bu bileşenlerin genellenmesi ile alan için güncel durum ve geleceğe yönelik yıllık ortalama toplam NBÜ ve karbon bütçeleri hesaplanmıştır. Alt havzalar için NBÜ bileşenleri kullanılarak Net Ekosistem Verimliliği (NEV) de tahmin edilmiştir.

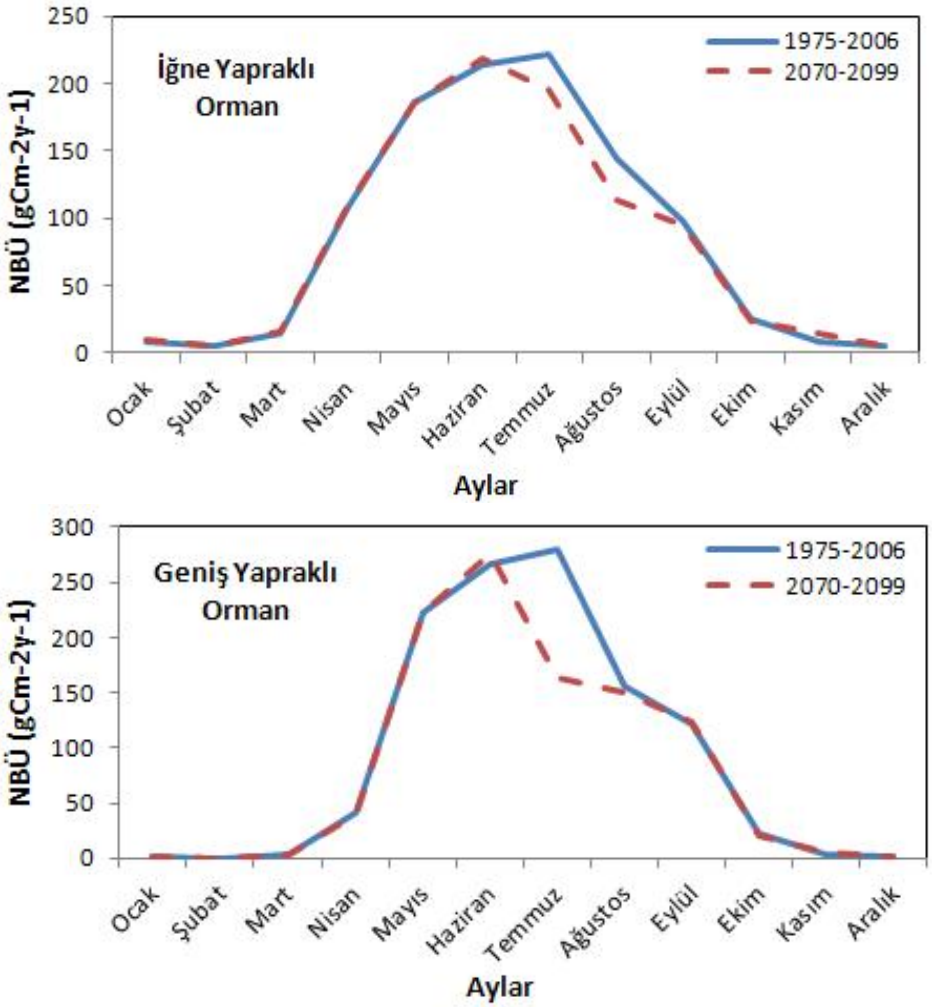
Bu bölümde tüm alt havzalara ait detaylı bilgi ve NBÜ modelleme sonuçları grafiksel olarak verilmiştir.

4.3.3.1. Himmetli Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

Seyhan Üst-Havzası'nın kuzey batısında yer alan Himmetli Alt Havzası, vejetasyon tür çeşitliliği bakımından çalışma alanındaki en zengin alt havzalardan birisidir. Bu kapsamda alt havza, çalışma alanındaki toplam NBÜ ve karbon bileşenlerine katkı potansiyeli bakımından önem taşımaktadır.

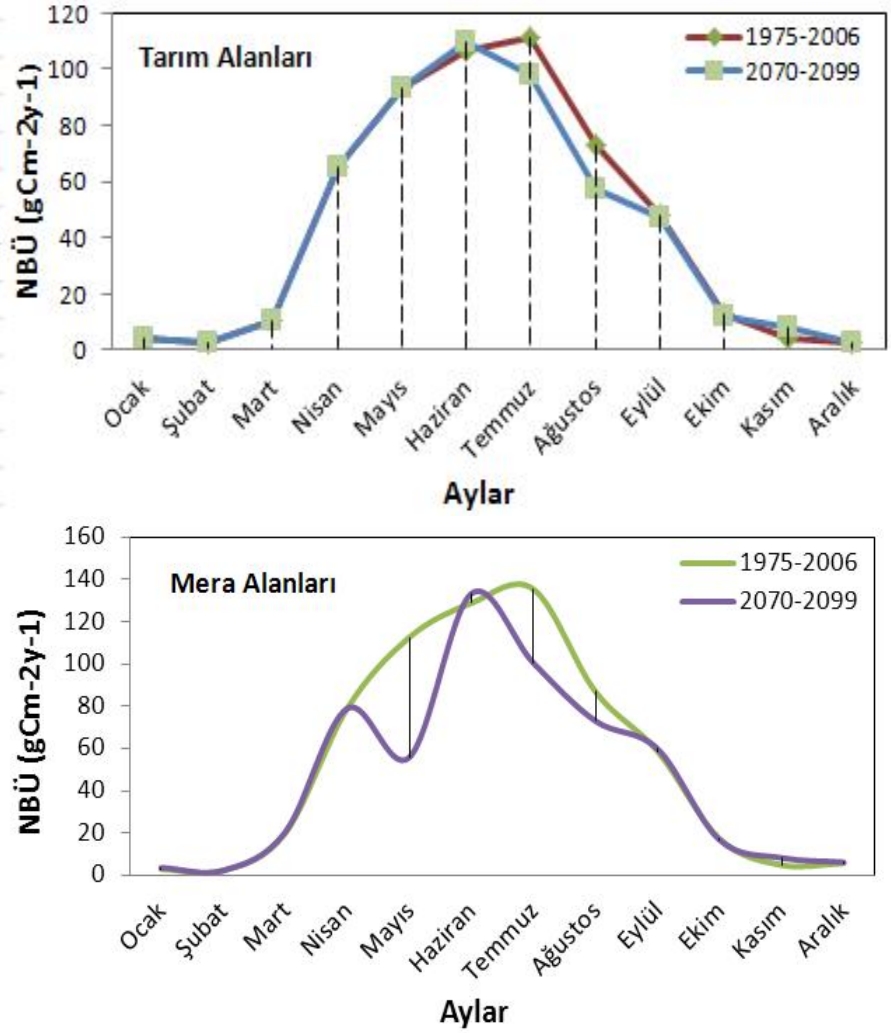
Himmetli Alt Havzasındaki iğne ve geniş yapraklı meşcere formasyonları için aylık NBÜ dağılımları Şekil 4.46'da görülmektedir.

Himmetli Alt Havzasında iğne yapraklı ormanların aylık NBÜ dağılımları güncel durum için 4.37 ile 225.71 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında değişmektedir. Bu değerlerin 2070-2099 uzun yıl ortalamasının ise 6.0 ile 162.76 $gCm^{-2}y^{-1}$ aralığında değişeceği tahmin edilmiştir. Alt havzada geniş yapraklı orman formasyonun da ise güncel durum NBÜ dağılımının 0.6 ile yaklaşık 280 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında olduğu saptanmıştır. Yıl içerisinde alandaki formasyonlarda sıcaklığın etkisi ile NBÜ miktarının yılın ilk yarısında artabileceği belirlenmiştir. Formasyonlara ait NBÜ miktarlarının ise Haziran ayı ile birlikte kurak sezonun etkisi ile azalacağı ortaya konulmuştur. Güncel ve geleceğe yönelik durum karşılaştırıldığında iğne ve geniş yapraklı ormanlarda özellikle yaz aylarında NBÜ miktarlarında azalma olacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 4.46. Himmetli Alt Havzasıiğne ve geniş yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Çalışma kapsamında alt havzada tarımsal alanlar ve meralar için de NBÜ miktarları hesaplanmıştır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Himmetli Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Alt havzadaki tarım alanlarının güncel durum için yıl içerisinde en düşük değere 2.4 $gCm^{-2}y^{-1}$ ile Ocak ayında, en yüksek miktara ise 112.94 $gCm^{-2}y^{-1}$ile Temmuz ayında ulaştığı görülmüştür. Alt havza tarım alanlarının orman alanlarından NBÜ bakımından daha az verimli olduğu görülmüştür. Bununla birlikte alt havza mera alanlarındaki NBÜ yıllık dağılımının 2.91 ile 135.37 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Alt havza tarım ve mera alanlarındaki NBÜ miktarının, gelecekte, orman formasyonlarında oluşan azalmaya paralel olarak yaz aylarında azalacağı saptanmıştır.

Himmetli Alt Havzası için NBÜ bütçelerinin belirlenmesi sürecine dahil edilmek üzere toprak solunumu hesaplanmıştır. Toprak solunumu ile birlikte alt haza

için ağaç kapalılık yüzdesi kullanılarak formasyon bazında döküntü dağılımları da hesaplanmıştır. Döküntü dağılımının belirlenmesi ile alandaki döküntülerde depolanan karbon miktarları tahmin edilmiş ve bölge için NBÜ ve karbon bütçelerinin hesaplanma sürecine dahil edilmiştir. Bu bileşenler dahil edilerek Himmetli Alt Havzası için hesaplanan güncel durum NBÜ bütçesi Çizelge 4.51'de, 2070-2099 yılları uzun yıl ortalama yıllık toplam NBÜ bütçesi Çizelge 4.52'de verilmiştir.

Çizelge 4.51. Himmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

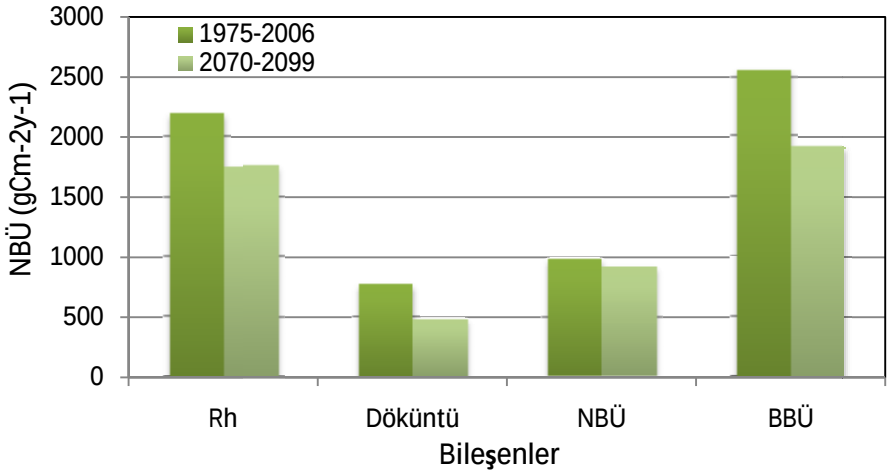
Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	2197.65	769.68	982.86	2556.43
Geniş Yapraklı Orm.	2323.22	737.13	1116.68	2626.45
Tarım	692.25	-	538.51	603.51
Mera	835.39	-	653.95	718.95

Himmetli Alt Havzası güncel durum NBÜ bileşenleri incelendiğinde, iğne yapraklı orman formasyonu için güncel durum yıllık toplam miktarın 982.86 $gCm^{-2}y^{-1}$olduğu hesaplamıştır. İğne yapraklı orman yıllık toplam döküntü miktarının ise 769.68 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu tahmin edilmiştir. Alt havza içerisinde yayılım alanı iğne yapraklı orman formasyonuna kıyasla daha az olmasına rağmen geniş yapraklı orman alanlarının birim alan bazında daha verimli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.52. Himmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1882.2	478.16	920.06	2108.2
Geniş Yapraklı Orm.	1991.8	429.67	1006.9	2208.08
Tarım	681.97	-	530.22	595.22
Mera	717.32	-	558,73	623,73

Alt havza geleceğe yönelik NBÜ bileşenleri içerisinde iğne yapraklı orman formasyonu NBÜ miktarlarında yaklaşık %7 azalma olacağı belirlenmiştir. Alt havza BBÜ miktarında ise yaklaşık 363 $gCm^{-2}y^{-1}$ azalma olacağı saptanmıştır. Güncel durum ve 2070-2099 yılları iğne yapraklı ormanlar için yıllık toplam verimlilik bileşenlerinin dağılımı Şekil 4.48'de görülmektedir.



Şekil 4.48. Himmetli Alt Havzası ormanları verimlilik bileşenleri (iğne yapraklı orman).

Himmetli Alt Havzası için NBÜ bileşenleri temel alınarak karbon bütçesi de hesaplanmıştır. Bu kapsamda alt havza toplam karbon bütçesinde, döküntülerde tutulan karbon oranı da hesaplanmıştır. Himmetli Alt Havzası toplam karbon bütçesi Çizelge 4.53'te verilmiştir.

Çizelge 4.53. Himmetli Alt Havzasıkarbon bütçeleri (1 Megaton (Mt) = 1000000 Ton)

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Döküntü (1975-2006) (Megaton)**	**Döküntü (2070-2099) (Megaton)**	**NBÜ (1975-2006) (Megaton)**	**NBÜ (2070-2099) (Megaton)**
İğne Yapraklı Orman	597.8	0.228	0.142	0.758	0.570
Geniş Yapraklı Orm.	11.65	0.04	0.002	0.015	0.011
Tarım	603.8	-	-	0.181	0.178
Mera	1234.0	-	-	0.440	0.382
Toplam	2447.3	0.232	0.144	1.626	1.285

Himmetli Alt Havzası toplam karbon bütçesinin güncel durum için 1.626 Mt C olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın 2070 yılı sonrası için 1.28 Mt C olacağı tahmin edilmiştir. Güncel durum toplam karbon miktarının yaklaşık %14'lük kısmının döküntülerde depolanan karbondan sağlandığı ortaya konulmuştur.

NBÜ modelleme kapsamında alt havza bazında iklim değişikliğinin etkisi altında güncel durum ve geleceğe yönelik olarak NEV değerleri de hesaplanmıştır. Himmetli Alt Havzası için NEV değerleri Çizelge 4.54'de verilmiştir.

Çizelge 4.54. Himmetli Alt Havzası NEV değerleri

Arazi Sınıfları	**NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006**	**NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099**
İğne Yapraklı Orman	358.78	263.96
Geniş Yapraklı Orm.	303.23	208.20
Tarım	-88.74	-86.75
Mera	-116.4	-93.6
Ortalama	456.8	271.8

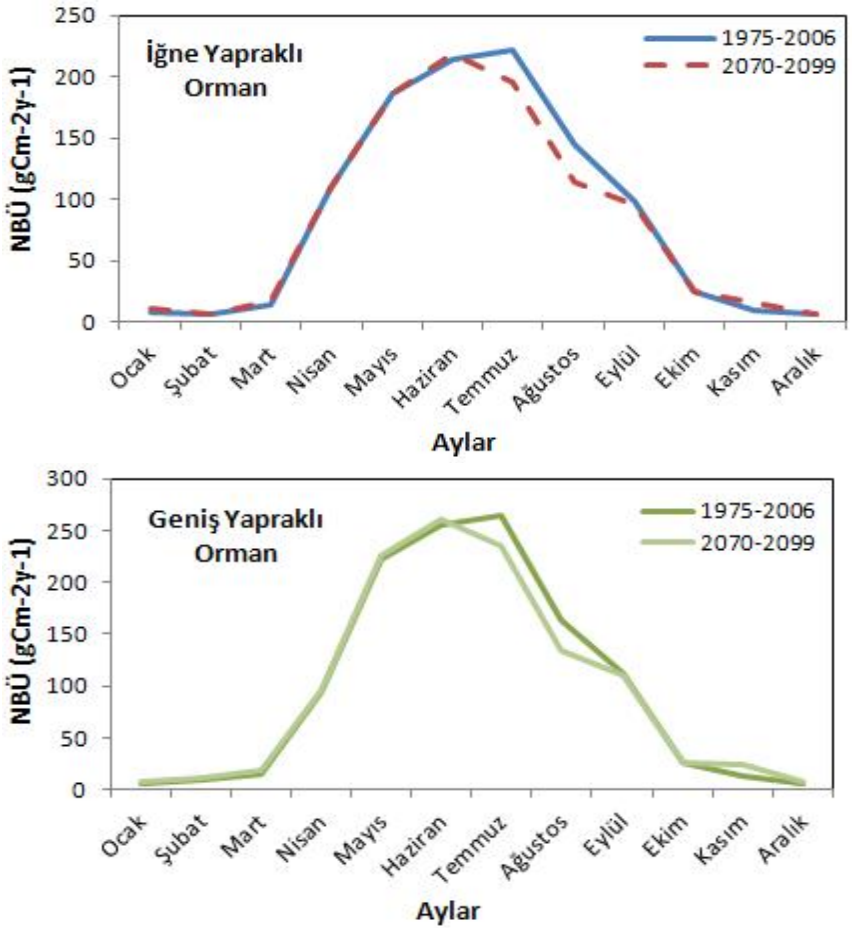
Alt havza bazında NEV değerleri değerlendirildiğinde, güncel durum NEV miktarı iğne yapraklı orman formasyonu için 358.78 $gCm^{-2}y^{-1}$ tahmin edilmiştir. Bu tahmin değeri, alt havzada bulunan iğne yapraklı ormanların karbon deposu niteliğinde olduğunu göstermiştir. İğne yapraklı orman formasyonu NEV değerinin 2070 yılı ve sonrası için azalacağı tahmin edilmiş, bu azalmaya rağmen karbon deposu özelliğini koruyacağı saptanmıştır. Himmetli Alt Havzası güncel durum için toplam 456.8 $gCm^{-2}y^{-1}$sahiptir ve genel olarak karbon deposu özelliği göstermiştir. Çalışmada, iklim değişikliğinin etkisi altında bu değerin yaklaşık -170 $gCm^{-2}y^{-1}$ azalacağı tahmin edilmiştir. Alt havza NEV değerleri değerlendirildiğinde, mera ve tarım alanlarının karbon kaynağı olduğu görülmüştür.

,

4.3.3.2. Gökdere Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

Gökdere Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası iğne ve geniş yapraklı orman türleri bakımından çeşitliliğe sahip alt havzalardan birisidir.

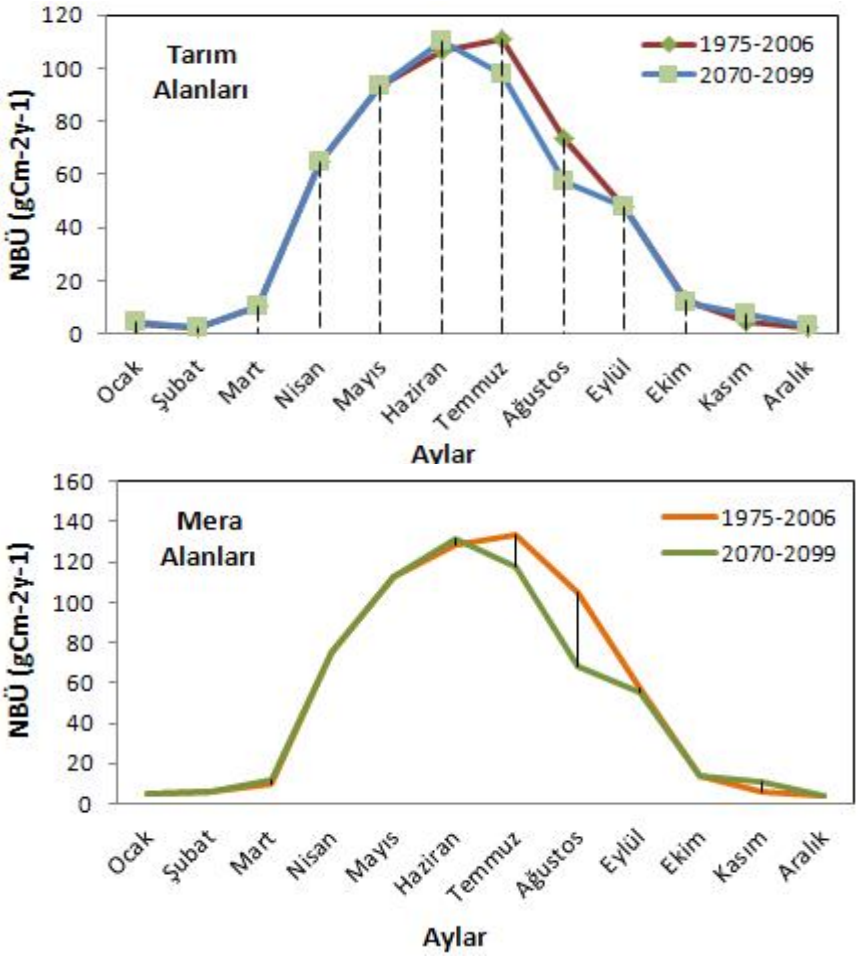
Alandaki arazi örtüsü sınıflarına ait NBÜ değişimlerinin aylık olarak izlenmesi, iklim değişikliğinin ekosistem üzerindeki etkilerinin gözlemlenebilmesi bakımından önemlidir. GökdereAlt Havzasında iğne ve geniş yapraklı meşcere formasyonları için aylık NBÜ dağılımları Şekil 4.49'da görülmektedir.



Şekil 4.49. Gökdere Alt Havzası iğne ve geniş yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Alt Havzası için modelleme sonuçlarına göre yaklaşık 957 km^2 yayılım alanına sahip iğne yapraklı ormanların güncel durum NBÜ değerleri 5.72 ile 222.22 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında değişmektedir. Modelleme sonucu bu değerlerin 2070-2099 yılları

için aylık ortalama 6 ile 219.39 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında değişeceği tahmin edilmiştir. Yıl içerisindeki genel dağılım incelendiğinde iğne yapraklı orman alanlarına ait verimliliğin geleceğe ait durum için yaz aylarında azalacağı öngörülmüştür. Bölgedeki geniş yapraklı orman alanlarında da aynı eğilimin olabileceği ortaya konulmuştur. Bununla birlikte her iki orman formasyonuna ait verimlilik değerlerinde özellikle kış aylarında sıcaklık artışına paralel olarak artış olacağı gözlemlenmiştir. Çalışmada orman formasyonları ile birlikte verimlilik düzeyi modellenen tarım ve mera alanlarına ait yıllık değişimler Şekil 4.50'de görülmektedir.



Şekil 4.50. Gökdere Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Gökdere Alt Havzası tarım ve mera alanlarının geleceğe yönelik NBÜ değişimlerinde de, orman alanlarında olduğu gibi yaz aylarında azalma olacağı gözlemlenmiştir. Bu azalmanın her iki arazi örtüsü sınıfı için Mayıs ayında başlayacağı saptamıştır. Tarım ve mera alanlarının yıl içerisinde en yüksek verimliliğe Temmuz ayında ulaştığı belirlenmiştir. Çalışmada Gökdere Alt Havzası için Alt havzadaki arazi örtüsü sınıflarının güncel ve geleceğe ait yıllık toplam NBÜ bileşenleri temel alınarak toprak solunum değerleri de hesaplanmıştır. Bu sürece alanın ağaç kapalılık yüzdesi ve NBÜ değerleri ilişkilendirilerek elde edilen döküntü dağılımı da dahil edilmiştir (Çizelge 4.55; Çizelge 4.56).

Çizelge 4.55. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1976-2006).

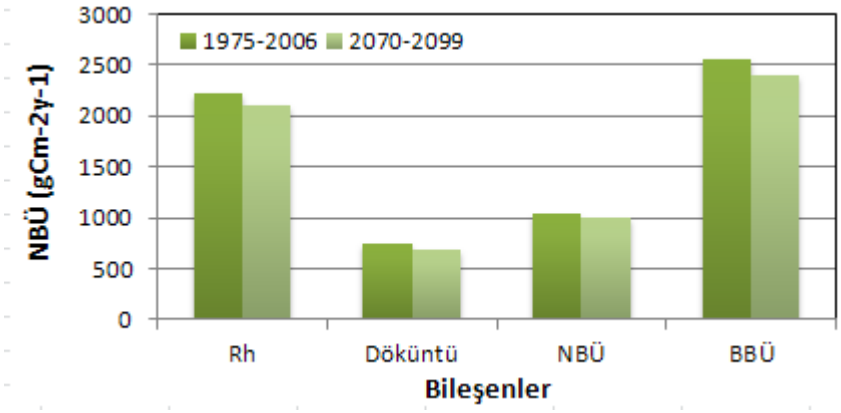
Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	2232.33	736.62	1043.89	2552.67
Geniş Yapraklı Orm.	2103.87	484.52	1192.39	2207.05
Tarım	687.16	-	534.4	599.40
Mera	838,96	-	656,82	721,82

Alt havza NBÜ bileşenleri içerisinde güncel durumda en verimli arazi sınıfının iğne yapraklı ormanlar olduğu belirlenmiştir. Bu sınıfın yıllık BBÜ miktarının 2552.6 olduğu hesaplanmıştır. Tarım alanlarının alan içerisinde en düşük verimliliğe sahip arazi sınıfı olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.56. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1758.29	478.16	920.06	1922.25
Geniş Yapraklı Orm.	1805.88	429.67	1006.9	1914.08
Tarım	681.97	-	530.22	595.22
Mera	785,67	-	613,85	678,85

Gökdere Alt Havzası NBÜ bileşenlerinin geleceğe ait durumları incelendiğinde, yılık toplam NBÜ için iğne yapraklı orman formasyonunda yaklaşık 124 $gCm^{-2}y^{-1}$, geniş yapraklı orman türlerinde ise 185 $gCm^{-2}y^{-1}$ azalma olacağı tahmin edilmiştir. Alt Havza ormanları verimlilik bileşenlerinin oranları Şekil 4.51'de görülmektedir. Bölgede azalmanın tarımsal alanlarda daha az, mera alanlarında ise orman alanlarına benzer oranda olacağı ortaya konmuştur. Bu kapsamda tarım alanlarında yıllık toplam 3.88 $gCm^{-2}y^{-1}$, meralarda ise yaklaşık 139 $gCm^{-2}y^{-1}$ olacağı öngörülmüştür.



Şekil 4.51. Gökdere Alt Havzası ormanları verimlilik bileşenleri.

Alt havzadaki orman formasyonları, tarım ve mera alanlarına ait verimlilik bileşenleri temel alınarak güncel ve geleceğe ait durum için iklim değişikliğinin etkisi altında karbon bütçeleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.57).

Çizelge 4.57. Gökdere Alt Havzası Karbon bütçeleri (1 Megaton (Mt) = 1000000 Ton)

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Döküntü (1975-2006) (Megaton)**	**Döküntü (2070-2099) (Megaton)**	**NBÜ (1975-2006) (Megaton)**	**NBÜ (2070-2099) (Megaton)**
İğne Yapraklı Orman	956.5	0.350	0.322	1.211	1.136
Geniş Yapraklı Orm.	71.3	0.0171	0.0169	0.078	0.076
Tarım	215.9	-	-	0.064	0.062
Mera	430.7	-	-	0.154	0.145
Toplam	1675.03	-	-	1.508	1.419

Gökdere Alt Havzası 2549.9 km^2 bir alanı kapsamaktadır. NBÜ modelleme uygulaması ile verimlilik düzeyi tahmin edilen arazi sınıfları bu alanın 1675.03 km^2'lik bölümünde yayılım göstermektedir. Bu yayılım alanında arazi örtüsü tarafından depolanan toplam karbon miktarının güncel durum için 1.508 Mt olduğu tahmin edilmiştir. Bu miktarın 2070 yılı ve sonrası için yıllık toplam 1.419 Mt gerileyeceği öngörülmüştür. Güncel durum karbon bütçesi içerisinde iğne yapraklı orman alanları 1.21 Mt ile en fazla paya sahip sınıftır. Birim alanda daha fazla verimliliğe sahip geniş yapraklı orman formasyonlarının, yayılım alanlarının kapsamı dikkate alındığında az miktarda karbon depolama potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Karbon bütçesi ile birlikte alt havza modelleme uygulaması ile ekosistem performansının belirlenmesi için NEV miktarları da tahmin edilmiştir (Çizelge 4.58).

Çizelge 4.58. Gökdere Alt Havzası NEV değerleri.

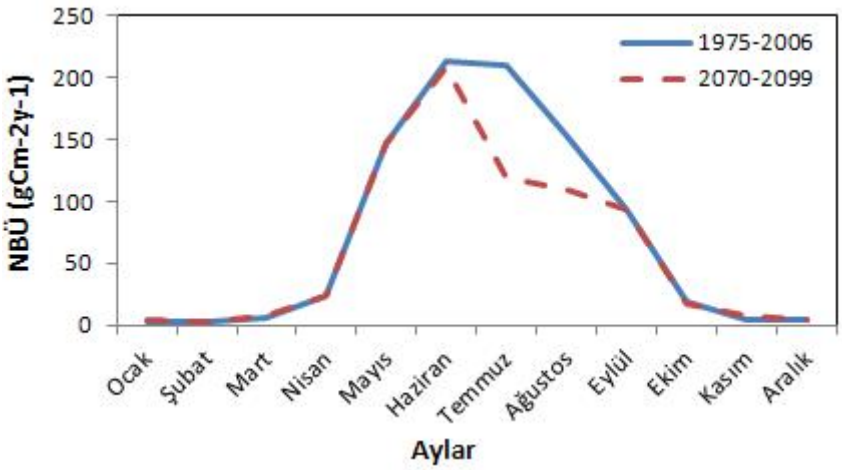
Arazi Sınıfları	**NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006**	**NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099**
İğne Yapraklı Orman	320.33	288.71
Geniş Yapraklı Orm.	203.18	207.94
Tarım	-87.76	-82.5
Mera	-117.1	-106,82
Ortalama	218.6	207.3

NEV miktarları dikkate alınarak ekosistem performansı göz önüne alındığında, Gökdere Alt Havzası orman alanlarının güncel durum ve geleceğe yönelik süreçte karbon depolama özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Tarım ve mera alanları ise bu süreçte kaynak özelliği göstermektedir. Alan için ortalama NEV miktarında 2070–2099 yılları ortalaması dikkate alındığında yıllık toplam yaklaşık 11 $gCm^{-2}y^{-1}$ azalma olacağı, bu azalmaya rağmen alanın depo özelliğini koruyacağı saptanmıştır. Bu özelliği ile alt havzanın Seyhan Üst-Havzası'nın karbon tutma potansiyeline önemli ölçüde katkı yaptığı belirlenmiştir.

4.3.3.3. Ergenuşağı Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

Ergenuşağı Alt Havzası, tarım ve mera alanlarının yoğun olarak bulunduğu ve önemli bir kısmı kayalık alanlar ile kaplı orta büyüklükte bir alt havzadır. Alan vejetasyon formasyonları bakımından daha kısıtlı potansiyele sahiptir ve sınırları içerisinde sadece iğne yapraklı orman alanları bulundurmaktadır.

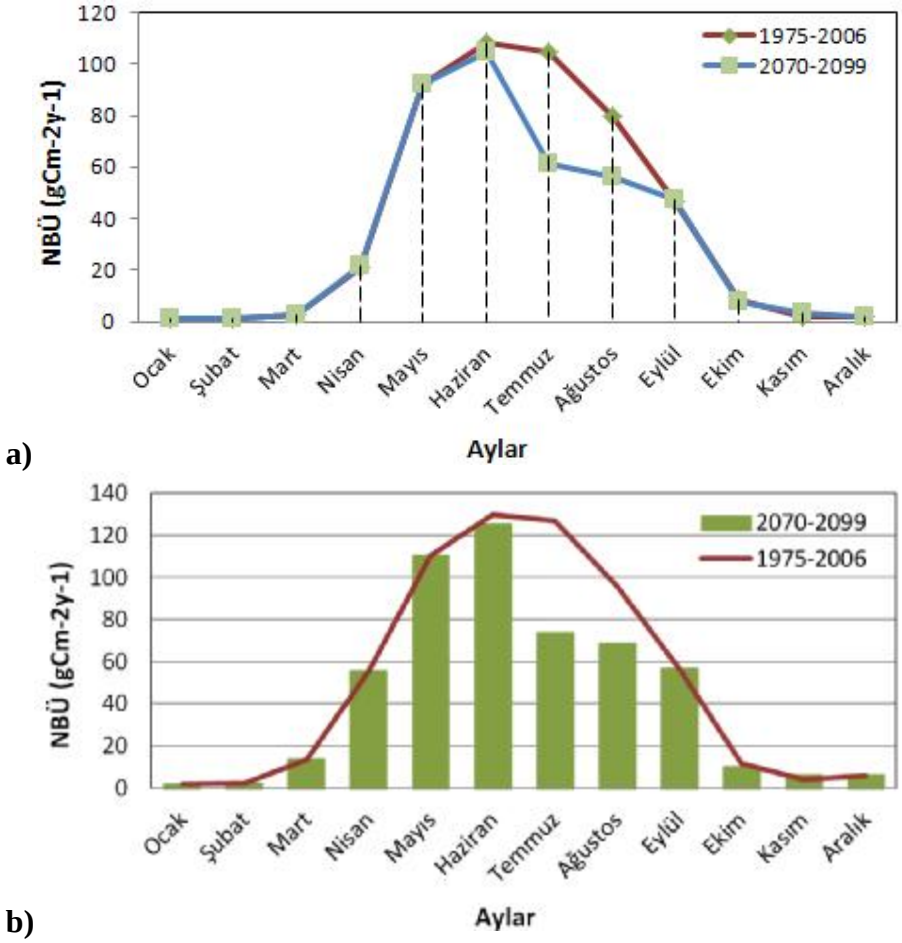
Alt havzadaki iğne yapraklı orman alanları sedir *(Cedrus libani)* ve karışık meşcere sınıflarından oluşmaktadır. Karışık meşcere sınıfı %25 *Pinus brutia-Juniperus excelsa*, %12 *Pinus nigra-Abies cilicica*ve %24.6 oranında *Cedrus libani-Abies sp.-Pinus nigra* meşcerelerini içermektedir. Alt havza iğne yapraklı ormanlarının güncel durum ve gelecek için aylık ortalama NBÜ dağılımları Şekil 4.52'de görülmektedir.



Şekil 4.52. Ergenuşağı Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalamaNBÜ dağılımları.

Güncel durum ve 2070-2099 uzun yıl ortalamaları incelendiğinde, iğne yapraklı orman alanlarda Haziran ayı ile birlikte belirgin bir azalma olacağı saptanmıştır. İğne yapraklı orman alanlarının alt havzada en düşük değerini 2.63 $gCm^{-2}y^{-1}$ ile Ocak ayında aldığı, en yüksek değerine ise 212.55 $gCm^{-2}y^{-1}$ ile Temmuz ayında ulaştığı tahmin edilmiştir.

Orman alanları ile birlikte tarım ve mera alanları da bölgesel NBÜ potansiyelinde önemli yer tutmaktadır. Ergenuşağı Alt Havzası tarım ve mera alanlarındaki NBÜ değişimlerinin yıl içerisinde dağılımı Şekil 4.53'te görülmektedir.



Şekil 4.53. Ergenuşağı Alt Havzası tarım (a) ve mera (b) alanları aylıkortalama NBÜ dağılımları.

Ergenuşağı Alt Havzası için güncel ve geleceğe ait model sonuçları dikkate alındığında, iğne yapraklı orman alanlarında için tahmin edilen senaryonun tarım ve mera alanların da görülebileceği öngörülmüştür. Bu senaryo kapsamında alandaki tarım ve mera alanlarındaki NBÜ miktarının yaz ayları ile birlikte azalacağı tahmin edilmiştir. Yaz aylarında görülen bu değişim alt havzadaki yıllık toplam NBÜ potansiyelini de doğrudan etkilemektedir. Alt havzada çalışma kapsamında değerlendirilen arazi sınıflarının güncel durum (Çizelge 4.59) ve geleceğe ait

(Çizelge 4.60) uzun yıl ortalaması yıllık toplam NBÜ miktarları, Seyhan Üst-Havzası'ndaki karbon bütçesini de büyük ölçüde etkilemektedir.

Çizelge 4.59. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1976-2006).

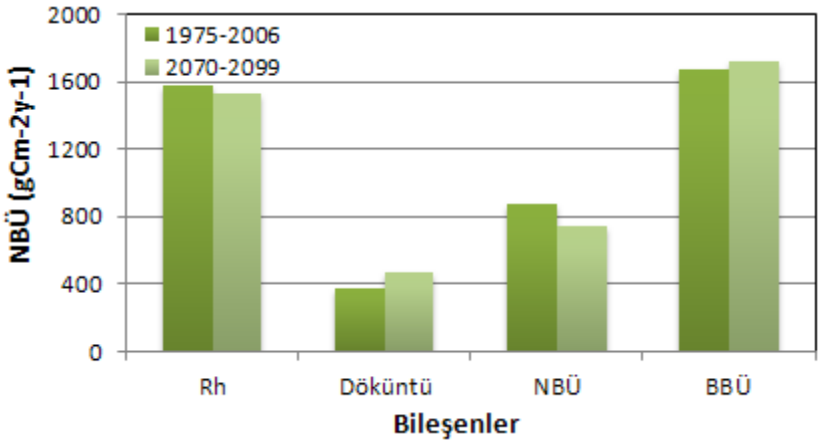
Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1578.37	374.91	878.21	1678.03
Tarım	606.84	-	469.63	534.63
Mera	784,29	-	612,73	677,73

Ergenuşağı Alt Havzasında yıllık toplam NBÜ miktarları dikkate alındığında güncel durum için mera alanlarının, iğne yapraklı orman alanlarına oranla birim alanda daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Toprak üstü döküntü bileşenleri ve toprak solunumu tahmin sürecine dahil edildiğinde iğne yapraklı orman formasyonları, en yüksek BBÜ potansiyeline sahiptir.

Çizelge 4.60. Gökdere Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1523.4	469.8	740.55	1726.51
Tarım	520.79	-	400.23	465.23
Mera	681,28	-	529,66	594,6

Alt havzanın geleceğe yönelik NBÜ potansiyeli arazi örtüsü sınıflarına göre değişkenlik göstermektedir. İğne yapraklı orman alanlarında NBÜ miktarında azalma gözlemlenmesine rağmen döküntü değişimine bağlı olarak BBÜ miktarlarında artış olacağı tahmin edilmiştir. Tarım ve mera alanlarında ise toplam NBÜ değerlerinde azalma olacağı öngörülmüştür. Alt havzadaki orman sınıflarına ait toplam verimlilik bileşenleri Şekil 4.54'te görülmektedir.



Şekil 4.54. Ergenuşağı Alt Havzası verimlilik bileşenleri.

Ergenuşağı Alt Havzasında NBÜ modelleme sonuçlarına göre orman alanları için 2070-2099 yılları uzun BBÜ yıl ortalamalarında %2.8 oranında artış olacağı tahmin edilmiştir. Bu artış, alt havzanın konum itibariyle düşük olan sıcaklık ortalamasının, iklim değişikliği altında olası artışına bağlı olarak verimliliğin de küçük oranda artabilme ihtimaline bağlıdır. Bu değişim ihtimali ile alt havzadaki yıllık toplam NBÜ ve BBÜ bileşenleri temel alınarak alan için karbon bütçesi oluşturulmuştur (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.61. Gökdere Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri(1 Megaton (Mt) = 1000000 Ton)

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Döküntü-C (1975-2006) (Mt)**	**Döküntü-C (2070-2099) (Mt)**	**NBÜ-C (1975-2006) (Mt)**	**NBÜ-C (2070-2099) (Mt)**
İğne Yapraklı Orman	176.7	0.033	0.041	0.147	0.157
Tarım	296.7	-	-	0.079	0.068
Mera	444.6	-	-	0.149	0.131
Toplam	918.19	-	-	0.375	0.351

Modelleme uygulaması kapsamında NBÜ miktarı belirlenen iğne yapraklı orman alanlarında karbon toplamının 2070 yılı ve sonrası için artacağı, tarım ve mera alanlarında ise azalma olacağı tahmin edilmiştir. Alt havza için toplam karbon miktarı güncel durum için 0.375 Mt, gelecek için ise 0.351 Mt olacağı öngörülmüştür.

Karbon bütçeleri ile birlikte alanda güncel ve geleceğe yönelik olarak NEV miktarı da belirlenmiştir (Çizelge 4.62).

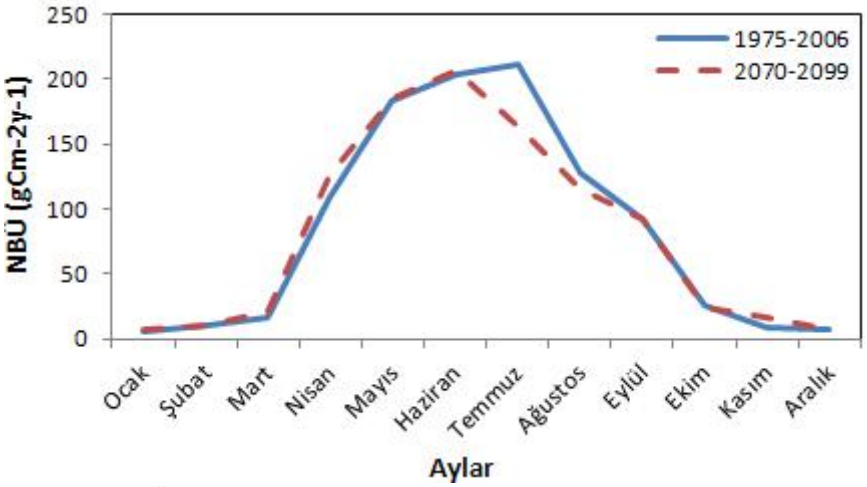
Çizelge 4.62. Ergenuşağı Alt Havzası NEV değerleri.

Arazi Sınıfları	**NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006**	**NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099**
İğne Yapraklı Orman	99.66	201.08
Tarım	-72.21	-55.56
Mera	-106.5	-86.6
Ortalama	-79.1	58.9

Ergenuşağı Alt Havzasında 2070–2099 arası uzun yıl ortalaması NEV değerlerine göre artış olacağı tahmin edilmiştir. Alandaki NEV değerleri değerlendirildiğinde Ergenuşağı Alt Havzasının güncel durum için karbon kaynağı olduğu belirlenmiştir. İklim değişikliğinin etkisi altında sıcaklık artışının geleceğe yönelik olarak alt havza arazi sınıflarının karbon potansiyelini olumlu yönde etkileyeceği hesaplanmıştır. Bu kapsamda kaynak olan alt havza arazi örtüsü sınıflarının gelecekte karbon deposu niteliğine geçebileceği tahmin edilmiştir.

4.3.3.4. Üçtepe Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

Üçtepe Alt havzada kızılçam *(Pinus brutia),* karaçam *(Pinus nigra),* sedir *(Cedrus libani)* ve ardıç *(Juniperus excelsa)* türleri saf meşcere olarak dağılım göstermektedir. Bununla birlikte alanın bazı kesimlerinde kızılçam-karaçam, karaçam-göknar ve sedir-göknar türleri bir arada bulunmaktadır. Çalışmanın NBÜ aşamasında, saf ve karışık meşcereler olarak alana yayılım gösteren iğne yapraklı orman alanlarının güncel durum ve geleceğe yönelik NBÜ değişimleri BIOME-BGC modeli ile tahmin edilmiştir (Şekil 4.55).

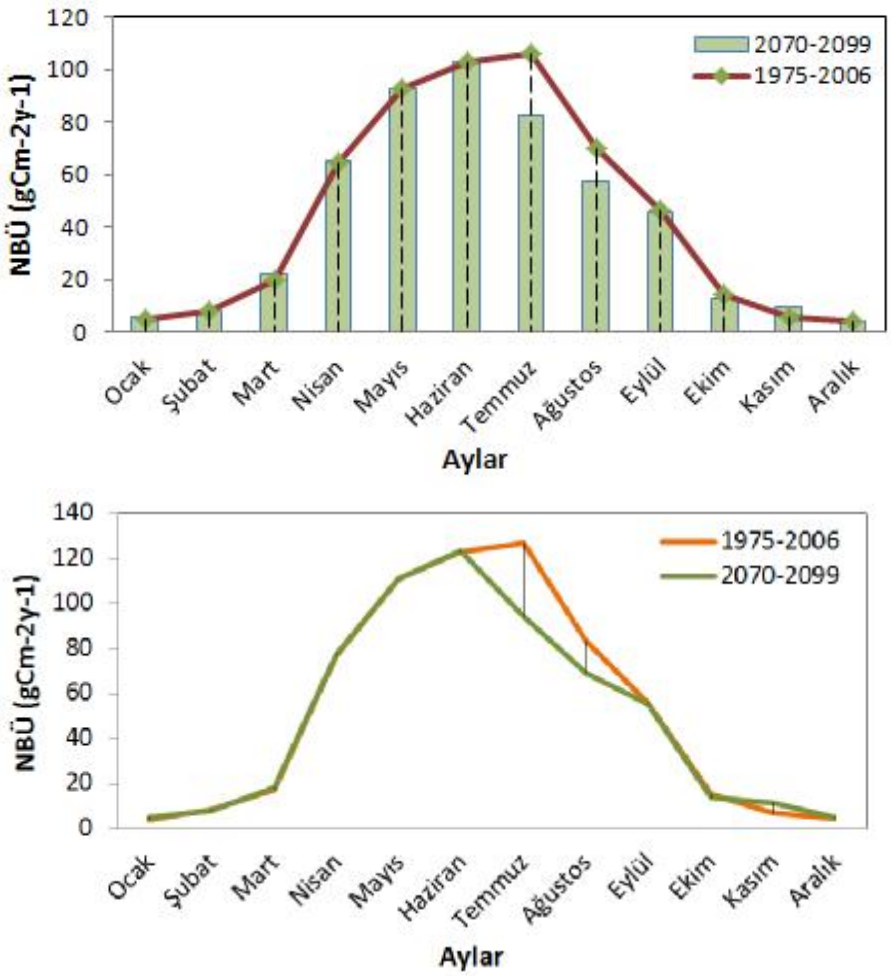


Şekil 4.55. Üçtepe Alt Havzasıiğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Üçtepe alt havza iğne yapraklı orman alanlarının güncel durum NBÜ değerleri Ocak-Mart döneminde 6.4 ile 16.64 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında değişmektedir. Nisan-Temmuz NBÜ dağılımı 108.99 ile 210.99 $gCm^{-2}y^{-1}$ile en yüksek aralığa ulaşmakta ve bu dağılım Temmuz ayından itibaren düşüş göstermektedir. 2070-2099 ortalamaları incelendiğinde alt havza en yüksek NBÜ değerine 206.19 $gCm^{-2}y^{-1}$ ile Haziran ayında ulaşacağı tahmin edilmiştir.

Havza bazında NBÜ ve karbon bütçelerinin hesaplanmasında orman alanları ile birlikte tarımsal alan ve meralar büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda alanda tarım ve mera alanlarının güncel durum ve geleceğe yönelik NBÜ değişimleri de hesaplanmıştır. Alt havza tarım ve mera alanlarının aylık NBÜ değişimleri Şekil 4.56'da görülmektedir.

Alt havzada güncel durum için tarım ve mera alanları en yüksek NBÜ değerine Temmuz ayında ulaşmaktadır. Temmuz ayında tarım alanları NBÜ değeri 105.66 $gCm^{-2}y^{-1}$ ve mera alanları 126.75 $gCm^{-2}y^{-1}$ olarak tahmin edilmiştir. 2070 yılı sonrası için mera alanları Temmuz ayında görülen en yüksek değerinin %2.5'lik azalma ile 123.55 $gCm^{-2}y^{-1}$ Haziran ayına gerileyeceği öngörülmüştür.



Şekil 4.56. Üçtepe Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

NBÜ modelleme aşamasında Üçtepe Alt Havzası arazi sınıfları için elde edilen NBÜ değerleri, alanın toprak solunumu ve döküntü miktarları ile birleştirilmiş ve alt havza için toplam NBÜ bütçesi hesaplanmıştır. Alt havza güncel durum NBÜ bütçesi Çizelge 4.63, geleceğe ait bütçe ise Çizelge 4.64'te verilmiştir.

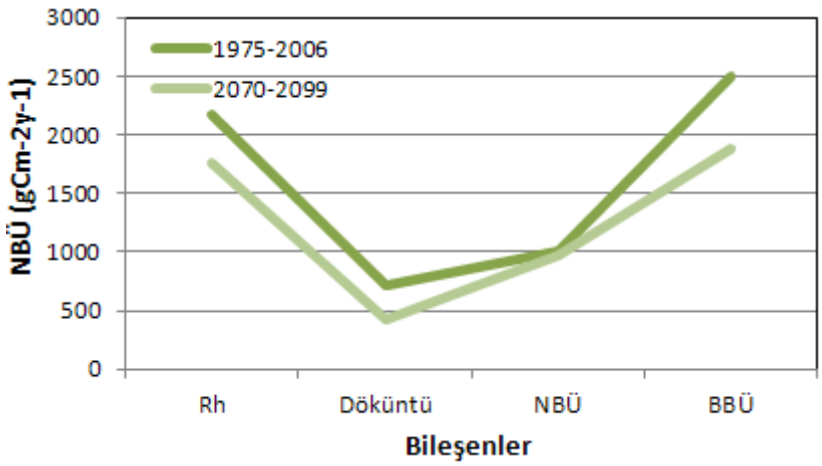
Çizelge 4.63. Üçtepe Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	2168.61	724.19	1004.93	2489.34
Tarım	692.09	-	538.38	603.38
Mera	810.88	-	634,18	699.18

Çizelge 4.64. Üçtepe Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1760.21	425.61	974.16	1873.36
Tarım	655.08	-	508.53	573.53
Mera	759	-	592.34	657.34

Alt havzada birim alan bazında verimlilik dağılımı incelendiğinde en verimli sınıfın iğne yapraklı orman alanları olduğu ortaya konulmuştur. Modelleme sonucu iğne yapraklı ormanlar güncel durum için BBÜ miktarı 2489.34 $gCm^{-2}y^{-1}$, geleceğe ait ise 1873.36 $gCm^{-2}y^{-1}$olacağı tahmin edilmiştir. Bu miktar, alt havza orman alanlarında yaklaşık %24 oranında bir verimlilik azalışı olacağını göstermektedir. Bu süreçte model tahminlerine göre bölge tarım alanlarında %6, mera alanlarında ise %7 azalma olacağı hesaplanmıştır. Alt havzadaki orman sınıfları için güncel durum ve 2070-2099 ortalamalarına ait toplam verimlilik bileşenleri Şekil 4.57'de görülmektedir.



Şekil 4.57. Üçtepe Alt Havzası verimlilik bileşenleri.

Üçtepe Alt Havzası için verimlilik bileşenleri temel alınarak karbon bütçesi hesaplanmıştır. Alanda özellikle iğne yapraklı orman alanlarının yayılım göstermesi, alt havzanın tüm çalışma alanı karbon bütçesine katkı düzeyini artırmıştır. Alt havza güncel durum ve geleceğe ait karbon bileşenleri Çizelge 4.65'te verilmiştir.

Çizelge 4.65. Üçtepe Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri (1 Mt) = 1000000 Ton)

Arazi Sınıfları	Alan (km^2)	Döküntü-C (1975-2006) (Mt)	Döküntü-C (2070-2099) (Mt)	NBÜ-C (1975-2006) (Mt)	NBÜ-C (2070-2099) (Mt)
İğne Yapraklı Orman		0.255	0.150	0.875	0.659
Tarım		-	-	0.079	0.076
Mera		-	-	0.047	0.044
Toplam		0.255	0.150	1.002	0.778

Alt havza yıllık toplam karbon bütçesinin güncel durum için 1.002 Mt geleceğe ait ise 0.778 Mt olduğu tahmin edilmiştir. Bu kapsamda alt havzada yaklaşık %20 oranında azalma olacağı ortaya konmuştur. Toplam karbon bütçesi içerisinde arazi sınıfı bazında iğne yapraklı orman alanlar döküntü depolarında 0.105 Mt olacağı belirlenmiştir. Bununla birlikte tarım ve mera alanlarında da geleceğe yönelik olarak azalma olacağı tahmin edilmiştir.

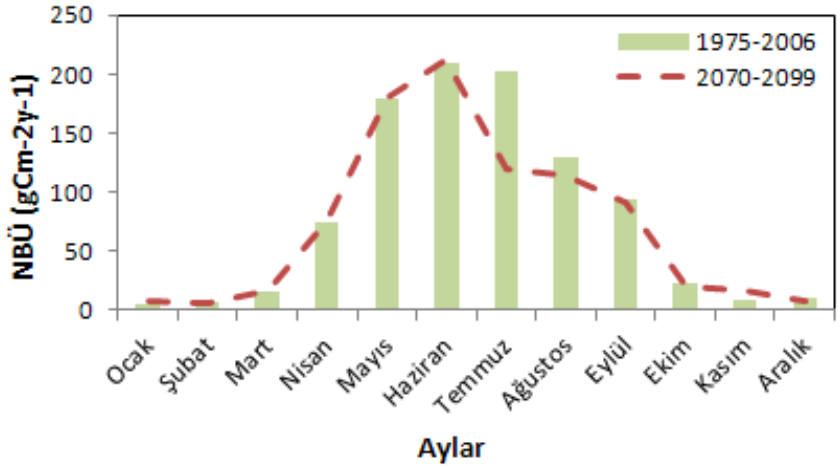
Karbon bütçeleri ile birlikte Üçtepe Alt Havzasında güncel ve geleceğe yönelik olarak NEV miktarı da belirlenmiştir. Alt havza yıllık ortalama NEV miktarının güncel durum için 120.3 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu tahmin edilmiştir. NEV miktarının 2070-2099 yılları uzun yıl ortalama yıllık toplam miktarında azalma olacağı tahmin edilmiştir. Bu değişim alt havza ekosistem performansında azalma olacağını ve alt havza arazi örtüsünün karbon kaynağı olacağını göstermiştir.

4.3.3.5. Körkün (Hacılıköprü) Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

Körkün Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'nda hidrolojik bakımından barajlar bölgesi su potansiyeline katkı sağlamakla birlikte sahip olduğu orman yayılım alanları ile NBÜ bütçesi için de önem taşımaktadır.

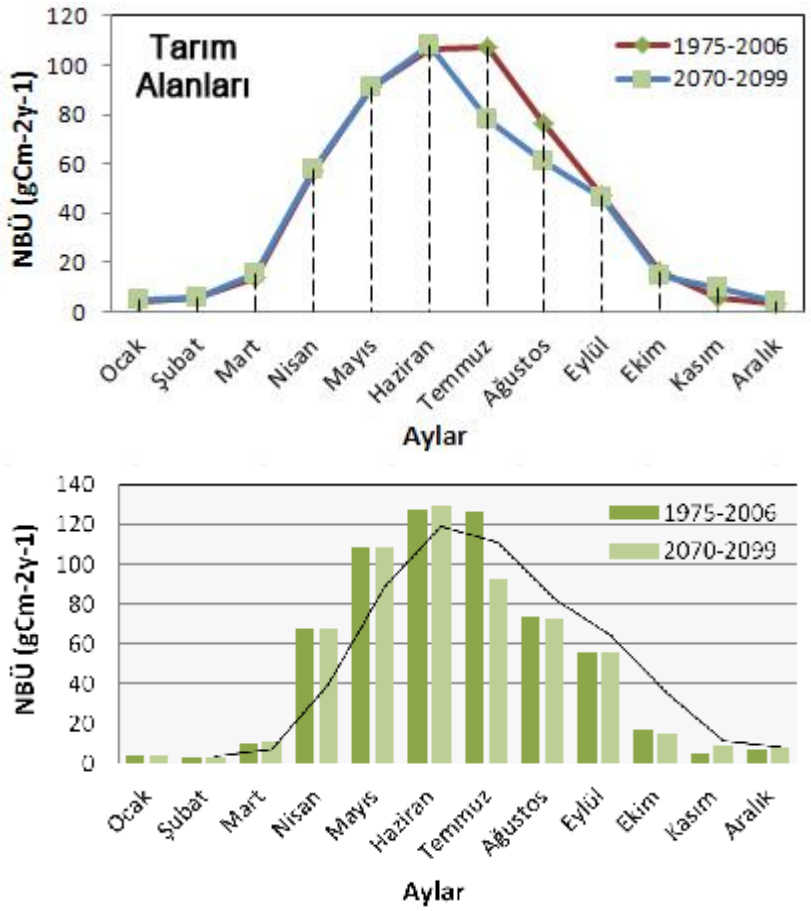
Alt havzada yayılım gösteren iğne yapraklı orman formasyonları toplam 223.24 km^2 alan kaplamaktadır. İğne yapraklı orman formasyonları içerisinde kızılçam *(Pinus brutia)* 34.74 km^2, karaçam meşceresi (*Pinus nigra*) ise 34.58 km^2 yayılım alanına sahiptir. Bölgede sedir (*Cedrus libani*) 29.89 km^2 dağılım göstermektedir. Ardıç (*Juniperus excelsa*) meşceresi kapladığı 50.80 km^2 ile alt

havzada en fazla dağılım gösteren orman türüdür. Alt havzada karaçam-kızılçam-sedir-göknar türlerinin bir arada yayılım gösterdiği karışık meşcere formasyonları 72.98 km^2'lik alan kaplamaktadır. Körkün Alt Havzasında geniş yapraklı orman türleri bulunmadığından alanda BIOME-BGC modeli ile saf ve karışık iğne yapraklı orman alanları için NBÜ dağılımları belirlenmiştir. Güncel durum ve 2070-2099 yılları için aylık ortalama NBÜ değişimleri Şekil 4.58'de görülmektedir.



Şekil 4.58. Körkün Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Körkün Alt Havzası iğne yapraklı orman formasyonları güncel durum NBÜ değeri Haziran ayında en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Bu kapsamda güncel durum NBÜ değeri 210.12 $gCm^{-2}y^{-1}$, 2070 yılı sonrası için Haziran ortalamasının 212.91 $gCm^{-2}y^{-1}$ olacağı tahmin edilmiştir. İğne yapraklı orman türleri Haziran ayı ortalamasının güncel durum Temmuz ayında 201.85 $gCm^{-2}y^{-1}$'a düşeceği tahmin edilmiştir. Geleceğe yönelik NBÜ değerinin ise Temmuz ayı için dramatik bir azalış ile 120.15 $gCm^{-2}y^{-1}$ düşeceği öngörülmüştür. Alt havza bazında orman alanları ile birlikte toplam karbon bütçesine doğrudan etki eden tarım ve mera alanlarının da ortalama NBÜ değerleri hesaplanmıştır. Körkün Alt Havzası tarım ve mera alanları yıllık NBÜ değişimleri Şekil 4.59'da verilmiştir.



Şekil 4.59. Körkün Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalamaNBÜ dağılımları.

Körkün Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ değişimleri yıl içerisinde farklılık göstermekle birlikte, her iki arazi sınıfı için de yaz ayları NBÜ değerlerinde geleceğe yönelik olarak bir azalma olacağı gözlemlenmiştir. Tarım ve mera alanları için yıl içerisindeki genel eğilimin ilkbahar aylarında artışa yönelik olduğu bu artışın Haziran ayı ile birlikte sonlanacağı belirlenmiştir. Tarım alanları güncel durum aylık maksimum NBÜ değerinin Temmuz ayında 106.21 $gCm^{-2}y^{-1}$, mera alanları için ise Haziran ayında 127.4 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu tahmin edilmiştir.

Çalışmanın NBÜ modelleme aşamasında, Körkün Alt Havzası orman, tarım ve mera alanları için elde edilen NBÜ değerleri, alanın toprak solunumu ve döküntü miktarları ile birleştirilmiş ve alt havza için toplam NBÜ bütçesi hesaplanmıştır. Alt havza güncel durum NBÜ bütçesi Çizelge 4.66, geleceğe ait bütçe ise Çizelge 4.67'de verilmiştir.

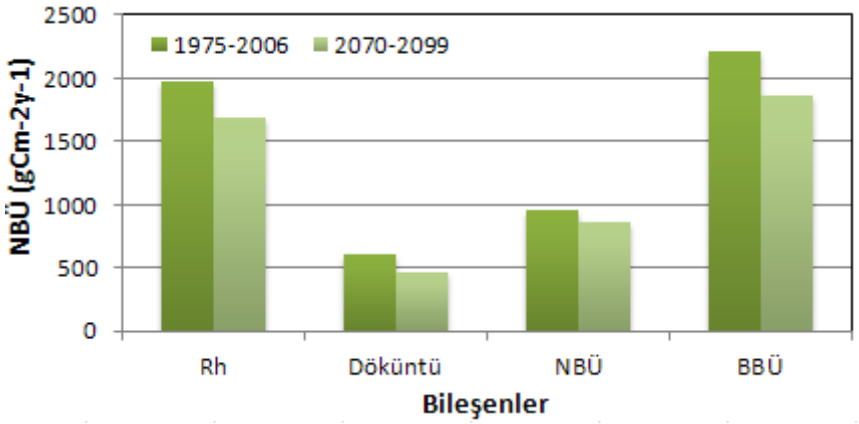
Çizelge 4.66. Körkün Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1967.74	608.71	958.42	2216.49
Tarım	692.09	-	538.38	603.38
Mera	777.25	-	607.06	672

Çizelge 4.67. Körkün Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1688.07	473.7	867.89	1861.34
Tarım	655.08	-	508.53	573.53
Mera	740.8	-	577.7	642.7

Körkün Alt Havzası arazi sınıfları arasında iğne yapraklı orman alanları için güncel durumda 2216.49 $gCm^{-2}y^{-1}$ olan BBÜ değerinin geleceğe yönelik olarak %16.02'lik azalma ile 1861.34 $gCm^{-2}y^{-1}$ olacağı tahmin edilmiştir. İğne yapraklı orman alanları için güncel durum ortalaması 608.71 $gCm^{-2}y^{-1}$ olan döküntü miktarının 145.01 $gCm^{-2}y^{-1}$ azalacağı öngörülmüştür. Alt havzadaki orman sınıfları için güncel durum ve 2070–2099 ortalamalarına ait toplam verimlilik bileşenleri Şekil 4.60'da görülmektedir.



Şekil 4.60. Körkün Alt Havzası verimlilik bileşenleri.

Körkün Alt Havzası verimlilik bileşenleri NBÜ değerlerinin geleceğe yönelik olarak genel bir azalma eğiliminde olacağı gözlemlenmiştir. Arazi sınıfları NBÜ bileşenleri temel alınarak alt havza için karbon bütçeleri de belirlenmiştir (Çizelge 4.68).

Çizelge 4.68. Körkün Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri (1 Mt = 1000000 Ton)

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Döküntü-C (1975-2006) (Mt)**	**Döküntü-C (2070-2099) (Mt)**	**NBÜ-C (1975-2006) (Mt)**	**NBÜ-C (2070-2099) (Mt)**
İğne Yapraklı Orman	223.24	0.067	0.052	0.245	0.206
Tarım	374.72	-	-	0.112	0.107
Mera	564.45	-	-	0.188	0.180
Toplam		0.067	0.052	0.546	0.493

Alt havza genelinde toplam 374.7 km^2 yayılım alanına sahip olan tarım alanlarının sahip olduğu toplam karbon miktarının güncel durum için 0.112 Mt olduğu hesaplanmıştır. Bu miktarın yaklaşık 100 yıllık süreçte 0.107 Mt'a gerileyebileceği öngörülmüştür. Mera alanlarında ise geleceğe ait karbon bütçelerinde yaklaşık 8 Mt azalma olacağı tahmin edilmiştir. Körkün Alt Havzası toplam NBÜ karbon bütçesinin güncel durum için 0.542 Mt, geleceğe yönelik ise 0.493 Mt olacağı tahmin edilmiştir. Karbon bütçesi ile birlikte çalışmada ekosistem performansının ortaya konulduğu NEV miktarları da belirlenmiştir (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.69. Körkün Alt Havzası NEV değerleri.

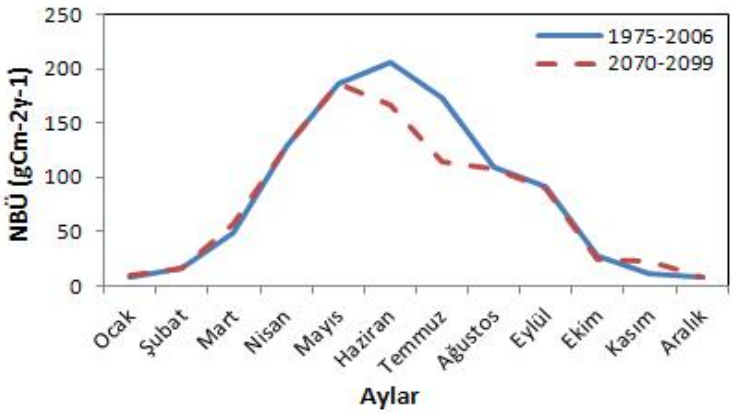
Arazi Sınıfları	**NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006**	**NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099**
İğne Yapraklı Orman	248.75	173.27
Tarım	-88	-81.5
Mera	-105.1	-98.1
Ortalama	18.2	-6.4

Körkün alt havza arazi sınıfları içerisinde NEV bakımından en verimli sınıfın iğne yapraklı orman formasyonu olduğu belirlenmiştir. Alt havza iğne yapraklı orman toplam NEV miktarının güncel durum için 248.7 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu hesaplanmıştır. Bu miktarın gelecekte 173.2 $gCm^{-2}y^{-1}$'a gerileyeceği belirlenmiştir. Bununla birlikte tarım ve mera alanlarında yaklaşık 7 $gCm^{-2}y^{-1}$ artış olacağı tahmin edilmiştir. Bu değerler temel alındığında, Körkün Alt Havzasında iklim değişikliğine bağlı olarak belirgin bir verimlilik azalışı olabileceği ortaya konulmuştur.

4.3.3.6. Sarıahmetli Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

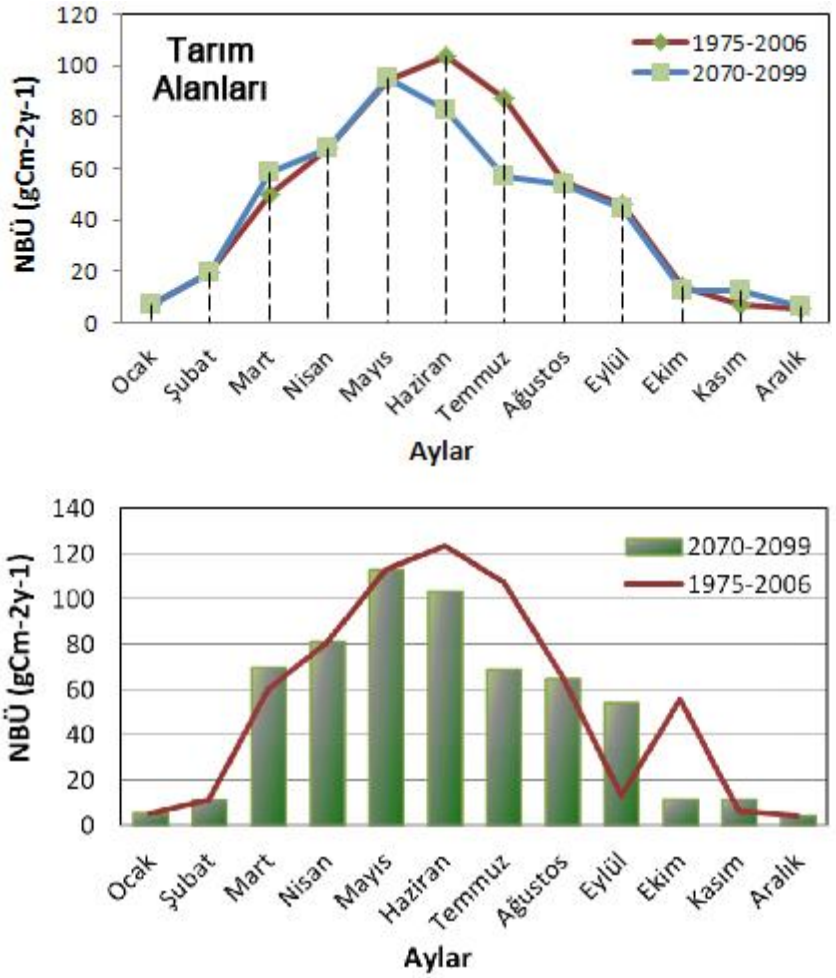
Seyhan Üst-Havzası'nın güneyinde yer alan Sarıahmetli Alt Havzasında kızılçam, karaçam ve ardıç türleri saf olarak, sedir türleri ise karışık meşcere tipinde dağılım göstermektedir. Alt havzada kızılçam türleri 255.99 km^2 ile alanın yaklaşık %33'ünde yayılım göstermektedir. Ardıç türleri alanın %19.06'nda yayılım göstermektedir. Kızılçam ve ardıç türlerinin bir arada yayılım gösterdiği karışık meşcere sınıfı 73.72 km^2 alanı kaplamaktadır.

Sarıahmetli Alt Havzası için NBÜ modelleme uygulaması iğne yapraklı ormanlarda formasyon bazında gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte alt havza tarım ve mera alanlarının da güncel durum ve geleceğe yönelik NBÜ bütçeleri de belirlenmiştir. Alt havza iğne yapraklı orman formasyonları aylık ortalama NBÜ dağılımları Şekil 4.61'de verilmiştir.



Şekil 4.61. Sarıahmetli Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Sarıahmetli Alt Havzası iğne yapraklı ormanları güncel durum için yıl içerisinde en düşük NBÜ değeri Ocak ayında en yüksek değeri ise Haziran ayında gözlemlenmiştir. İğne yapraklı orman alanları için geleceğe yönelik olarak yaz aylarında azalma olacağı saptanmıştır. Kış aylarında ise iklim değişikliğine bağlı olarak gözlemlenen sıcaklık artışının NBÜ artışına da neden olduğu ortaya konmuştur. İğne yapraklı orman alanları ile birlikte çalışmada tarım ve mera alanlarına ait yıllık NBÜ değişimleri de hesaplanmıştır (Şekil 4.62).



Şekil 4.62. Sarıahmetli Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Alt havza NBÜ değişimleri incelendiğinde, yaz ayları için iğne yapraklı orman formasyonlarında saptanan NBÜ azalmasının tarım ve mera alanları için de

gerçekleşeceği belirlenmiştir. Güncel durum NBÜ miktarının tarım alanlarında Haziran ayında 103.47 $gCm^{-2}y^{-1}$ ile en yüksek değerine ulaşacağı hesaplanmıştır. Bu değerin mera alanları için ise 123.4 $gCm^{-2}y^{-1}$olacağı saptanmıştır. Alt havza mera alanlarında geleceğe yönelik verimliliğin yılın ilk dört ayında küçük bir artış göstereceği saptanmıştır. Çalışmanın NBÜ modelleme aşamasında, Sarıahmetli Alt Havzası orman, tarım ve mera alanları için elde edilen NBÜ değerleri, alanın toprak solunumu ve döküntü miktarları ile birleştirilmiş ve alt havza için toplam NBÜ bütçesi hesaplanmıştır. Alt havza güncel durum NBÜ bütçesi Çizelge 4.70, geleceğe ait bütçe ise Çizelge 4.71'de verilmiştir.

Çizelge 4.70. Sarıahmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	**R_h (gCm^2y^{-1})**	**Döküntü (gCm^2y^{-1})**	**NBÜ (gCm^2y^{-1})**	**BBÜ (gCm^2y^{-1})**
İğne Yapraklı Orman	2145.6	694.6	1015.96	2442.51
Tarım	692.09	-	538.38	603.38
Mera	824.3	-	645.01	710

Çizelge 4.71. Sarıahmetli Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	**R_h (gCm^2y^{-1})**	**Döküntü (gCm^2y^{-1})**	**NBÜ (gCm^2y^{-1})**	**BBÜ (gCm^2y^{-1})**
İğne Yapraklı Orman	1774.91	480.3	931.3	1937.73
Tarım	655.08	-	508.53	573.53
Mera	767.32	-	599.05	664.1

Çalışmada alt havza arazi sınıfları için NBÜ bileşenleri temel alınarak karbon bütçeleri de belirlenmiştir (Çizelge 4.72).

Çizelge 4.72. Sarıahmetli Alt Havzası karbon (C) bütçeleri(1 Mt = 1000000 Ton)

Arazi Sınıfları	Alan (km^2)	Döküntü-C (1975-2006) (Mt)	Döküntü-C (2070-2099) (Mt)	NBÜ-C (1975-2006) (Mt)	NBÜ-C (2070-2099) (Mt)
İğne Yapraklı Orman	376.5	0.13	0.09	0.456	0.362
Tarım	295.9	-	-	0.089	0.084
Mera	26.82	-	-	0.009	0.008
Toplam	699.25	0.13	0.09	0.554	0.455

Sarıahmetli Alt Havzası yaklaşık 766 km^2 bir alanı kaplamaktadır. NBÜ modelleme uygulaması bu alanın 699.25 km^2 bölümünde gerçekleştirilmiştir. Alanda güncel durum için tutulan 0.55 Mt karbonun 0.13 Mt kısmı toprak üstü döküntülerinde depolanmaktadır. Depolanan döküntü karbon miktarının 2070 yılı sonrası için 0.09 Mt'a düşeceği hesaplanmıştır. Alt havza toplam karbon bütçesinin ise iklim değişikliğinin etkileri altında geleceğe yönelik olarak yaklaşık %18 azalma ile 0.45 Mt'a düşeceği hesaplanmıştır. Sarıahmetli Alt Havzasında güncel durum ve geleceğe ait olarak en fazla karbon tutma potansiyeline sahip arazi sınıfının iğne yapraklı orman formasyonu olduğu saptanmıştır. Karbon bütçesi ile birlikte çalışmada alt havza için ekosistem performansının ortaya konulduğu NEV miktarları da belirlenmiştir (Çizelge 4.73).

Çizelge 4.73. Sarıahmetli Alt Havzası NEV değerleri.

Arazi Sınıfları	NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006	NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099
İğne Yapraklı Orman	296.8	162.8
Tarım	-93.1	83.8
Mera	-114.3	-103.2
Ortalama	89.4	-24.2

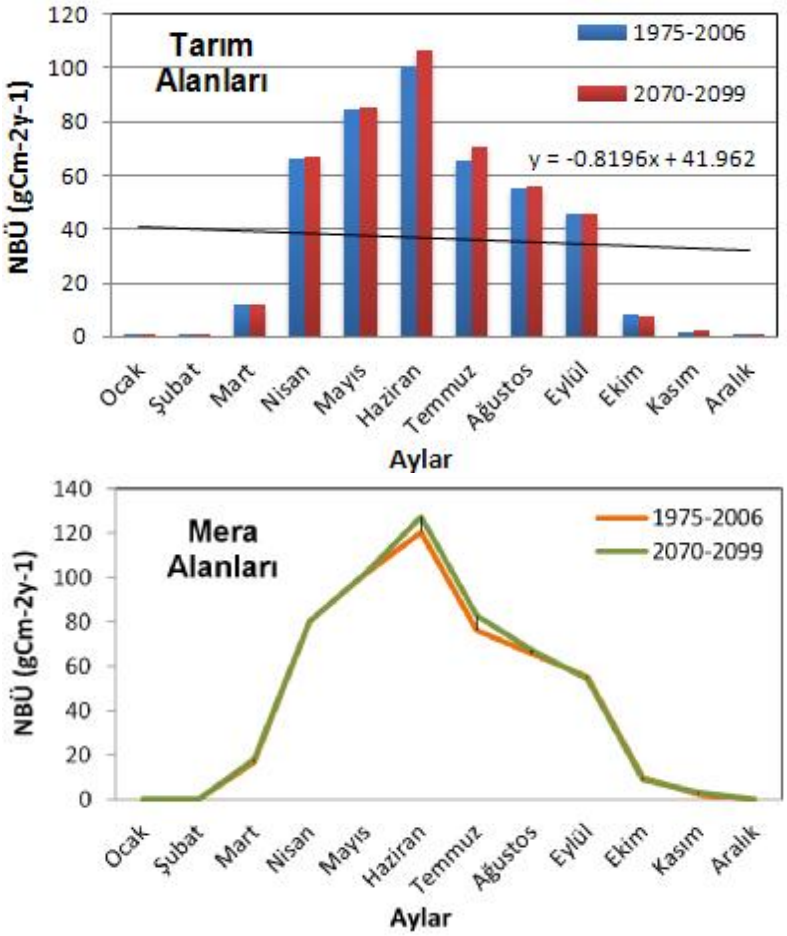
Sarıahmetli Alt Havzası 1975-2006 yıl aralığı yıllık ortalama NEV değeri 89.4 $gCm^{-2}y^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerin geleceğe yönelik olarak iklim değişikliğinin etkileri altında yaklaşık 110 $gCm^{-2}y^{-1}$ azalacağı tahmin edilmiştir. Alt

havza için NEV bakımından en verimli sınıfın iğne yapraklı orman formasyonları olduğu belirlenmiştir. Alt havzada en fazla NEV azalışının iğne yapraklı ormanlarda olacağı da hesaplanmıştır. Bu büyük verimlilik azalışının, havzanın konumu ve ortalama yüksekliği değerlendirildiğinde sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşebileceği tahmin edilmiştir. Modelleme sonuçlarına göre alt havza iğne yapraklı orman formasyonlarının karbon tutma potansiyeli bakımından yutak özelliği gösterdiği saptanmıştır.

4.3.3.7. Emeğli Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

Emeğli Alt Havzası arazi sınıfları bakımından çalışma alanında en az arazi sınıf çeşitliliğine sahip alt havzadır. Alt havzada orman alanı bulunmamaktadır. Bu nedenle alanda NBÜ modelleme uygulaması tarım ve mera alanları için gerçekleştirilmiştir. Alt havza tarım ve mera alanları güncel durum ve geleceğe ait yıllık toplam NBÜ dağılımları Şekil 4.63'te görülmektedir.

Alt havza için tarım ve mera alanları değerlendirildiğinde, iklim değişikliğinin etkileri altında her iki arazi sınıfı NBÜ miktarlarında genel bir azalma olacağı gözlemlenmiştir. Yıl içerisinde NBÜ değişimlerinin yaz aylarında daha fazla olacağı ortaya konulmuştur. Emeğli Alt Havzası güncel durum ve geleceğe ait yıllık toplam NBÜ miktarları Çizelge 4.74'te verilmiştir.



Şekil 4.63. Emeğli Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Çizelge 4.74. Emeğli Alt Havzası NBÜ bütçeleri.

Arazi Sınıfları	NBÜ (gCm^2y^{-1}) 1975-2006	BBÜ (gCm^2y^{-1}) 1975-2006	NBÜ (gCm^2y^{-1}) 2070-2099	BBÜ (gCm^2y^{-1}) 2070-2099
Tarım	439.61	504.61	452.68	517.68
Mera	529.8	594.2	545.4	610.4

Emeğli Alt Havzası NBÜ modelleme uygulamasında, tarım alanları için güncel durum NBÜ miktarının 439.61 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu tahmin edilmiştir. Bu miktarın öngörülen iklim değişikliği altında 2070 yılı sonrası için yaklaşık 14 $gCm^{-2}y^{-1}$ artış göstereceği tahmin edilmiştir. Güncel durum BBÜ miktarının ise tarım alanlarında 504.61 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu hesaplanmıştır. Arazi sınıfları NBÜ miktarları baz alınarak Emeğli Alt Havzası için toplam karbon bütçeleri de hesaplanmıştır (Çizelge 4.75).

Çizelge 4.75. Emeğli Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri(1 Mt = 1000000 Ton)

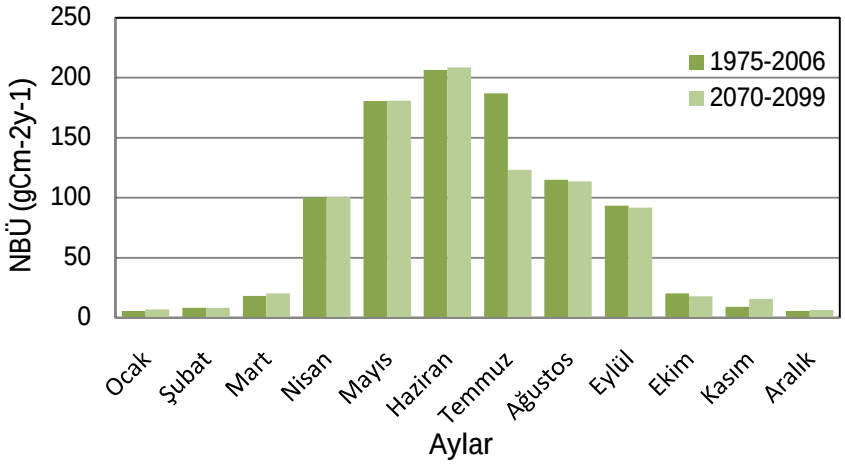
Arazi Sınıfları	Alan (km^2)	NBÜ-C (1975-2006) (Mt)	NBÜ-C (2070-2099) (Mt)
Tarım	892.01	0.223	0.229
Mera	1218.0	0.359	0.369
Toplam	2110.0	0.582	0.598

Emeğli Alt Havzasında tarım alanlarında depolanan toplam karbon miktarının güncel durum için 0.223 Mt, olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın iklim değişikliğinin etkisi altında 0.06 Mt artış ile 2070-2099 yıl ortalamasının 0.229 Mt olacağı hesaplanmıştır. Bu artışın alt havzada gerçekleşmesi öngörülen sıcaklık artışına bağlı olarak NBÜ miktarında meydana gelecek artışa bağlı olduğu tahmin edilmektedir. Alt havza toplam karbon miktarın güncel durumda 0.582 Mt, 2070 yılı sonrası için ise 0.598 Mt olacağı hesaplanmıştır. Emeğli Alt Havzası, geleceğe yönelik olarak çalışma alanı alt havzaları arasında NBÜ ve karbon bütçelerinde artış görülmesi öngörülen tek alt havza özelliğindedir.

4.3.3.8. Eğribük Alt Havzası NBÜ Modelleme Sonuçları

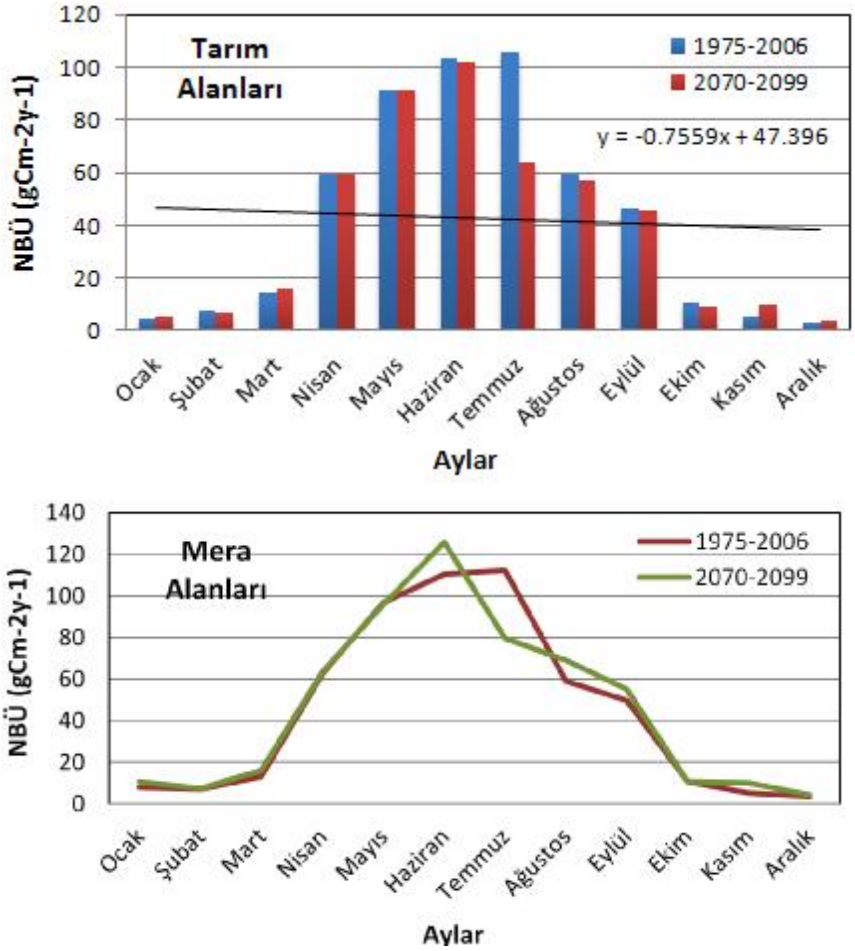
Toplam alanı 1435.93 km^2 olan alt havzada NBÜ modelleme uygulaması arazi sınıflarının yayılım gösterdiği 528.08 km^2'lik alan kapsamında gerçekleştirilmiştir. Alanda iğne yapraklı orman formasyonları ile tarım ve mera alanları yayılım göstermektedir. Eğribük Alt Havzası, Seyhan Üst-Havzası'ndaki konumu ile karbon-su etkileşiminin belirlenmesi konusunda en önemli alt havzalardan birisidir.

Alt havzada 246.32 km^2 yayılım alanına sahip iğne yapraklı orman alanlarının 33.74 km^2 kısmı kızılçam, 48.49 km^2'lik kısmını ise karaçam türü oluşturmaktadır. Alanda 50.47 km^2 ardıç meşceresi saf olarak bulunmaktadır. Alt havzada kızılçam-karaçam-sedir-ardıç türlerinin bir arada dağılım gösterdiği karışık meşcere formasyonları 104.33 km^2'lik bir alana yayılmaktadır. İğne yapraklı orman formasyonu yılık NBÜ değişimleri Şekil 4.64'te görülmektedir.



Şekil 4.64. Eğribük Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Alt havza kapsamında, çalışma alanı genel dinamiklerine paralel olarak yaz aylarında yıllık NBÜ potansiyelinde belirgin bir azalma olacağı göze çarpmaktadır. Bu azalmanın özellikle Haziran ayı ile başlayacağı ve azalmanın yıl sonuna kadar devam edeceği tahmin edilmiştir. Geleceğe yönelik olarak en fazla NBÜ azalmasının Temmuz ayında gerçekleşebileceği öngörülmüştür. Kış ayları ortalama NBÜ miktarının güncel durum için 5 ile 9 $gCm^{-2}y^{-1}$olduğu hesaplanmıştır. NBÜ modelleme aşamasında iğne yapraklı orman formasyonları ile birlikte tarım ve mera alanlarının güncel ve geleceğe ait yıllık NBÜ değişimleri de hesaplanmıştır (Şekil 4.65).



Şekil 4.65. Eğribük Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Eğribük Alt Havzası tarım ve mera alanları NBÜ miktarları Mart ayı ile birlikte artış göstermekte ve bu artış Haziran ayında en yüksek düzeye ulaşmaktadır. Geleceğe yönelik olarak en fazla azalmanın ise Temmuz ayında meydana geleceğe belirlenmiştir. Alt havza arazi sınıfları yıllık toplam NBÜ miktarları Çizelge 4.76 ve 4.77'de görülmektedir.

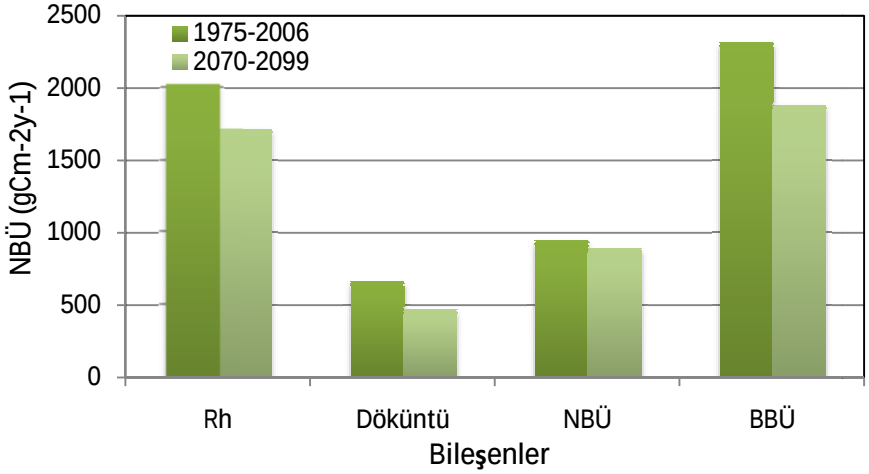
Çizelge 4.76. Eğribük Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	2025.1	663.54	949.85	2315.39
Tarım	656.64	-	509.79	574.79
Mera	692.3	-	538,6	603,6

Çizelge 4.77. Eğribük Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1718.4	472.04	894.04	1884.24
Tarım	606.92	-	469.69	534.69
Mera	704,6	-	548,54	613,54

Eğribük Alt Havzası güncel durum NBÜ miktarının iğne yapraklı ormanlar için yıllık toplam 949.85 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu hesaplanmıştır. Geleceğe yönelik NBÜ tahmininde bu miktarın yaklaşık 55$gCm^{-2}y^{-1}$azalma ile 894.04 $gCm^{-2}y^{-1}$olacağı tahmin edilmiştir. Alt havzadaki tarım ve mera alanlarının da dahil edilmesiyle alandaki yıllık toplam NBÜ miktarının ise güncel durum için 666.08 $gCm^{-2}y^{-1}$olduğu hesaplanmıştır. Bu miktarda 2070 yılı ve sonrasına ait ortalama -29 $gCm^{-2}y^{-1}$azalma olacağı tahmin edilmiştir. Bu kapsamda alt havza geleceğe yönelik NBÜ miktarının 637,42$gCm^{-2}y^{-1}$olacağı öngörülmüştür. Eğribük Alt Havzası orman arazi sınıflarına ait yıllık toplam NBÜ miktarları baz alınarak hazırlanan verimlilik bileşenleri grafiği Şekil 4.66'da verilmiştir.



Şekil 4.66.Eğribük Alt Havzası verimlilik bileşenleri.

Çalışmanın NBÜ modelleme aşamasında Eğribük Alt Havzası için de karbon bütçeleri hesaplanmıştır. Karbon bütçelerinin hesaplanmasında arazi sınıflarına ait

NBÜ miktarları baz alınmış ve her bir arazi sınıfına ait karbon miktarları hesaplanmıştır (Çizelge 4.78).

Çizelge 4.78. Eğribük Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri

Arazi Sınıfları	Alan (km^2)	Döküntü-C (1975-2006) (Mt)	Döküntü-C (2070-2099) (Mt)	NBÜ-C (1975-2006) (Mt)	NBÜ-C (2070-2099) (Mt)
İğne Yapraklı Orman	246.32	0.081	0.058	0.283	0.230
Tarım	93.76	-	-	0.027	0.025
Mera	188.0	-	-	0.056	0.057
Toplam	528.08	0.081	0.058	0.366	0.312

Alt havzada karbon bakımından en zengin arazi sınıfının güncel durum ve geleceğe yönelik olarak iğne yapraklı orman formasyonu olduğu belirlenmiştir. Mera alanları da güncel durum için yıllık toplam 0.56 Mt karbon tutabilme potansiyeline sahiptir. Alandaki tüm karbon bütçesi değerlendirildiğinde geleceğe yönelik olarak yaklaşık 0.54 Mt karbon azalması olacağı tahmin edilmiştir. Karbon bütçeleri ile birlikte sınıf bazında NEV değerleri de Çizelge 4.79'da görülmektedir.

Çizelge 4.79. Eğribük Alt Havzası NEV değerleri.

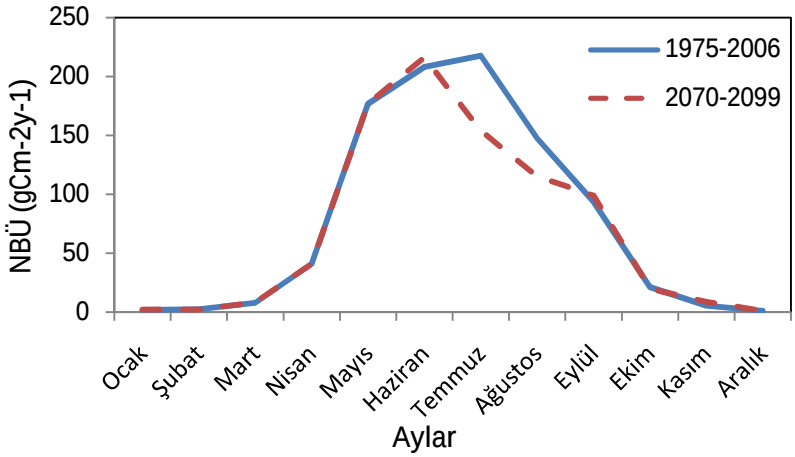
Arazi Sınıfları	NEV (gC $m^{-2}y^{-1}$) 1975-2006	NEV (gC $m^{-2}y^{-1}$) 2070-2099
İğne Yapraklı Orman	290.28	168.8
Tarım	-81.85	-72.23
Mera	-88.7	-91.1
Ortalama	119.6	2.4

Eğribük Alt Havzası arazi sınıfları içerisinde NEV bakımından en fazla azalmanın iğne yapraklı orman formasyonunda olacağı öngörülmüştür. Bununla birlikte genel NEV potansiyelinde bir azalma olacağı tahmin edilmiştir. Bu azalmaya rağmen alan arazi sınıflarının yutak özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

4.3.3.9. Değirmenocağı Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Seyhan Üst-Havzası'nın en büyük Alt Havzası olma özelliğini taşıyan Değirmenocağı Alt Havzasının büyük bölümünde mera ve tarım alanları yayılım göstermektedir. Alt havzanın güney bölümünde kısıtlı miktarda iğne yapraklı orman alanları da yer almaktadır.

Alt havzada toplam 149.94 km^2 iğne yapraklı orman alanı bulunmaktadır. Bu formasyonun %32'lik kısmını kızılçam, %31'lik kısmını ise sedir meşcereleri oluşturmaktadır. Formasyonun yaklaşık %30'luk kısmında ise karaçam-sedir-göknar meşcereleri karışık olarak bulunmaktadır. İğne yapraklı orman formasyonuna ait aylık NBÜ dağılımları Şekil 4.67'de görülmektedir.



Şekil 4.67. Değirmenocağı Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Alt havza iğne yapraklı orman alanları verimlilik dağılımı Mart ayı ile birlikte sıcaklık artışına paralel olarak artmaktadır. Bu artış Değirmenocağı Alt Havzası ormanları için güncel durumda Temmuz ayında sonlanmaktadır. 2070-2099 yıl ortalaması için ise bu artışın iklim değişikliğinin etkileri altında Haziran ayında sonlanacağı tahmin edilmiştir. Alt havza genel durumunda ise geleceğe yönelik olarak yaz aylarında belirgin bir verimlilik azalması olacağı öngörülmüştür. Çalışmada tarım ve mera alanları da dahil edilerek güncel durum (Çizelge 4.80) ve geleceğe yönelik olarak (Çizelge 4.81) toplam NBÜ potansiyeli hesaplanmıştır.

Çizelge 4.80. Değirmenocağı Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	2056.5	713.9	924.81	2389.19
Tarım	722.26	-	562.71	627.71
Mera	805.5	-	629.9	694.9

Çizelge 4.81. Değirmenocağı Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1615.8	485.4	845.37	1768.73
Tarım	620.53	-	480.67	545.67
Mera	731.42	-	570.1	635.1

Alt havza arazi sınıfları ortalaması yıllık toplam NBÜ miktarının güncel durum için 705.8 $gCm^{-2}y^{-1}$ olduğu hesaplanmıştır. Bu miktarda 2070 yılı ve sonrası ortalamaları dikkate alındığında %10'luk bir azalma olacağı tahmin edilmiştir. Alt havza genelinde verimlilik bileşenleri içerisinde en fazla azalmanın ise iğne yapraklı orman formasyonu döküntü miktarlarında olacağı öngörülmüştür.

NBÜ modelleme sürecinde alt havza arazi sınıfları için yıllık toplam NBÜ miktarları temel alınarak karbon bütçeleri de hesaplanmıştır (Çizelge 4.82).

Çizelge 4.82. Değirmenocağı Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri

Arazi Sınıfları	Alan (km^2)	Döküntü-C (1975-2006) (Mt)	Döküntü-C (2070-2099) (Mt)	NBÜ-C (1975-2006) (Mt)	NBÜ-C (2070-2099) (Mt)
İğne Yapraklı Orman	149.9	0.053	0.033	0.178	0.132
Tarım	2569.9	-	-	0.759	0.660
Mera	2439.6	-	-	0.886	0.809
Toplam	5159.4	0.053	0.033	1.823	1.601

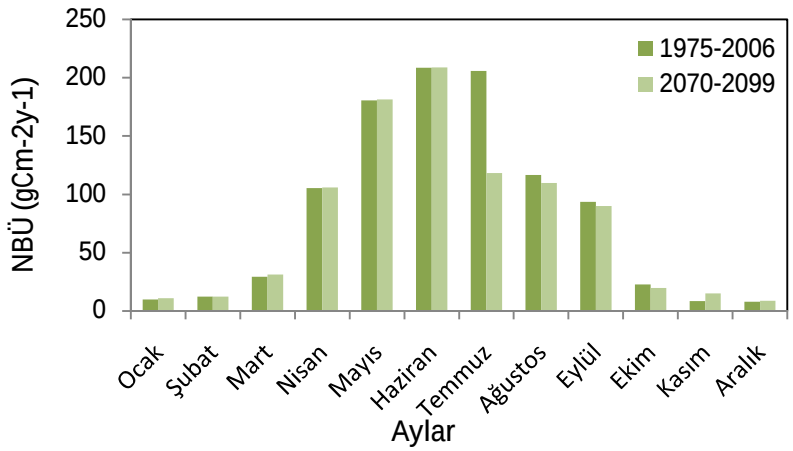
Değirmenocağı Alt Havzası, sahip olduğu yüz ölçümü bakımından çalışma alanı karbon bütçesine en fazla katkı sağlayan alt havzadır. Alt havzada bulunan mera alanlarının güncel durum yıllık toplam karbon miktarı 0.886 Mt'dur. Alt havza

toplam karbon miktarının ise 1.823 Mt olduğu hesaplanmıştır. Geleceğe yönelik olarak bu miktarda 222 Mt azalma olabileceği tahmin edilmiştir. Bu azalma ile alt havza karbon bütçelerinde iklim değişikliğinin etkisi ile azalma olacağı öngörülmüştür.

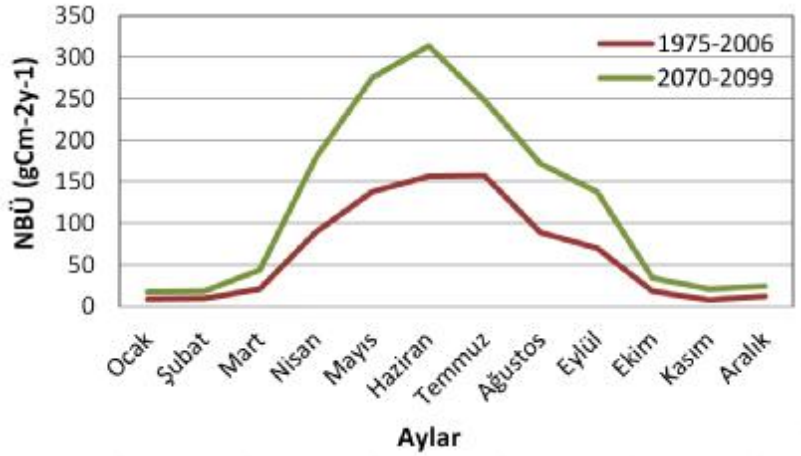
4.3.3.10. Salbaş Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Çalışma alanındaki konumu ile Salbaş Alt Havzası, barajlar bölgesine yakın olmakla birlikte bu bölgede özellikle sahip olduğu iğne yapraklı orman formasyonu ile verimlilik açısından önem taşımaktadır. Alt havzada heterojen olarak dağılmış 371.22 km^2 iğne yapraklı orman alanı bulunmaktadır.

Alt havza orman alanlarının 51.78 km^2 kısmını kızılçam, 58.23 km^2 kısmını ise karaçam meşceresi oluşturmaktadır. Orman alanlarının yüzde %8'ini sedir, %18'ini ise saf ardıç meşceresi oluşturmaktadır. Kızılçam-karaçam-sedir-göknar türlerinin bir arada dağılım gösterdiği karışık meşcere alanda heterojen olarak 165.8 km^2 yayılım alanına sahiptir. NBÜ modelleme uygulaması ile Salbaş Alt Havzası iğne yapraklı orman formasyonu NBÜ değerleri aylık olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.68). İğne yapraklı orman alanları ile birlikte alt havza tarım ve mera alanlarına ait ayılık NBÜ değerleri de ortaya konulmuştur (Şekil 4.69). Alt havza arazi sınıflarına ait yıllık toplam NBÜ miktarları Çizelge 4.83 ve 4.84'te görülmektedir.



Şekil 4.68. Salbaş Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.



Şekil 4.69. Salbaş Alt Havzası mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Salbaş Alt Havzası iğne yapraklı orman alanlarında 2070-2099 yılları ortalaması ile güncel durum karşılaştırıldığında NBÜ potansiyelinde bir azalma olacağı gözlemlenmiştir. Yıl içerisinde en belirgin azalmanın ise Temmuz ayında olacağı ortaya konulmuştur. Alt havza mera alanlarında da geleceğe yönelik olarak büyük bir azalma olacağı tahmin edilmiştir.

Çizelge 4.83. Salbaş Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	2098.8	671.1	1001.78	2382.16
Tarım	715.90	-	557.58	622.58
Mera	987.3	-	776.5	841.5

Çizelge 4.84. Salbaş Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1745.9	475.7	912.46	1910.01
Tarım	665.43	-	516.88	581.88
Mera	902.3	-	707.9	772.9

Alt havza yıllık toplam NBÜ miktarının güncel durumda ortalama 778.6 $gCm^{-2}y^{-1}$olduğu hesaplanmıştır. BBÜ miktarının ise 1282.08 $gCm^{-2}y^{-1}$olduğu tahmin

edilmiştir. Alt havza arazi sınıflarının genel dinamikleri temel alındığında geleceğe ait NBÜ miktarının ise 712.4 $gCm^{-2}y^{-1}$olacağı öngörülmüştür. Bu kapsamda alt havza NBÜ potansiyelinde %8.5 azalma olabileceği hesaplanmıştır. NBÜ ve BBÜ potansiyeli temel alınarak Salbaş Alt Havzası karbon potansiyeli de belirlenmiş ve çalışma alanı karbon bütçesi hesaplama sürecine dahil edilmiştir (Çizelge 4.85).

Çizelge 4.85. Salbaş Alt Havzası karbon (C) bütçeleri

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Döküntü-C (1975-2006) (Mt)**	**Döküntü-C (2070-2099) (Mt)**	**NBÜ-C (1975-2006) (Mt)**	**NBÜ-C (2070-2099) (Mt)**
İğne Yapraklı Orman	371.2	0.124	0.088	0.439	0.352
Tarım	162.4	-	-	0.050	0.047
Mera	116.9	-	-	0.049	0.045
Toplam	650.5	0.124	0.088	0.537	0.443

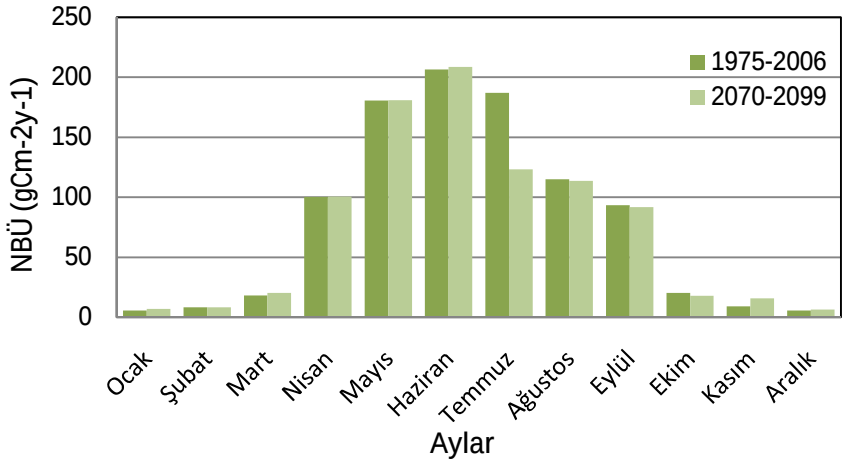
Salbaş Alt Havzasında 1975-2006 yıl aralığı uzun yıl ortalaması için yıllık toplam 0.537 Mt karbon depolandığı hesaplanmıştır. İğne yapraklı orman formasyonunda depolanan karbon miktarının ise 0.124 Mt olduğu belirlenmiştir. Alt havzada verimlilik azalmasına paralel olarak karbon bütçelerinde de geleceğe yönelik olarak azalma olacağı belirlenmiştir. Bu kapsamda alt havza orman, tarım ve mera alanlarının performansında genel bir azalma olacağı ve bu azalmanın iklim değişikliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkabileceği tahmin edilmiştir.

Salbaş Alt Havzası iğne yapraklı orman formasyonunda güncel durum için 283.27 $gCm^{-2}y^{-1}$olan NEV miktarının da geleceğe yönelik olarak 164.08 $gCm^{-2}y^{-1}$'a düşeceği hesaplanmıştır. Miktardaki bu azalma ile birlikte alandaki ormanların karbon tutma yeteneğini geleceğe yönelik olarak sürdüreceği belirlenmiştir. Alt havzadaki mera alanlarının ise karbon deposu özelliği taşıdığı belirlenmiştir.

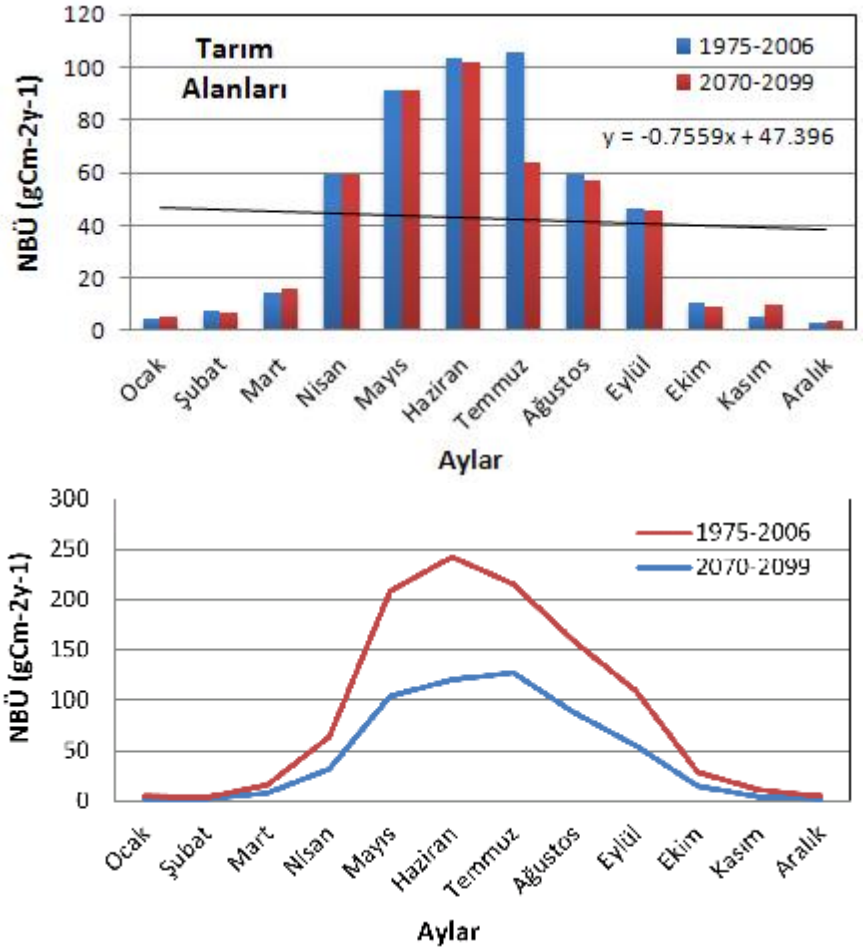
4.3.3.11. Oruç Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Çalışma alanı genelinde yükselti ortalaması en fazla alt havzalardan birisi olan Oruç Alt Havzasının büyük bölümü açık alan ve çıplak kayalıklardan oluşmaktadır. Sahip olduğu jeolojik yapı ile hidrolojik modelleme için önemli bir uygulama alanı özelliği taşıyan alt havzada kısıtlı miktarda orman alanları yayılım göstermektedir.

Alt havzada geniş yapraklı orman alanın bulunmamakla birlikte, iğne yapraklı orman formasyonu 120.37 km^2 yayılım alanına sahiptir. Bu yayılım alanının 34.02 km^2 kısmı kızılçam, 27.49 km^2 kısmı karaçam meşcerelerinden oluşmaktadır. Alt havzanın güneyinde saf sedir meşceresi tüm formasyonun %11'ini, ardıç meşceresi ise %14'ünü oluşturmaktadır. Alanda karaçam-göknar-kızılçam-ardıç türlerinin bir arada yayılım gösterdiği karışık meşcere sınıfı da yer almaktadır. Oruç Alt Havzası iğne yapraklı orman formasyonu NBÜ modelleme sonuçlarının aylık dağılımları Şekil 4.70'de verilmiştir. Oruç Alt Havzasında iğne yapraklı ormanlar ile birlikte tarım ve mera alanları için de aylık NBÜ dağılımları hesaplanmıştır (Şekil 4.71).



Şekil 4.70. Oruç Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.



Şekil 4.71. Oruç Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Oruç Alt Havzası arazi sınıflarının aylık NBÜ değişimleri, alt havzada yaz aylarında verimliliğin arttığı ve bu artışın sonbahar aylarında sonlandığını göstermiştir. Geleceğe yönelik olarak ise alt havza NBÜ değişiminde genel bir azalma olacağı tahmin edilmiştir. Tarım alanları NBÜ miktarının güncel durum için yıl içerisinde 3.36 ile 105.7 $gCm^{-2}y^{-1}$ arasında değişeceği hesaplanmıştır. Bu değer aralığının mera alanları için ise 2.36 ile 127.29 $gCm^{-2}y^{-1}$arasında olacağı belirlenmiştir. Alt havza verimlilik bileşenleri için yıllık toplam NBÜ bütçeleri Çizelge 4.86 ve Çizelge 4.87'de verilmiştir.

Çizelge 4.86. Oruç Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1899.7	671.1	841.16	2221.54
Tarım	545.44	-	420.11	485.11
Mera	717.5	-	558.9	623.9

Çizelge 4.87. Oruç Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	R_h (gCm^2y^{-1})	Döküntü (gCm^2y^{-1})	NBÜ (gCm^2y^{-1})	BBÜ (gCm^2y^{-1})
İğne Yapraklı Orman	1582.7	475.7	780.84	1778.39
Tarım	513.23	-	394.14	459.14
Mera	1072.06	-	844.81	571.8

Oruç Alt Havzası güncel durum NBÜ değeri 606.72 $gCm^{-2}y^{-1}$, BBÜ değeri ise 1110.1 $gCm^{-2}y^{-1}$ hesaplanmıştır. Alt havzanın en verimli arazi sınıfının ise iğne yapraklı orman alanları olduğu saptanmıştır. Alanda yayılım gösteren iğne yapraklı türler içerisinde bozuk orman alanlarının fazla olması, orman sınıfının verimliliğini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Alt havza 2070-2099 aralığı yıllık ortalama NBÜ miktarının ise 560.59 $gCm^{-2}y^{-1}$ hesaplanmıştır. Bu değerler, Oruç Alt Havzasıyıllık ortalama NBÜ miktarında %7 azalma olacağını göstermektedir. Alt havza için NBÜ bileşenleri temel alınarak sınıf bazında karbon bütçeleri de hesaplanmıştır (Çizelge 4.88).

Çizelge 4.88. Oruç Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri

Arazi Sınıfları	Alan (km^2)	Döküntü-C (1975-2006) (Mt)	Döküntü-C (2070-2099) (Mt)	NBÜ-C (1975-2006) (Mt)	NBÜ-C (2070-2099) (Mt)
İğne Yapraklı Orman	120.3	0.40	0.28	0.133	0.106
Tarım	52.1	-	-	0.013	0.012
Mera	134.1	-	-	0.041	0.038
Toplam	306.6	0.40	0.28	0.187	0.156

Oruç Alt Havzası güncel durum karbon bütçesi 0.227 Mt hesaplanmıştır. Bu miktarın 0.40 Mt kısmının iğne yapraklı orman formasyonu toprak üstü döküntülerinde depolandığı tahmin edilmiştir. Alt havzada geleceğe yönelik karbon bütçesinin ise 0.184 Mt olacağı öngörülmüştür. Model sonuçları temel alındığında Oruç Alt Havzası karbon bütçelerinde %19 azalma olacağı hesaplanmıştır. Karbon bütçeleri ile birlikte alt havza NEV miktarı da belirlenmiştir (Çizelge 4.89).

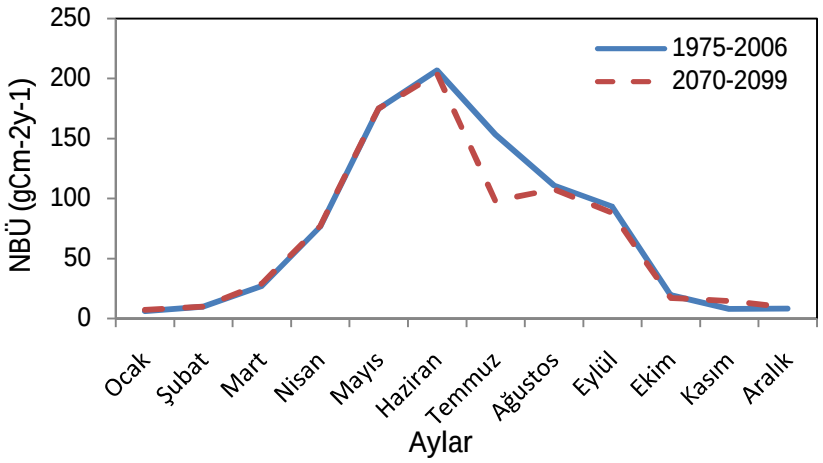
Çizelge 4.89. Oruç Alt Havzası NEV değerleri.

Arazi Sınıfları	**NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006**	**NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099**
İğne Yapraklı Orman	321.82	195.67
Tarım	-60.33	-54.09
Mera	-93.6	-81.1
Ortalama	167.8	60.44

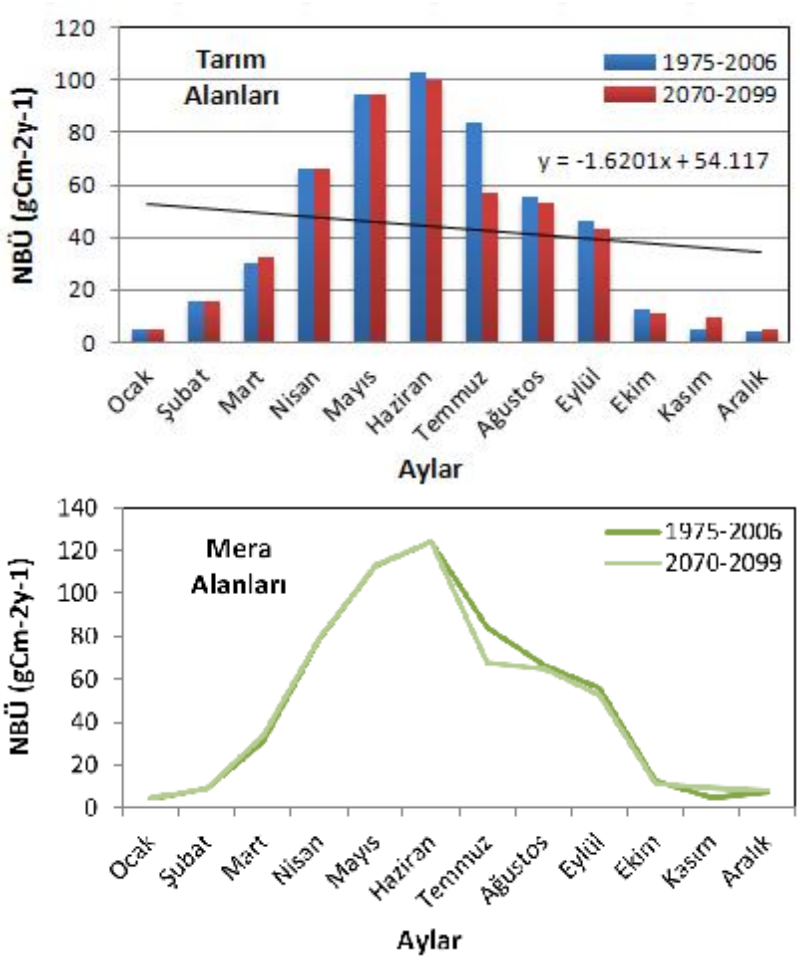
Alt havza NEV miktarı, güncel durum için 167.8 $gCm^{-2}y^{-1}$, geleceğe yönelik olarak ise 60.44 $gCm^{-2}y^{-1}$hesaplanmıştır. Bu değerler alt havza verimlilik performansında azalma olacağını göstermekle birlikte, alt havza arazi örtüsünün karbon tutma yeteneğini geleceğe yönelik olarak ta sürdüreceğini göstermiştir.

4.3.3.12. Kılıçmehmet Alt Havzası Modelleme Sonuçları

Kılıçmehmet Alt Havzasının %42.5'lik kısmında iğne yapraklı orman alanları yayılım göstermektedir. Alanın 261.75'lik kısmını ise tarım ve mera alanları oluşturmaktadır. Alanda geniş yapraklı türler bulunmamaktadır. İğne yapraklı orman formasyonunda, 104.58 km^2 kızılçam türü bulunmaktadır. Karaçam-göknar-sedir-ardıç türlerinin toplam yayılım alanı ise 95.12 km^2'dir. Orman, tarım ve mera alanları için aylık bazda hesaplanmıştır. İğne yapraklı orman formasyonu aylık ortalama NBÜ dağılımları Şekil 4.72'de, tarım ve mera alanları ise Şekil 4.73'de görülmektedir.



Şekil 4.72. Kılıçmehmet Alt Havzası iğne yapraklı orman aylık ortalama NBÜ dağılımları.



Şekil 4.73. Kılıçmehmet Alt Havzası tarım ve mera alanları aylık ortalama NBÜ dağılımları.

Kılıçmehmet Alt Havzası arazi sınıfları aylık NBÜ dağılımları, geleceğe yönelik olarak yıl içerisinde genel bir azalma olacağını göstermiştir. Sınıf düzeyinde en fazla azalmanın ise Temmuz ayında gerçekleşeceği belirlenmiştir.

NBÜ modelleme uygulaması ile Kılıçmehmet Alt Havzasına ait güncel durum (Çizelge 4.90) ve 2070-2099 aralığı (Çizelge 4.91) yıllık toplam NBÜ bütçeleri, arazi sınıfı bazında hesaplanmıştır.

Çizelge 4.90. Kılıçmehmet Alt Havzası NBÜ bütçeleri (1975-2006).

Arazi Sınıfları	**R_h (gCm^2y^{-1})**	**Döküntü (gCm^2y^{-1})**	**NBÜ (gCm^2y^{-1})**	**BBÜ (gCm^2y^{-1})**
İğne Yapraklı Orman	1960.6	650.1	895.1	2234.30
Tarım	673.06	-	523.03	588.03
Mera	758.8	-	592.2	657.2

Çizelge 4.91. Kılıçmehmet Alt Havzası NBÜ bütçeleri (2070-2099).

Arazi Sınıfları	**R_h (gCm^2y^{-1})**	**Döküntü (gCm^2y^{-1})**	**NBÜ (gCm^2y^{-1})**	**BBÜ (gCm^2y^{-1})**
İğne Yapraklı Orman	1683.06	501.2	836.35	1883.70
Tarım	636.03	-	493.17	558.17
Mera	742.2	-	578.8	648.8

Alt havza iğne yapraklı orman formasyonu NBÜ miktarında geleceğe yönelik olarak yaklaşık 59 $gCm^{-2}y^{-1}$azalma olacağı belirlenmiştir. Alt havza tarım alanlarında da iklim değişikliğinin etkileri altında genel bir azalma olacağı, model sonuçlarında görülmektedir.

Çalışmada, arazi sınıfları için NBÜ bütçeleri temel alınarak karbon bütçeleri (Çizelge 4.92) ve NEV potansiyeli de (Çizelge 4.93) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.92. Kılıçmehmet Alt Havzası Karbon (C) bütçeleri

Arazi Sınıfları	**Alan (km^2)**	**Döküntü-C (1975-2006) (Mt)**	**Döküntü-C (2070-2099) (Mt)**	**NBÜ-C (1975-2006) (Mt)**	**NBÜ-C (2070-2099) (Mt)**
İğne Yapraklı Orman	199.76	0.064	0.050	0.221	0.187
Tarım	225.1	-	-	0.066	0.062
Mera	36.57	-	-	0.012	0.011
Toplam	461.5	0.064	0.050	0.299	0.261

1975-2006 yıl aralığı için alt havzanın 461.5 km^2 dağılım gösteren arazi sınıfları kapsamında toplam karbon bütçesinin 0.363 Mt olduğu hesaplanmıştır. Bu miktarda geleceğe yönelik olarak 0.52 Mt azalma olacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.93. Kılıçmehmet Alt Havzası NEV değerleri.

Arazi Sınıfları	**NEV *(gCm-2y-1)* 1975-2006**	**NEV *(gCm-2y-1)* 2070-2099**
İğne Yapraklı Orman	293.75	200.6
Tarım	-85.03	-77.86
Mera	-101.6	-98.41
Ortalama	107.09	24.37

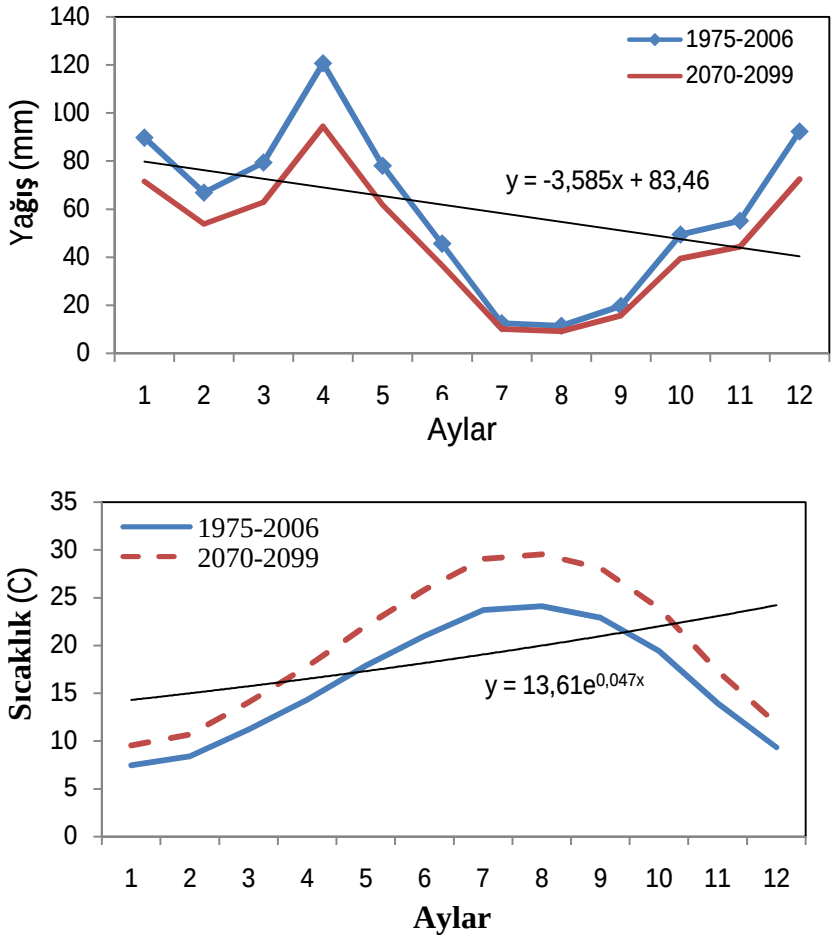
Karbon bütçesinde geleceğe yönelik gözlemlenen azalma, alt havza NEV potansiyelinde de gözlemlenmiştir. Bu kapsamda alt havza NEV miktarındaki azalmaya rağmen gelecekte yutak olma özelliğini sürdüreceği belirlenmiştir.

4.4. Seyhan Üst-Havzası Bileşenleri Etkileşim Düzeylerinin Belirlenmesi

Alt havza bazında J2000 modelinden güncel durum ve 2070 yılı için elde edilecek hidrolojik bileşenlere ait tahmin sonuçları birleştirilmiş ve Seyhan Üst-Havzası için hidrolojik bileşenleri ve toplam su bütçesine ait genel sonuçlar elde edilmiştir. Hidrolojik bileşenler ile birlikte BIOME-BGC modelinden alt havza bazında elde edilen sonuçlar da birleştirilmiş ve çalışma alanı için NBÜ ve karbon bütçeleri belirlenmiştir. Model yaklaşımlarından hidroloji ve karbon bileşenlerine ait

genel sonuçlar karşılaştırılmış ve Seyhan Üst-Havzası ekosistem bileşenleri arasındaki etkileşim düzeyleri ortaya konulmuştur.

Bölgesel ölçekte su ve karbon bileşenlerinin dağılımında havza bazında sıcaklık ve yağış rejimleri önemli yer tutmaktadır. İklim değişikliği altında 1975-2006 ve 2070-2099 yılları Seyhan Üst-Havzası sıcaklık ve yağış ortalamalarının aylık değişimleri Şekil 4.74'te verilmiştir.



Şekil 4.74. Seyhan Üst-Havzası aylık yağış ve sıcaklık ortalamaları.

Seyhan Üst-Havzası'nda iklim değişikliğinin etkisi altında GCM modelinden elde edilen tahmin sonuçlarına göre sıcaklık değerlerinde geleceğe yönelik olarak 3.83 ^{o}C artış olacağı öngörülmüştür. Havzanın 1975-2006 yılı için 16.13 ^{o}C olan ortalamasının 19.96 ^{o}C olacağı tahmin edilmiştir. Yıl içerisinde ise bu artışın aylar arasında homojen olacağı belirlenmiştir. Sıcaklık ile birlikte havzanın yağış

değerlerinde de iklim değişikliği etkisi ile değişiklik olacağı öngörülmüştür. Güncel durum için 721.95 mm olan yağış ortalamasının %21.57 azalma ile 572.59 mm olacağı tahmin edilmiştir.

Hidrolojik modelleme ve BIOME-BGC yaklaşımı ile alt havza bazında hesaplanan hidrolojik ve NBÜ bileşenlerin birleştirilmesi ile Seyhan Üst-havzası ekosistem bileşenlerinin yıllık toplam miktarları da hesaplanmıştır. Havza hidrolojik bileşenleri Çizelge 4.94, bileşen su bütçeleri ise Çizelge 4.95'te görülmektedir.

Çizelge 4.94. Seyhan Üst-Havzası hidrolojik bileşenleri yıllık toplam değerleri.

Hidrolojik Bileşenler (mm)	**1975-2006**	**2070-2099**
Yağış	721.95	572.59
ET	355.10	323.93
Yüzey Akışı	289.57	229.02
Yer altı Suyu	85.37	64.64
Toprak Suyu	113.48	89.88
İntersepsiyon	60.92	56.06

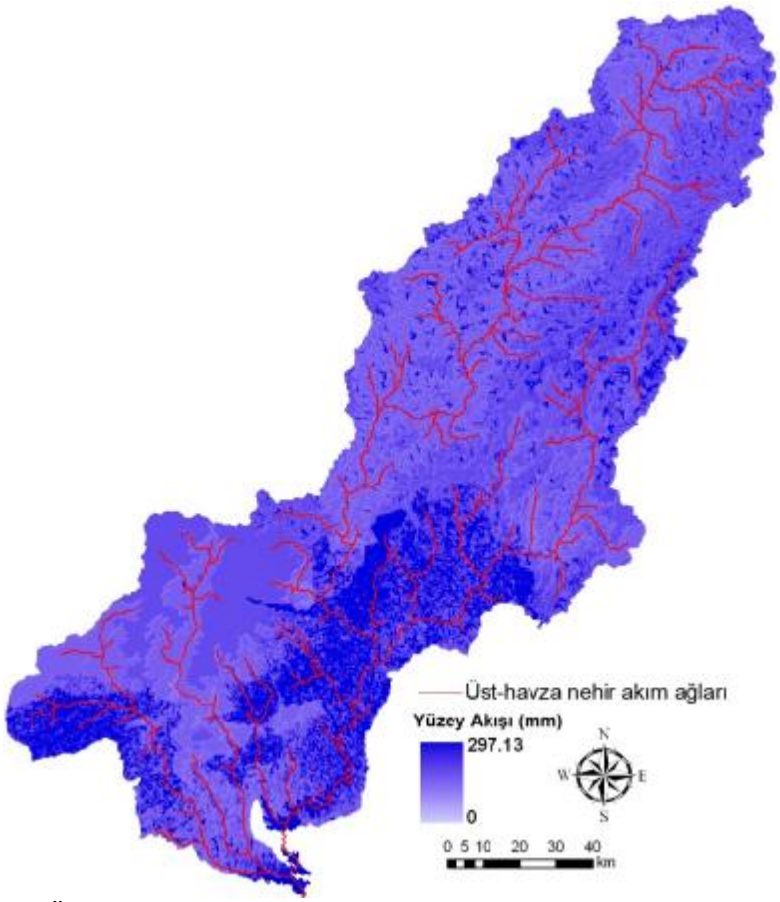
Çizelge 4.95. Seyhan Üst-Havzası hidrolojik bileşenleri su bütçeleri.

Hidrolojik Bileşenler	**1975-2006**	**2070-2099**
Yağış	13.6 km^3	10.81 km^3
ET	6.70 km^3	6.12 km^3
Yüzey Akışı	5.47 km^3	4.32 km^3
Yer altı Suyu	1.61 km^3	1.41 km^3
Toprak Suyu	2.14 km^3	1.69 km^3
İntersepsiyon	0.25 km^3	0.23 km^3

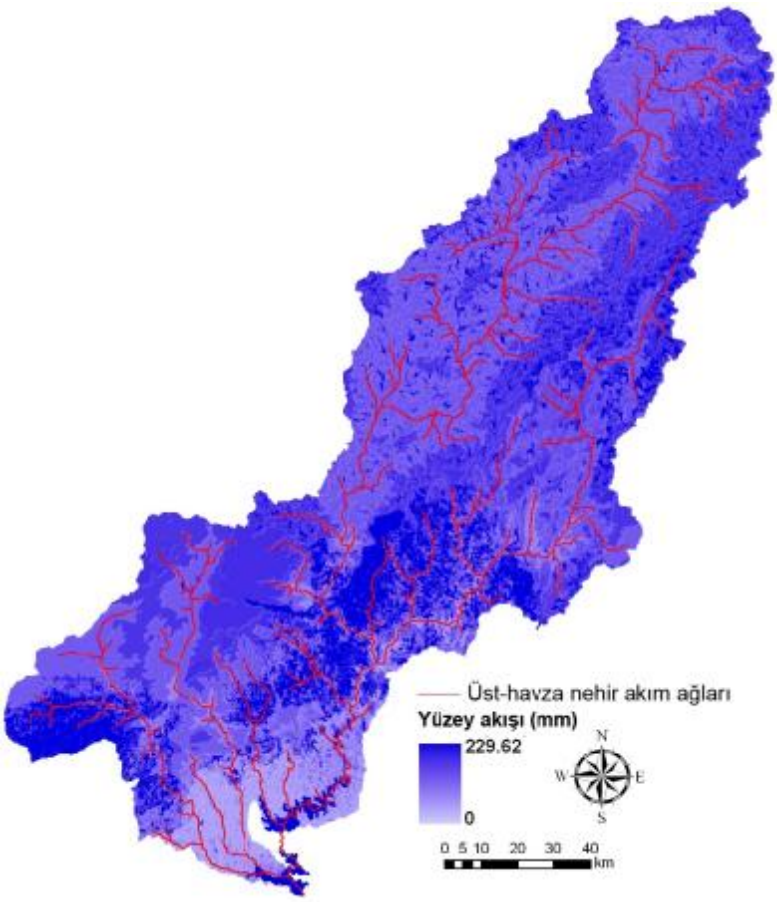
Seyhan Üst-Havzası için alt havza bazında yapılan modelleme uygulaması ile hidrolojik bileşenler ve alt havza su bütçeleri hesaplanmıştır. Alt havza sonuçları genellenmiş ve üst-havza hidrolojik bileşenlerine ait yıllık toplam su bütçesi belirlenmiştir. Havzanın yıllık toplam su girdisinin güncel durum için yıllık toplam 13.6 km^3, 2070 yılı sonrası için 10.81 km^3 olacağı tahmin edilmiştir. Modelleme sonuçları havza geneli toplam su bütçesinde %20.52 azalma olacağını göstermektedir. Hidrolojik bileşenler içerisinde en fazla azalmanın yüzey akışında

meydana geleceği tahmin edilmiştir. Bölgenin yer altı suyu potansiyelinde ise 2070-2099 yılları için 0.20 km^3'lük azalma olacağı öngörülmüştür.

Havza su bütçeleri ile birlikte süreç tabanlı J2000 modelinden güncel durum ve geleceğe yönelik yüzey akışı haritaları üretilmiştir. Güncel durum yüzey akışı Şekil 4.75'te, geleceğe yönelik akış haritası ise Şekil 4.76'da görülmektedir.



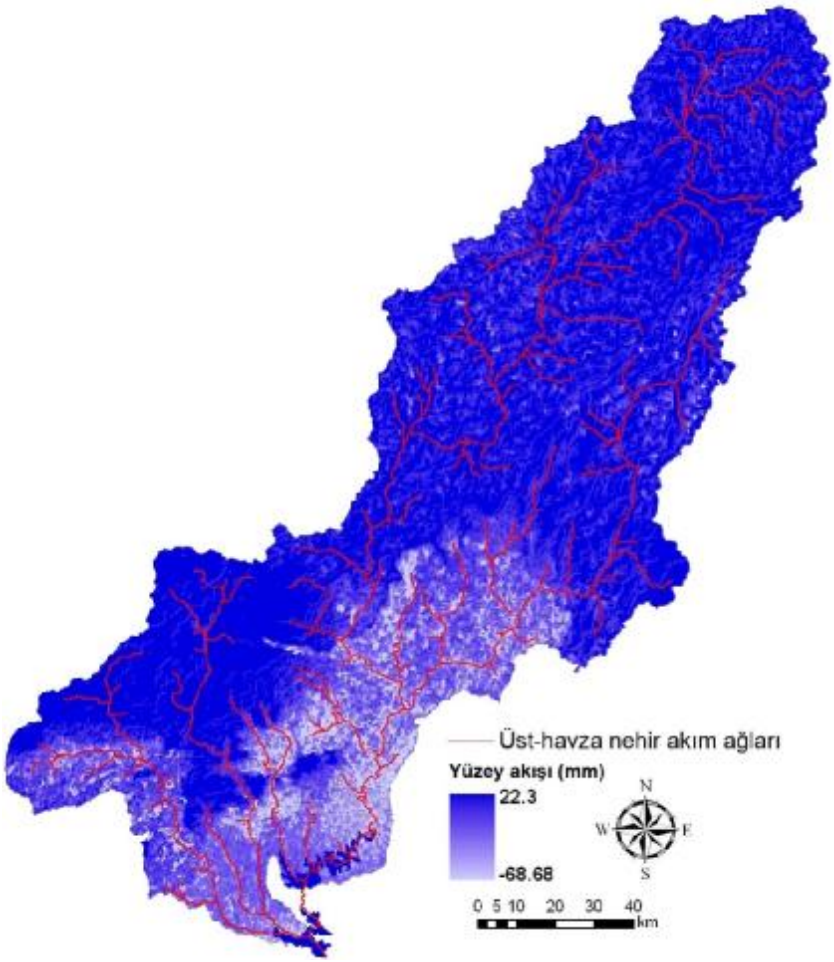
Şekil 4.75. Seyhan Üst-Havzası yüzey akışı haritası (1975-2006)



Şekil 4.76. Seyhan Üst-Havzası yüzey akışı haritası (2070-2099)

Havza yüzey akışı haritaları değerlendirildiğinde, güncel durum yüzey akışının, havzanın orta kesimlerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Havzanın kuzey kesimlerinde karstik jeolojik yapıya bağlı olarak yüzey akışının daha az olduğu saptanmıştır. Yüzey akışının özellikle nehir akım ağlarının bulunduğu vadilerde yüksekliğinde etkisiyle gerçekleştiği belirlenmiştir. Geleceğe yönelik yüzey akışında yıllık yaklaşık 50 mm azalma olacağı tahmin edilmiştir. Bu azalmanın, nehir ağları çevresinde yoğunlaştığı, geleceğe yönelik akış tahmin haritasında görülmektedir.

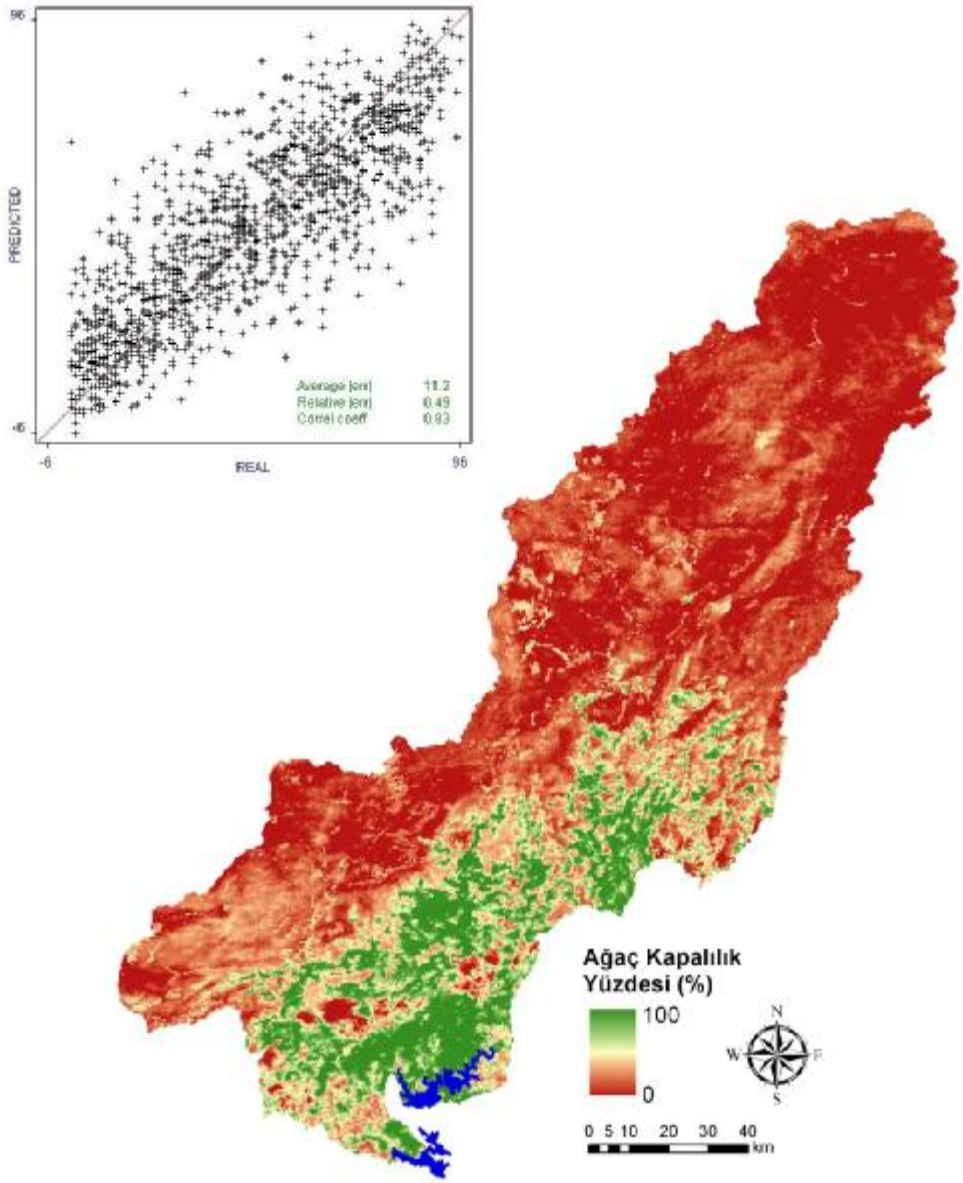
Çalışmada, yukarı havza yüzey akışı haritaları birbirinden çıkarılmış ve güncel durum ve gelecek arasındaki yüzey akış farkı da hesaplanmıştır (Şekil 4.77).



Şekil 4.77. Seyhan Üst-Havzası yüzey akış fark haritası

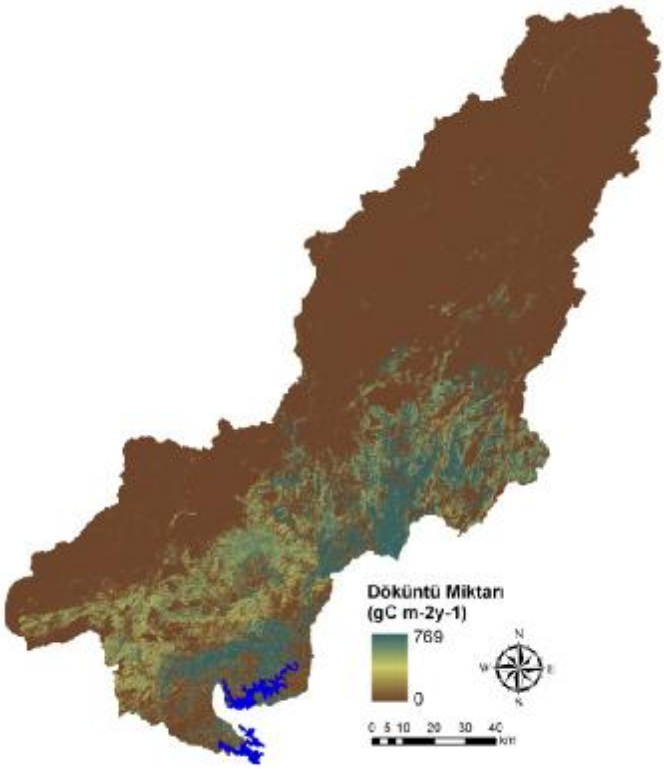
Yukarı Seyhan Havzası yüzey akışı fark haritasının oluşturulması, havza bazında akış miktarının hangi bölgelerde azalacağının ortaya koyulması bakımından çok önemlidir. Akış azlığının konumsal olarak belirlenmesi, havza bazında peyzaj yönetimi ve planlama çalışmaları için önemli bir altlık teşkil etmektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen ağaç kapalılık yüzdesi haritası, döküntü verileri ile ilişkilendirilmiş ve döküntü dağılımı güncel durum ve geleceğe yönelik olarak hesaplanmıştır. Yukarı havza ağaç kapalılık yüzdesi haritası Şekil 4.78'de verilmiştir.

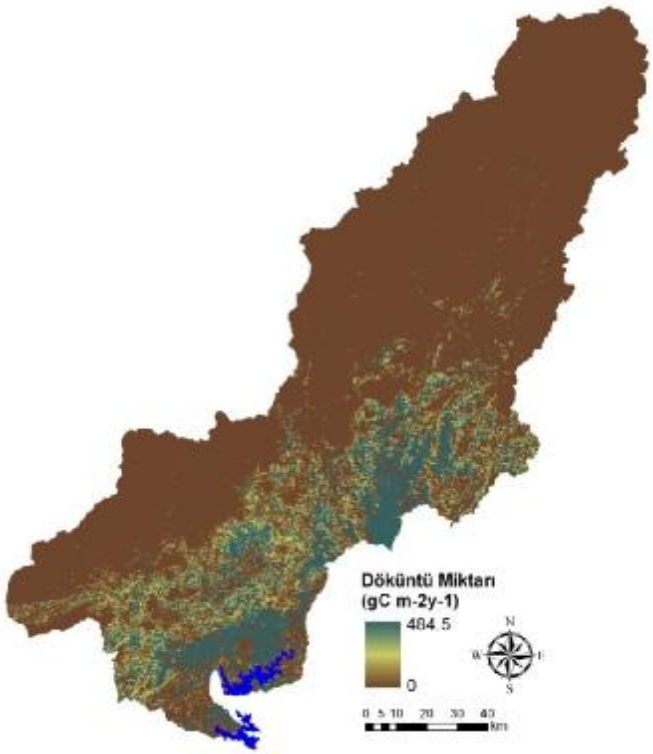


Şekil 4.78. Seyhan Üst-Havzası ağaç kapalılık yüzdesi haritası

Ağaç kapalılık yüzdesi haritası kullanılarak oluşturulan döküntü haritaları Şekil 4.79 (güncel) ve 4.80'de (gelecek) görülmektedir.



Şekil 4.79. Seyhan Üst-Havzası döküntü haritası (güncel durum)



Şekil 4.80. Seyhan Üst-Havzası döküntü haritası (2070)

Seyhan Üst-Havzası ağaç kapalılık yüzdesi haritaları 0.83 korelasyon katsayısı ile üretilmiştir. Bu katsayı düzeyi, haritanın kabul edilebilir doğrulukta olduğunu göstermektedir. Kapalılık haritasının yüksek doğruluk değeri, bu harita kullanılarak üretilen döküntü haritalarının da doğruluğuna referans olmaktadır. Çalışma kapsamında döküntü haritalarından elde edilen döküntü miktarları, güncel durum ve gelecekteki karbon bütçesinin hesaplanması sürecine dahil edilmiştir.

BIOME modelinden elde edilen üst-Havza NBÜ bileşenlerinin yıllık toplam miktarları Çizelge 4.96'da görülmektedir.

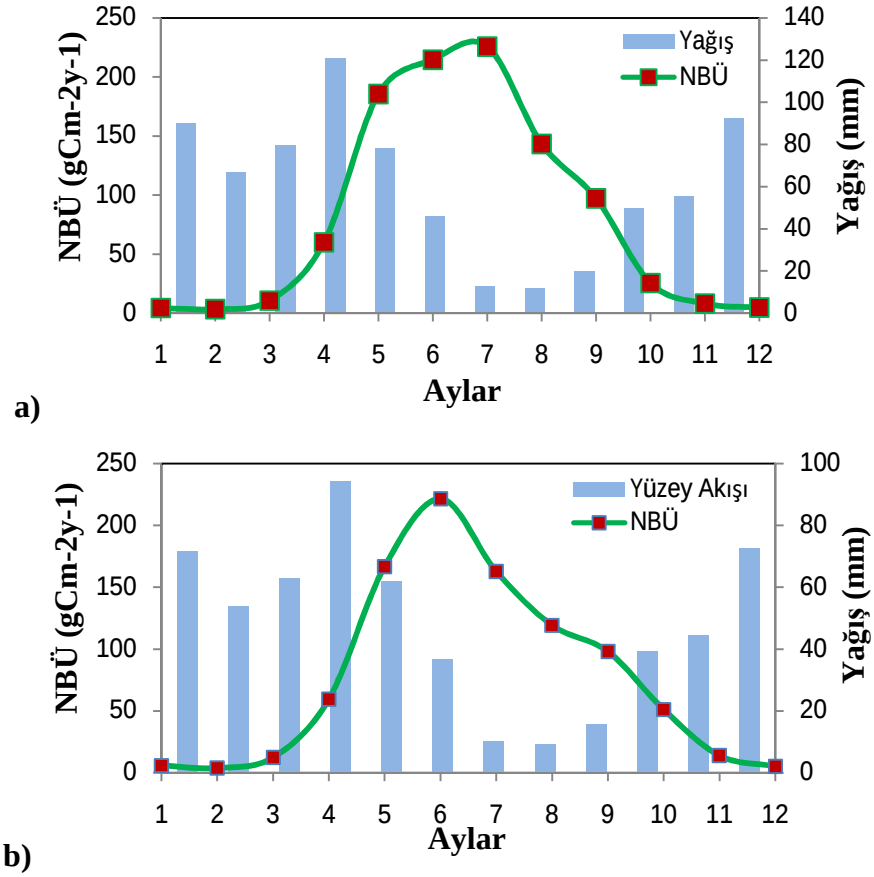
Çizelge 4.96. Seyhan Üst-Havzası NBÜ bileşenleri yıllık toplam değerleri.

NBÜ Bileşenleri (gC $m^{-2}y^{-1}$)	**1975-2006**	**2070-2099**
İğne Yapraklı orman	968.5	867.85
Geniş Yapraklı Orman	1116.68	1006.73
Tarım	504.37	480.97
Mera	619.59	577.40

NBÜ modelleme uygulaması ile Seyhan Üst-Havzası için en verimli arazi sınıfının geniş yapraklı orman alanları olduğu belirlenmiştir. Geniş yapraklı orman formasyonunun güncel durum toprak üstü NBÜ miktarının 1116.68 ggC$m^{-2}y^{-1}$olduğu tahmin edilmiştir. Bu miktarda geleceğe yönelik olarak 109.95 gC$m^{-2}y^{-1}$azalma olacağı hesaplanmıştır. Havza için iğne ve geniş yapraklı orman formasyonu toprak üstü döküntü miktarlarının da eklenmesiyle toplam depolanan karbon miktarı yıllık toplam 11.97 Mt hesaplanmıştır. Karbon miktarının geleceğe yönelik olarak yaklaşık %15 azalma ile 10.30 Mt olacağı tahmin edilmiştir.

Havza ölçeğinde su ve karbon bütçesi, iklim değişikliği altında ekosistem performansı ve sürdürülebilirliği açısından en önemli göstergelerdir. Bu bileşenlerin miktarı ve birbirleri ile etkileşim düzeylerinin bilinmesi, ekosistemin dengesi ve sürdürülebilir kullanımı konusunda plan kararlarının alınabilmesi için en önemli noktadır. Bu amaçla çalışmada alt havza sonuçları birleştirilerek toplam su ve karbon bütçelerinin belirlenmesi ile birlikte hidrolojik bileşenler ve NBÜ bileşenleri birbirleri ile karşılaştırılmış ve Seyhan Üst-Havzası ekosistem bileşenleri arasındaki etkileşim düzeyleri ortaya konulmuştur. Çalışma alanına ait NBÜ, yüzey akışı, ET, sıcaklık, yağış, toplam su ve karbon bütçeleri karşılaştırılmıştır. Bu noktada

bileşenlerin birbirlerini etkileme düzeylerinin belirlenmesinde, aylık dağılımlar arasındaki korelasyon temel alınmıştır. Güncel durum ve geleceğe ait NBÜ ve yağış bileşenlerinin aylık olarak etkileşim grafikleri Şekil 4.81'de verilmiştir.

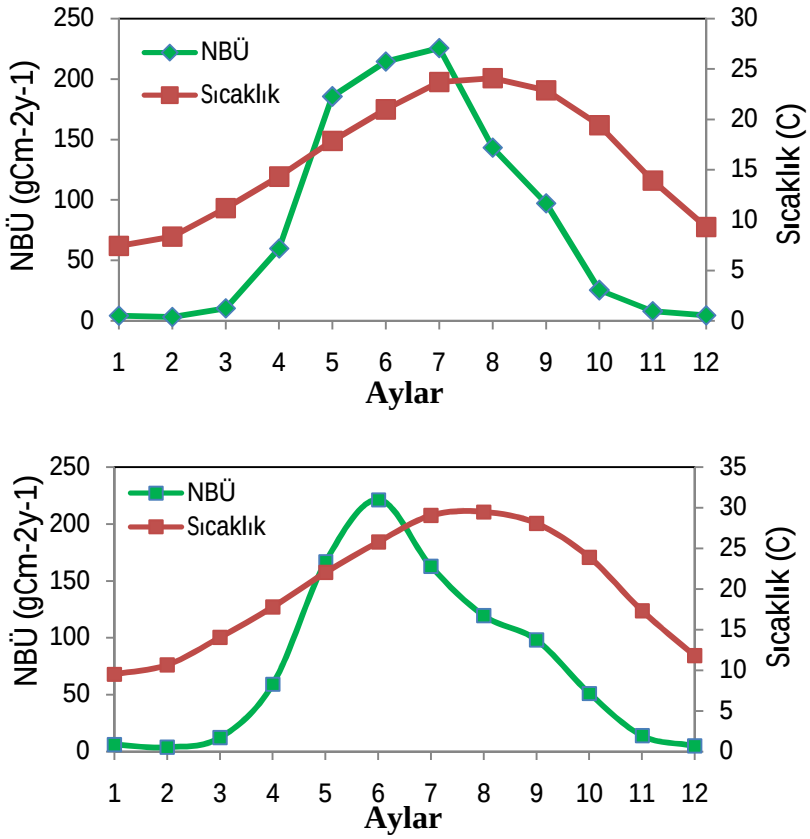


Şekil 4.81. NBÜ-Yağış etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.

Seyhan Üst Havzası NBÜ ve yağış rejiminin aylık dağılımları incelendiğinde, NBÜ miktarının yaz aylarında artış gösterdiği belirlenmiştir. Yağış rejiminin ise yaz aylarında Akdeniz ikliminin karakteristiği olarak azaldığı gözlemlenmiştir. NBÜ miktarının yağış artışına paralel olarak ilkbahar aylarında artış gösterdiği ve bu artışın güncel durum için Temmuz, geleceğe yönelik ise Haziran ayında sonlandığı görülmüştür. NBÜ-yağış bileşenleri karşılaştırılmasında determinasyon katsayısı 0.43 ölçülmüştür.

Üst-Havza genelinde yağış ile birlikte NBÜ ve ET bileşenlerinin birbirleri arasındaki ilişki de değerlendirilmiştir. NBÜ ve Sıcaklık bileşenlerinin yıl

içerisindeki aylık değişim eğilimleri bu ilişkinin belirlenmesinde temel alınmıştır. Güncel durum ve geleceğe ait NBÜ ve sıcaklık bileşenlerinin aylık olarak etkileşim grafikleri Şekil 4.82'de verilmiştir.

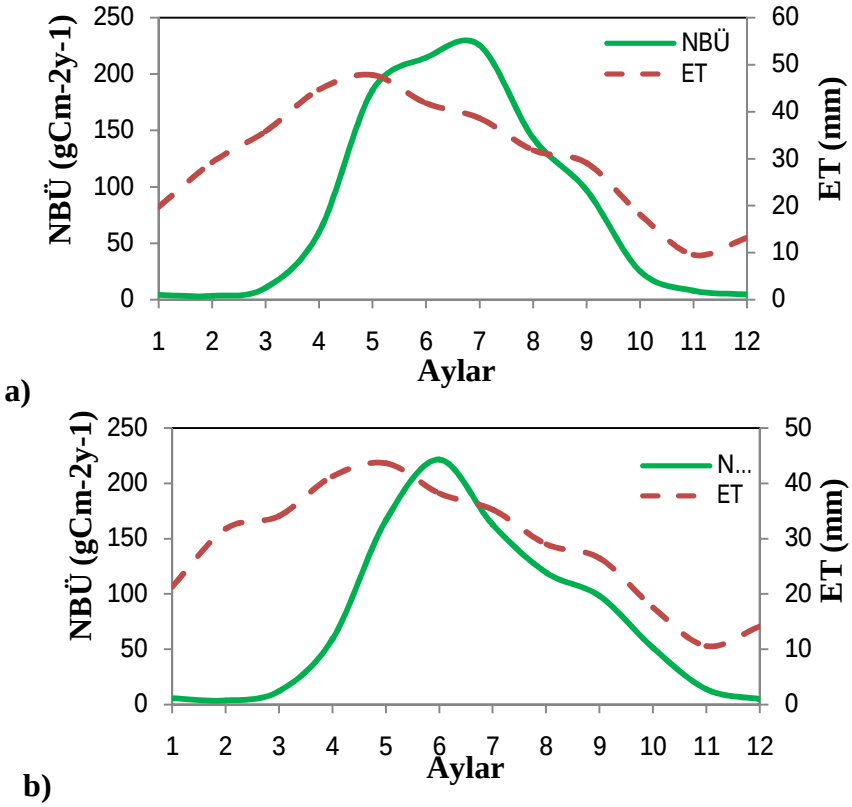


Şekil 4.82. NBÜ-Sıcaklık etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.

Havza bazında sıcaklık değerleri Mart ayı ile birlikte artış göstermekte ve bu artış Ağustos ayına kadar sürmektedir. Sıcaklık artışı ile birlikte yıl içerisinde NBÜ miktarının da doğru orantılı olarak artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu artışın belirli bir eşik sıcaklık oranına kadar devam ettiği ve güncel durum için Temmuz ayında sonlandığı görülmüştür. Yıl içerisinde NBÜ-sıcaklık artışı doğru orantılı olarak gerçekleşmektedir. Bu bileşenler arasında 0.78 determinasyon katsayısı düzeyinde ilişki olduğu tahmin edilmiştir.

Bölgesel ölçekte su bütçesi içerisinde en önemli bileşenlerden birisi evapotranspirasyondur. Özellikle karbon ve su dinamiklerinin birbirleri üzerindeki

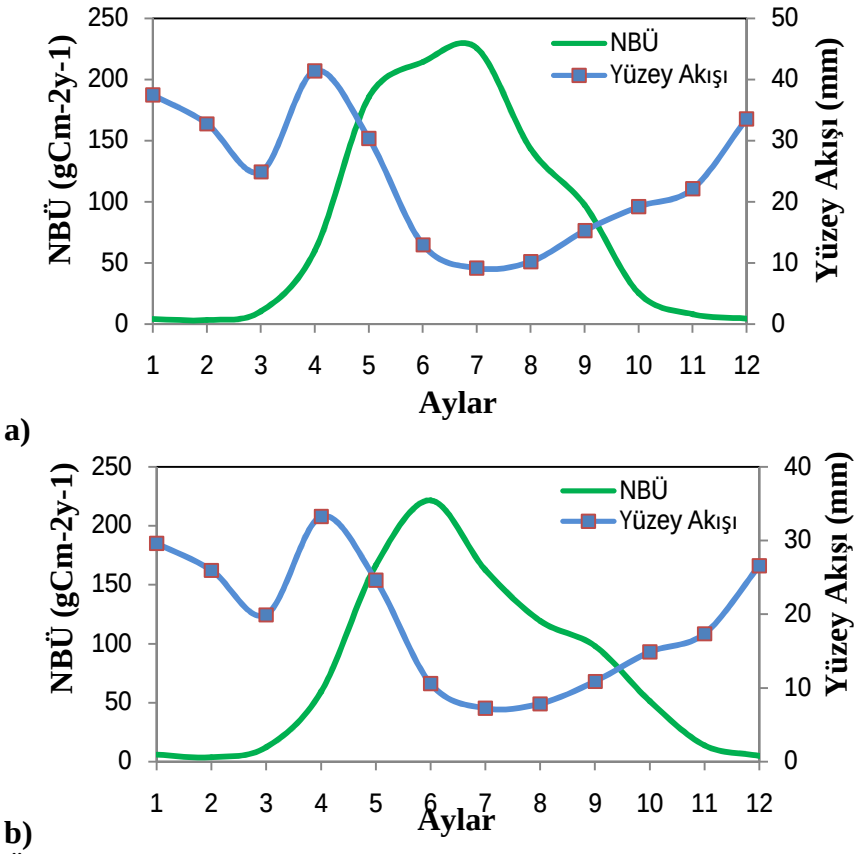
etkilerin belirlenmesinde ET, önemli bir potansiyel sağlamaktadır. NBÜ ve ET bileşenlerinin yıl içerisindeki değişimleri ve ilişki düzeyleri Şekil 4.83'de verilmiştir.



Şekil 4.83. NBÜ-ET etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.

Seyhan Üst-Havzası NBÜ-ET etkileşimleri incelendiğinde, bileşenlerin yıl içerisindeki değişimlerinde paralellik olduğu belirlenmiştir. Özellikle sıcaklık faktörüne bağlı olarak her iki bileşenin de ilkbahar aylarında artış gösterdiği, yaz aylarının ikinci yarısında ise azaldığı saptanmıştır. Bu azalmanın özellikle kurak sezonda gerçekleşmesi NBÜ bileşeninin su bütçesi ve bileşenleri ile yüksek oranda ilişki içerisinde bulunduğuna işaret etmektedir. NBÜ-ET karşılaştırması determinasyon katsayısı 0.69'dur.

Havzada karbon ve su bileşenlerinin etkileşimlerinin belirlenmesinde NBÜ ve yüzey akışı bileşenleri de karşılaştırılmış ve bu bileşenler arasındaki korelasyon düzeyi ortaya konulmuştur (Şekil 4.84).

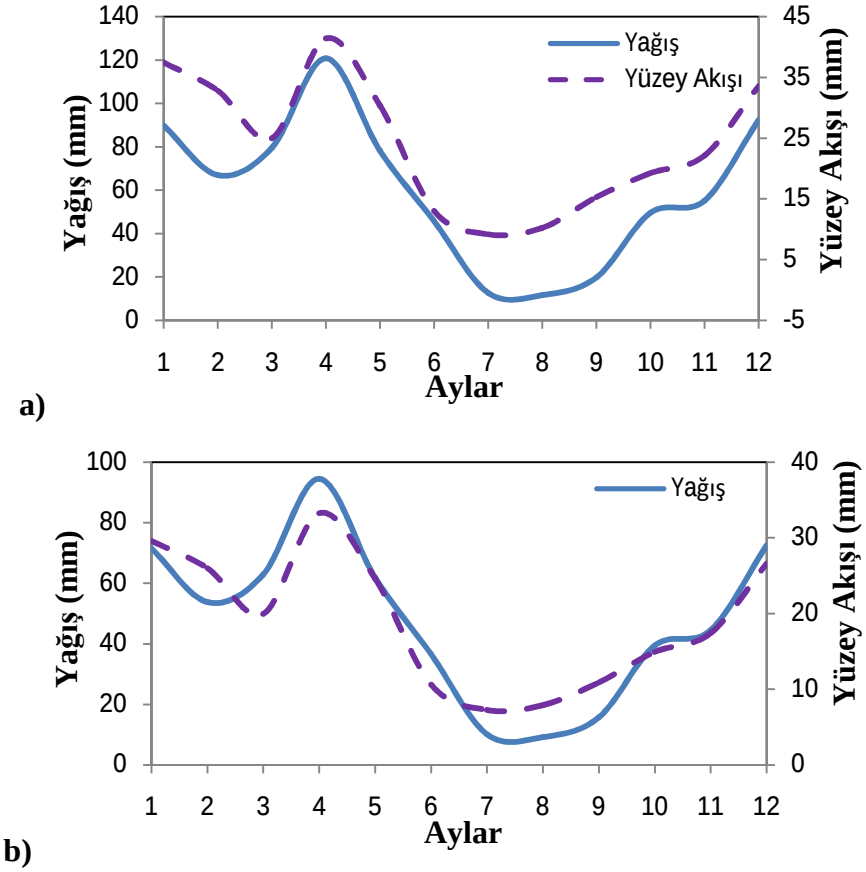


Şekil 4.84. NBÜ-Yüzey Akışı etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.

Havza karbon ve su potansiyeli ve bu bileşenler arasındaki etkileşimlerin belirlenebilmesi için en önemli bileşenler NBÜ ve yüzey akışıdır. Seyhan Üst-Havzası için NBÜ ve yüzey akışı yıl içerisinde Mart ve Nisan aylarında artış göstermektedir. NBÜ, sıcaklık artışına bağlı olarak güncel durumda Temmuz, geleceğe yönelik olarak ise Haziran ayına kadar artış göstermektedir. Bu süreçte yüzey akışı özellikle Nisan ayından sonraki dönem ve yaz aylarındaki kurak sezonun etkisi ile azalmaktadır. Bu kapsam yıl içerisinde NBÜ ve yüzey akış artışı ters orantı göstermektedir. NBÜ-yüzey akışı arasında 0.04 determinasyon katsayısı düzeyinde ilişki saptanmıştır. Kaynağı yağış olan yüzey akışının NBÜ ile yüksek korelasyon göstermemesinin en önemli sebeplerinden birisi, akışın farklı bileşenler ile yer altı ve havza dışına taşınmasıdır.

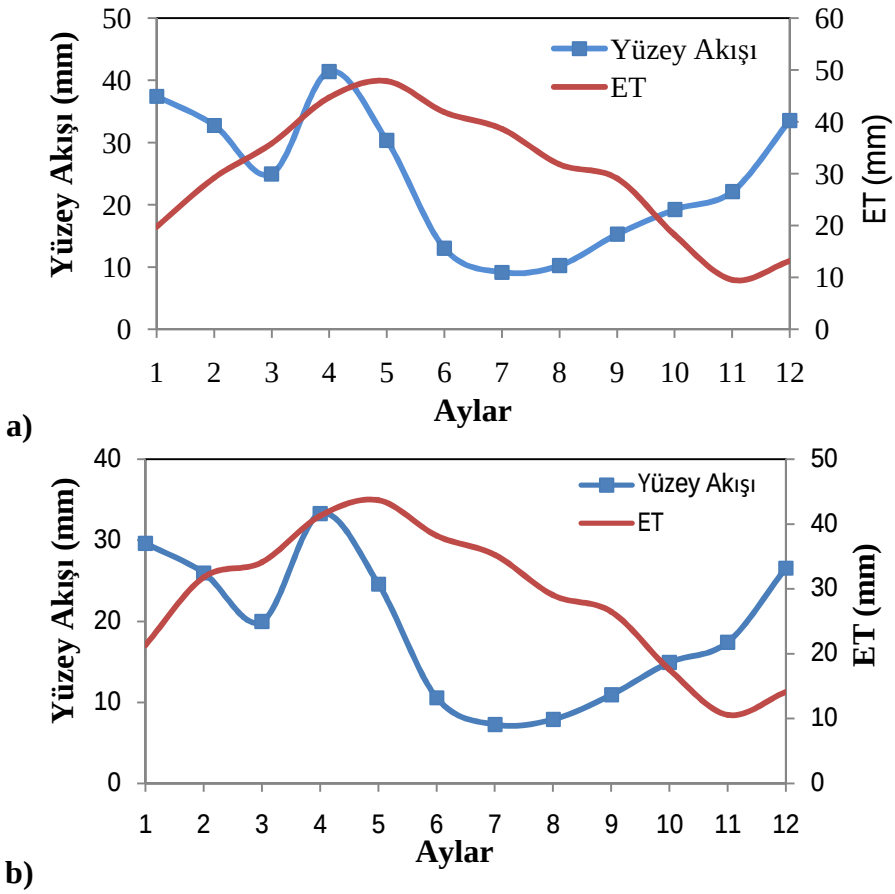
Havza ölçeğinde en önemli hidrolojik bileşen olan yüzey akışı, hidrolojik dinamiklerin belirlenmesinde ET ve yağış bileşenleri ile de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda yüzey akışı, ET ve yağış bileşenlerinin yıl içerisindeki dağılımları

birleştirilmiş ve ilişki potansiyelleri belirlenmiştir. Yağış-yüzey akışı etkileşim grafiği Şekil 4.85, yüzey akışı-ET grafiği ise 4.86'de görülmektedir.



Şekil 4.85. Yağış-Yüzey Akışı etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.

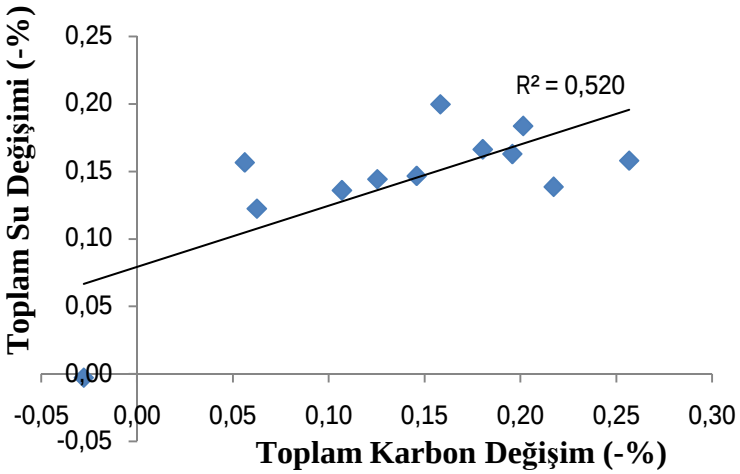
Seyhan Üst-Havzası'nda yağış ve yüzey akışı doğrudan birbirleri ile ilişki iki hidrolojik bileşendir. Yağış, bölgeye giren su potansiyelinin kaynağını oluşturmaktadır. Yüzey akışı ise suyun toprak ve jeolojik yapıya bağlı olarak farklı katman ve yer yüzeyinde taşınım potansiyelini gösteren en önemli hidrolojik beileşendir. Havzadaki yağış rejimi yüzey akışı için belirleyici olmaktadır. Yüzey akışı ve yağış arasında determinasyon katsayısı, yersel koşulların etkisi ile 0.95 ölçülmüştür.



Şekil 4.86. Yüzey Akışı-ET etkileşim grafikleri, (a) 1975-2006, (b) 2070-2099.

Havza bazında yüzey akışı ile ET miktarı arasındaki karşılaştırmada ise, yüzey akışının yaz aylarında azaldığı, ET'nin ise sıcaklık etkisiyle artış gösterdiği belirlenmiştir. Yaz aylarında bölgedeki kurak sezon yüzey akışını olumsuz etkilemekte ve akıştaki bu azalma ET miktarının da yaz sezonunun ikinci yarısında azalmasına neden olmaktadır. Yüzey akışı ve ET arasında yıl içerisinde 0.92 düzeyinde etkileşim olduğu tahmin edilmiştir.

Çalışmada havza bazında NBÜ ve hidrolojik bileşenlerin karşılaştırılması ile bileşenler arasında etkileşim düzeyleri belirlenmiştir. Bununla birlikte alandaki toplam su ve karbon bütçelerinden meydana gelen azalma miktarları da ilişkilendirilmiş ve toplam bütçelerde azalma düzeyleri arasındaki ilişki düzeyi de ortaya konulmuştur. Seyhan Üst-Havzası toplam karbon ve su değişimi korelasyon grafiği Şekil 4.87'de verilmiştir.



Şekil 4.87. Toplam karbon ve su değişimi korelasyon grafiği.

Seyhan Üst-havzası toplam karbon bütçesi için en yüksek azalma oranı -%26'dır. Bu oran su bütçesi için %20 düzeyindedir. Toplam su ve karbon bütçelerinde alt havzalar düzeyinde gerçekleşen azalma miktarları üst havzaya genellenmiş ve ilişkilendirilmiştir. Su ve karbon bileşenlerindeki azalma 0.52 oranında örtüşmektedir. Ekosistem bileşenlerinin birbirleri ile ilişkilendirilmesi ile çalışma alanı NBÜ ve hidrolojik bileşenleri için elde edilmiş ait korelasyon düzeyleri Çizelge 4.97'de görülmektedir.

Çizelge 4.97. Seyhan Üst-Havzası ekosistem bileşenleri korelasyon düzeyleri.

Ekosistem Bileşen	NBÜ	Yağış	Sıcaklık	Yüzey Akışı	ET	Karbon	Su
NBÜ	1.0						
Yağış	0.43	1.00					
Sıcaklık	0.78	-0.19	1.00				
Yüzey Akışı	0.04	0.95	-0.83	1.00			
ET	0.69	0.84	0.38	0.92	1.00		
Toplam - Karbon	**0.48**	**0.37**	**-0.04**	**0.33**	**0.44**	**1.00**	
Toplam - Su	**0.21**	**0.99**	**-0.15**	**0.88**	**0.83**	**0.52**	**1.00**

Seyhan Üst-Havzası ekosistem bileşenlerinin etkileşimleri değerlendirildiğinde, sistem içerisinde NBÜ-sıcaklık, yağış-yüzey akışı, yağış-ET ve yüzey akışı-ET, %80 üzerinde korelasyon göstermiştir. Toplam su bütçesi ile NBÜ korelasyonu 0.21, yüzey akışı ise 0.88 ölçülmüştür. Karbon bütçesi ile yüzey akış korelasyonu 0.33, ET ise 0.44'tür. Alanda toprak üstü NBÜ ile karbon bütçesi 0.48

korelasyon göstermiştir. Su ve karbon bütçelerinin korelasyon düzeyi ise 0.52 ölçülmüştür.

Üst-havza bileşenlerinin karşılaştırılması ile bölge ekosistem bileşenleri etkileşim düzeyleri belirlenmiştir. Etkileşim düzeylerinin belirlenmesi, ekosistem performansının değerlendirilebilmesi açısından önemlidir. Su ve karbon bileşenlerinde iklim değişikliği etkisi altında geleceğe yönelik artış ve azalmalar, ekosistemin risk potansiyeli ve sürdürülebilirliği açısından belirleyici rol oynamaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemiz, sahip olduğu karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle insan etkilerinin yarattığı küresel ısınmaya bağlı olarak, görülebilecek iklim değişikliklerinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir. Ülkemiz coğrafyasının, üç tarafının denizlerle çevrili olması, engebeli bir topoğrafyaya sahip olması ve sahip olduğu biyoçeşitlilik potansiyeli nedeniyle, farklı bölgelerinin iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik boyutlarda etkileneceği öngörülmektedir (Öztürk, 2002). Öngörülen bu iklim değişikliğinin doğal sistemler üzerine etkilerinin belirlenebilmesi için en olası strateji bölgesel ölçekte ekosistem bileşenlerinin tahmini ve etkileşim düzeylerinin belirlenmesidir.

Avrupa ve Amerika kıtasında yer alan önemli nehir havzalarında ekosistem bileşenlerine ait modelleme çalışmaları yakın geçmişten günümüze periyodik olarak sürdürülmektedir. Tür çeşitliliğinin fazla olduğu ve önemli nehir sistemlerinin bulunduğu ülkemizde de hidrolojik bileşenler, karbon bütçeleri ve NBÜ gibi ekosistem bileşenlerinin tahmin edilebileceği modelleme çalışmalarının yapılabilmesi, ekolojik ve politik olarak geleceğe yönelik plan kararlarının alınması açısından önemlidir.

Bu çalışma kapsamında, iklim değişikliğinin etkisi altında ülkemizin en önemli havzalarından biri olan Doğu Akdeniz Bölgesi Seyhan Üst-Havzası hidrolojik bileşenleri (yüzey akışı, evapotranpirasyon, yeraltı suları vb.) ve havza bünyesindeki ormanların net birincil üretim ve karbon miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ekosistem bileşenlerinin alt havza bazında modellendiği çalışmada, iklim değişikliğinin etkisi altında güncel durum ve 2070 yılı için sonuçlar birleştirilmiş ve Seyhan Üst-Havzası karbon ve su bütçeleri hesaplanmıştır. Toplam karbon ve su bütçeleri ile NBÜ ve hidroloji bileşenlerinin yıl içerisindeki değişimleri birbirleri ile karşılaştırılmış ve etkileşim düzeyleri ortaya konulmuştur.

Çalışmanın en önemli unsurunu, alandaki su ve karbon bütçelerinin geleceğe yönelik değişimlerinin tahmin edilmesi oluşturmaktadır. Seyhan Üst-Havzası'na ait meteorolojik bileşenler GCM ölçek küçültme modeli ile elde edilmiş ve NBÜ ve hidrolojik modelleme uygulamasında geleceğe ait zaman serisi olarak kullanılmıştır.

Zaman serisi tahminleri, IPCC-B2 emisyon senaryosunun sıcaklık, yağış, evapotranspirasyon ve yüzey akışı üzerindeki bölgesel etkileri baz alınarak 2070-2099 yıl aralığı için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2070-2099 yıllarının geleceğe yönelik referans aralığı olarak seçilmesinin temel sebebi, doğal kaynakların dinamik sistemlerinde meydana gelebilecek dramatik değişimlerin ortaya daha etkin ve belirgin olarak konulabilmesidir. Bu kapsamda 70 yıllık periyotta, iklim değişikliği etkisi ile sıcaklıkta 3-4 ^{o}C artış olacağı tahmin edilmiştir. Bu artışın çalışma alanı iklimsel, meteorolojik ve hidrolojik potansiyeline etkide bulunacağı belirlenmiştir. Sıcaklık ile birlikte geleceğe yönelik yıllık yağış rejiminde de değişikliği olacağı tahmin edilmiştir. Yağış miktarında meydana gelmesi tahmin edilen ortalama %20'lik azalma ile birlikte yıl içerisinde alanda yağış dağılımının da değişeceği öngörülmüştür. Özellikle bazı alt havzalarda kış ayları için bir miktar yağış artışı bununla birlikte yaz aylarında kurak sezonun uzaması gibi değişiklikler olacağı tahmin edilmiştir.

Sıcaklık ve yağış için geleceğe yönelik tahmin verileri su ve karbon bütçeleri ile bu bileşenlerin birbirlerini etkileme düzeylerinin havza için hesaplanmış ve modelleme uygulamaları bu temelde gerçekleştirilmiştir.

Su ve karbon, havza bazında ekosistemin verimliliği, kalitesi ve sürdürülebilirliğini etkileyen en önemli iki etmendir. Bu iki etmenin iklim değişikliğinin etkileri altında birbirleri ile ilişkilendirilebilmesinde en önemli nokta, farklı model ve uygulama yaklaşımları ile bileşenlere ait miktarların ayrı ayrı hesaplanmasıdır.

Ekosistemin en önemli yapıtaşlarından olan su, ekosistemin kalitesi ve sürdürülebilirliği açısından hayati önem taşımaktadır. Su ihtiyacı, etrafı denizler ile çevrili ülkemizde akarsulardan, göllerden ve yeraltı sularından sağlanmaktadır. Yağış alanı 783,562 km² olan ülkemizde yıllık toplam yağış miktarı 501 km^3'tür. Bu yağışın yaklaşık 14 km^3 kısmı 18894 km^2 yağış alanına sahip Seyhan Üst-Havzası'na düşmektedir. Ülke ortalaması dikkate alındığında Seyhan Üst-Havzası Akdeniz iklim özelliğine paralel olarak çok fazla yağış almamaktadır. Ülke ortalamasına oranla zengin yağış rejimine sahip olmamakla birlikte sahip olduğu karstik jeolojik yapı itibariyle havzada zengin bir yeraltı su potansiyeli bulunmaktadır. Yıllık toplam 41

km^3 çekilebilir yer altı suyu bulunan ülkemizde, çalışmada yapılan hidrolojik modelleme sonuçlarına göre Seyhan Üst-Havzası bu miktarın 1.61 km^3 kısmını bünyesinde bulundurmaktadır. Bu miktar havza-ülke yüzölçümüne oranlandığında önemli bir potansiyel ifade etmektedir. Ülkemizde yıllık toplam 186 km^3 bütçeye sahip yüzey akışının, hidrolojik modelleme sonuçlarına göre güncel durum için 5.47 km^3 kısmı Seyhan-Üst Havzasında bulunmaktadır. Havza yüzey akışı, ülke geneline göre ortalama miktarın altında yer almaktadır. Bunun sebebi alandaki toprak yapısı ve karstik yapıya bağlı olarak akışın süzdürülmesi ya da tutulmasıdır. Ülkenin 274 km^3'lük yıllık toplam ET potansiyelinin ise 6.70 km^3 kısmı havzada gerçekleşmektedir. Havzanın yaklaşık 14 km^3 olan su bütçesinin modelleme uygulaması ile yaklaşık 70-100 yıllık süreçte 10.76 km^3'e azalacağının tahmin edilmesi bölge kaynaklarında dramatik bir azalma olacağını göstermektedir.

Havzadaki su potansiyeli ile birlikte ekosistemin kalitesi ve geleceği bakımından en önemli bileşen karbon potansiyelidir. Ekosistemin karbon potansiyeli çalışmada arazi sınıfı bazında toprak üstü NBÜ, döküntü karbonu ve toprak solunumu bileşenleri ile belirlenmiştir. Belirlenen bileşen karbon miktarları, sınıf bazında alana genellenmiş ve toplam karbon bütçesi ortaya konulmuştur. Havzanın toplam karbon bütçesi güncel durum için 11.97 Mt hesaplanmıştır. Bu miktarda NBÜ modelleme sonuçlarına göre 2070 yılı ve sonrasında yaklaşık 1.6 Mt azalma olacağı öngörülmüştür.

Çalışmada gerçekleştirilen modelleme uygulamaları ile ekosistemin en önemli iki bileşeni olan su ve karbon potansiyelinde iklim değişikliği etkisi ile ciddi azalmalar meydana geleceği tahmin edilmiştir. Bu azalma oranları özellikle kaynakların devamlılığı için alınacak plan kararlarında bu kaynakların birbirleri ile etkileşim düzeylerinin bilinmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bileşenlerin birbirleri ile etkileşim düzeylerinin bilinmesi, ekosistemin iyi anlaşılmasına olanak sağlayacak ve sürdürülebilir kullanım faaliyetlerinin uygulanabilmesine altlık veri sağlayacaktır. Bu temelde su ve karbon bileşenleri karşılaştırılmış ve etki düzeyleri hesaplanmıştır. Havzada su ve karbon kaynaklarının yıl içerisindeki değişimlerde %52 oranında birbirini etkilediği tahmin edilmiştir. Bu oran bölgesel ölçekte kaynakların dikkatli kullanılması gerçeğini ortaya koymuştur.

Geleceğe yönelik olarak iklim değişikliğinin etkisi altında olan su ve karbon kaynaklarının yönetimi havzanın genel kalitesi açısından en önemli unsurdur. Çalışmada su ve karbon arasında elde edilen ilişki oranından önemli bir kriter elde edilmiştir. Çalışmanın ana fikri olan bu kriter, kaynakların münferit olarak tüketilmesinin sadece tüketilen bileşen ile sınırlı kalmayıp havzadaki farklı bileşenleri etkilemesi ve genel kaliteyi ciddi oranlarda tehdit etmesidir. Bu değerlendirme sistemin sürdürülebilirliği açısından kaynakların planlı ve hassas bir şekilde kullanılması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Seyhan Üst-Havzası gibi karmaşık yapıya sahip alanlarda özellikle ekosistem bileşenlerinin ve aralarındaki etkileşimlerin modellendiği bu tür çalışmalarda, uygun yöntem seçimi büyük önem taşımaktadır. Uygulanan yöntemin başarısı için yöntemin alan büyüklüğü ve yapısını temsil edici özelliğe sahip olması çalışmanın başarısını doğrudan etkileyen en önemli faktördür.

Hidrolojik modelleme aşamasında süreç tabanlı J2000 hidrolojik modeli kullanılmıştır. Bu model yaklaşımı FSU-Geoinformatik Bölümü araştırıcıları tarafından geliştirilmiş olup yaklaşık 10 yıldır farklı projeler kapsamında dünyanın çeşitli bölgelerinde uygulanmaktadır. Modelin Seyhan Havzası'na uygunluğu 2007-2009 yılları arasında TÜBİTAK – BMBF (Almanya) destekli ve 105Y151 no'lu proje kapsamında sadece yüzey akışı ve ET hesaplanabilen basitleştirilmiş versiyonunun alana uygulanması ile test edilmiştir. Bu test sürecinde elde edilen sonuçlar, modelin geliştirilmiş versiyonunun alanın hidrolojik bileşenlerini temsil edebileceğini göstermiştir. Bu nedenle tez çalışması kapsamında modelin yüzey akışı, ET, yer altı suları, intersepsiyon vb. bileşenleri hesaplayabilen geliştirilmiş versiyonunun alana uygulanmasına karar verilmiştir. Sonuç olarak çalışmanın hidrolojik modelleme aşamasında kullanılan yöntemin seçimi, elde edilen sonuçlar temel alınarak yapılmıştır.

Hidrolojik modelleme sonuçlarının doğruluk oranı, modelin alanı temsil edebilme yeteneğinin olduğunu göstermiştir. Model sonuçlarının doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olmasının en önemli sebeplerinden birisi, modelleme sürecinde alanın alt havzalara ayrılmasıdır. Alt havzaların oluşturulmasında akım gözlem istasyonları ve bu istasyonların su topladığı doğal su sınırları referans

alınmıştır. Elde edilen alt havzalar ise HRU'lara ayrılmış ve modelleme süreci her bir alt havzanın hidrolojik üniteleri bazında gerçekleştirilmiştir. J2000 modelinin en önemli özelliği HRU yaklaşımını kullanmasıdır. Genel olarak Seyhan Üst-Havzası su potansiyeli ve tür çeşitliliği ile karmaşık bir yapıya sahip olsa da çalışmada modelleme uygulaması her bir alt havza için hidrolojik birimler düzeyinde gerçekleştirilmiş ve en yüksek doğruluk sağlanmaya çalışılmıştır.

Çalışmada uygulanan model yaklaşımlarının Seyhan Üst-Havzası gibi karmaşık yapıya sahip bir alanda başarıyla uygulanabilmesinin temeli, model yaklaşımlarının açık kodlu olması ve buna bağlı olarak revize edilebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Açık kodlu olan model yaklaşımları, model geliştiricileri ve arazi çalışmalarından elde edilen bilgiler doğrultusunda alan özellikleri referans alınarak revize edilmiştir. Örneğin, J2000 modeli standart kodu sisteminde yer alan buzul modülü, alanda buzul bulunmaması nedeniyle devre dışı bırakılmıştır. Bununla birlikte açık kodun revize edilmesi ile, alandaki yükselti ve jeolojik duruma yönelik parametreler ön plana çıkarılmış ve suyun hareketinde etkin olan alandaki karstik sistemin model tarafından algılanabilmesine olanak sağlanmıştır.

Hidroloji ve NBÜ modelleme sonuçları bölgesel ölçekli çalışmalarda modeli girdi veri seçiminin önemini göstermiştir. Yersel ve zamansal verilerin doğruluk oranı model güvenilirliğine de doğrudan etkilemektedir. Çalışmada kullanılan yersel veriler güvenilir kaynaklardan elde edilmiş ve gerekli doğruluk analizleri ile test edilmiştir. Meteoroloji İşleri ve EİE'den elde edilen zamansal verilerin içerdiği hatalı veriler tespit edilmiş ve düzeltilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti güvenilirliğinin modelleme başarısındaki en önemli etken olduğu gözlemlenmiştir.

Karmaşık yapıdaki havzaların modellenmesi için veri seti güvenilirliğinin yanında, verilerin güncel ve periyodik olması çok önemlidir. Güncel veriler çalışmanın gerçekliğini artırmaktadır. Verilerin periyodik olması ise model yaklaşımlarının süreç tabanlı tahmin yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Günümüzde model yaklaşımlarında altlık olarak güncel ve periyodik veri sağlaması bakımından UA ve uydu teknolojileri büyük potansiyele sahiptir. UA ve uydu teknolojileri ile güncel ve periyodik olarak yeryüzü objelerine ait bilgiler elde

edilebilmekte ve bu bilgiler referans alınarak ekosistemlerin dinamik süreçleri modellenebilmektedir.

UA ile elde edilen veriler, CBS ortamında analiz edilmekte ve uygun formatlarda düzenlenerek model yaklaşımlarına dahil edilmektedir. Bu anlamda CBS, UA ile elde edilen verilerin organize edilerek model yaklaşımlarına dahil edilmesine olanak sağlayan en önemli araçtır.

UA ve CBS'nin modelleme çalışmalarında etkin olarak kullanılabilmesi bazı kısıtları da beraberinde getirmektedir. Bu kısıtların en önemlisi, süreç tabanlı modelleme çalışmaları için periyodik bilgi akışının her koşulda mümkün olmamasıdır. Bu nedenle, dinamik sistemlerin modellenmesinde kullanılacak yersel verilerin seçiminde, verimli ve periyodik veri akışına olanak sağlayan algılayıcıların tercih edilmesi önemlidir.

Veri setinin güncel ve güvenilir olmasına rağmen, hidrolojik ve NBÜ modelleme süreci bilimsel ve teknik açıdan da birçok zorluk içermektedir. Teknik zorlukların en önemlileri, model yaklaşımlarının karmaşık yapısı, girdi verilerinin model formatına getirilmesi ve modellerin çalışabilecek duruma gelmesidir. Özellikle süreç tabanlı modelleme uygulamalarının ihtiyaç duyduğu geniş veri seti, güçlü bilgisayar donanımı gerektirmektedir. Donanım özelliği ve veri setine bağlı olarak model simülasyonları günlerce sürebilmektedir. Seyhan Havzası gibi geniş bir alana sahip havzanın modelleme uygulamasının farklı büyüklükteki alt havzalar düzeyinde gerçekleştirilmesi, donanım kapasitesi ve model simülasyon süresinin kısaltılması konularında kolaylık sağlamıştır.

Seyhan Üst-Havzası su ve karbon bileşenleri ile aralarındaki etkileşim düzeylerinin belirlendiği çalışma, bazı araştırma sorularını da beraberinde getirmektedir. Bu soruların başında hidrolojik model yaklaşımının NBÜ model yaklaşımına kıyasla daha kesin ve güvenilir simülasyonlar yapabilmesidir. Bunun sebebi akım gözlem verileri ile hidrolojik modelleme sonuçlarının kontrol edilebilme olanağıdır. Bu olanak, model doğruluğunu efektif biçimde test edebilen güvenilir bir temel yaratmaktadır. Alanda, döküntü karbonu dışında karbon ölçümüne olanak sağlayan bir mekanizma olmaması nedeniyle BIOME-BGC modelin ürettiği sonuçlar doğrudan kabul edilmiştir. Bu durum BIOME-BGC modelinin hidrolojik

modellemeye kıyasla daha az kesinlikte sonuçlar sağladığını göstermiştir. BIOME-BGC model uygulamasında güvenilirliğin artırılması için modelin dünya genelinde farklı Akdeniz iklimlerinde uygulanmasında kullanılan vejetasyon eko-fiziksel bileşenleri referans alınmış ve girdi verilerinin güvenilir olması sağlanmıştır.

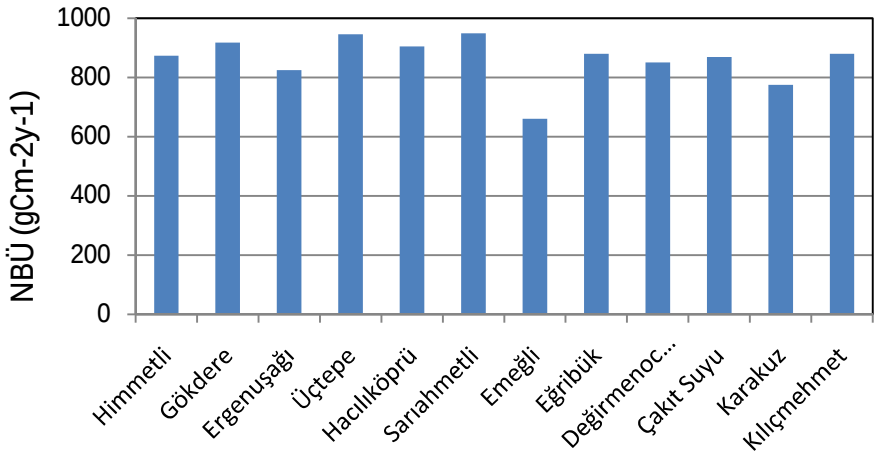
BIOME-BGC modelleme sonuçlarının güvenilir biçimde test edilebilmesi, arazi ölçüm verilerinin içeriği ve miktarına bağlıdır. Karbon miktarına ait ölçüm veri eldesinin zor olması ve yetersiz gözlem verisi, NBÜ modelleme uygulamalarında yaşanan en önemli sorunlardandır. Geçmişten günümüze bazı arazi ve laboratuvar çalışmaları ile biyo-kütle karbon miktarı belirlenebilmekte ve model çalışmalarında test verisi olarak kullanılabilmektedir. Günümüzde birim alandaki vejetasyon karbon miktarının belirlenebildiği en hızlı ve güvenilir ölçüm aracı akı kuleleridir (Flux-tower). Akı kuleleri bulunduğu bölgenin birim alanında bulunan gaz alış-verişini yüksek hassasiyet ile ölçebilmektedir. Seyhan Üst-Havzası gibi karmaşık orman yapısına sahip alanlarda yapılan modelleme çalışmalarında akı kuleleri ile elde edilebilecek verilerin test amaçlı kullanımı, araştırmanın daha efektif olmasına katkı sağlayabilir. Bu nedenle ülkemizin en önemli ekosistemlerinden birisi olan Seyhan Havzası'na akın kuleleri tesisinin güncel durum ve geleceğe yönelik karbon modelleme uygulamaları için gerekli olduğu çalışma kapsamında tespit edilmiştir.

NBÜ modelleme sonuçlarına ek olarak alanın toprak solunumu ve döküntü karbon miktarları da hesaplanmıştır. Alandaki toprak solunumu ve döküntü karbon miktarları, NBÜ modelleme sonuçlarına ilave edilmiş ve toplam karbon bütçesi farklı karbon kaynakları birleştirilerek hesaplanmıştır. Alandaki farklı karbon kaynaklarının birleştirilmesi ile hesaplanan toplam karbon bütçesi, depolanan karbonu gerçek değerine yakın olarak temsil etmektedir.

Çalışmada ekosistem bileşenleri alt havza bazında tahmin edilmiştir. Alt havzalar bazında özellikle NBÜ ve yüzey akışı miktarları, alt havzaların sahip olduğu ekosistem kalite potansiyelini temsil etmektedir. Alt havzalara ait genel NBÜ ve yüzey akışı dağılımları Çizelge 5.1'de verilmiştir. Alt havza NBÜ dağılımları Şekil 5.1, yüzey akışı dağılımları Şekil 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları NBÜ ve yüzey akışı dağılımları

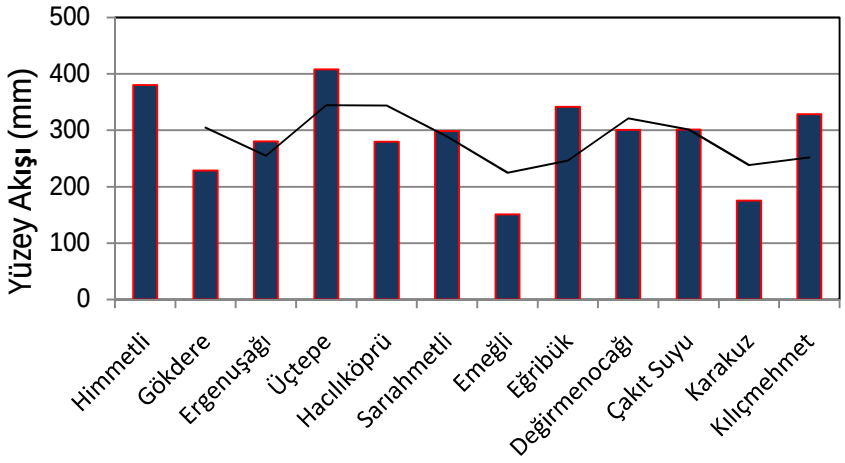
Alt Havza Adı ve Kodları		NBÜ ($gC\ m^{-2}y^{-1}$)	Yüzey Akışı (mm)
Himmetli	1801	873.20	380.41
Gökdere	1805	918.18	228.75
Ergenuşağı	1806	825.10	280.49
Üçtepe	1818	945.71	408.23
Hacılıköprü	1820	905.35	279.71
Sarıahmetli	1821	949.26	298.30
Emeğli	1823	660.86	151.18
Eğribük	1825	879.53	341.94
Değirmenocağı	1827	851.10	300.83
Çakıt Suyu	1828	869.17	301.42
Karakuz	1830	775.02	175.11
Kılıçmehmet	1834	879.53	328.50



Şekil 5.1. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları NBÜ değerleri.

Alt havza bazında NBÜ dağılımları değerlendirildiğinde en verimli alt havzanın Üçtepe olduğu görülmüştür. Toplam NBÜ değerlerinin orman meşcere dağılımlarına paralel olarak yakın miktarda olduğu belirlenmiştir. Emeğli alt havzasında orman alanlarının diğer alt havzalara kıyasla daha az olması, bu alt havzanın NBÜ potansiyeli olumsuz yönde etkilemiştir. Orman verimliliğinin daha az

olduğu bölümlerde geniş yapraklı orman alanlarının tesisi, verimliliğin artırılabilmesi ve alanın yutak özelliğinin desteklenmesi bakımından etkin bir olabilecektir.



Şekil 5.2. Seyhan Üst-Havzası alt havzaları yüzey akışı değerleri

Alt havzalara ait yüzey akışı değerleri incelendiğinde, karstik yüzeyin hakim olduğu alt havzalarda yüzey akışının az olduğu görülmüştür. Yüzey akışının fazla olduğu alt havzalarda amacıyla baraj tesislerinin yapılabilmesi suyun etkin kullanımı açısından önemli olabilecektir.

Ekosistem bileşenlerinin alt havzalar bazında tahmini, Seyhan Üst-Havzası'nın genelinde orman verimliliği ve su potansiyelinin lokal olarak belirlenmesi ve yorumlanmasına olanak sağlamıştır. Bu verilerin entegrasyonu ile lokal olarak plan kararlarının alınması, sürdürülebilir kullanımın sağlanabilmesi açısından önemli rol oynayacaktır.

Çalışma kapsamında NBÜ ve hidrolojik modelleme yaklaşımlarının havza bazında uygulanmasında yaşanan en büyük zorluk alandaki meteoroloji istasyonlarının dağılımıdır. Bölgede fazla sayıda meteoroloji istasyonu bulunmasında rağmen bu istasyonların 48 tanesinde modelleme zaman aralığına uygun veri bulunmaktadır. Uygun veri aralığına sahip istasyonlardan özellikle havzanın orta bölümlerinde bulunan bazılarının birbirlerine olan uzaklıkları 10-50 km arasında değişmektedir. Bu uzaklıklar hidrolojik modelleme uygulamasında veri bölgeselleştirilmesinde uygulanan interpolasyon tekniğinin doğruluğuna olumsuz yönde etki etmektedir. Bu olumsuz etki, alt havzanın orta kesimlerindeki bazı alt

havzaların modelleme uygulamalarında simülasyon hatalarına neden olmuştur. Bu süreç uygun nokta verisi dağılımının modelleme uygulamalarındaki önemini göstermiştir.

Bölgesel ve küresel ölçekte hidroloji ve karbon bileşenleri ile bu bileşenlerin birbirleri üzerine etkilerinin belirlendiği uygulamalarda kullanılan çeşitli model yaklaşımları bulunmaktadır. Bu model yaklaşımları içeriğinde hidroloji ve NBÜ modellerini birleşik biçimde bulundurmakta ve su-karbon bileşenlerini tek bir simülasyonda ayrı ayrı hesaplayabilmektedir. Birleşik model yaklaşım tek bir bünyede çalışmakta fakat bileşenleri birbirinden ayrı hesaplamaktadır. Fakat bu yaklaşımın bazı dezavantajları bulunmaktadır. Özellikle birleşik model kodlarının alan özelliklerine göre uyarlanmasının zor olmasıdır. Çalışma kapsamında birleşik model yaklaşımı kurgulanmış fakat model yaklaşımları ayrı ayrı koşturularak elde edilen sonuçların birleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu yaklaşımda model revizyonunun daha kolay yapılabilmesi nedeni ile birleşik model yaklaşımdan daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan model yaklaşımları orta karmaşık yapılı modeller grubundadır. Orta karmaşık yapıdaki modeller, yüksek ve düşük karmaşıklıktaki modellere kıyasla efor-sonuç ilişkisi göz önüne alındığında araştırma sorusuna daha efektif cevap verebilmektedir. Düşük karmaşıklıkta modeller, kaba veri seti kullanmakta ve sonuçları özellikle bölgesel ölçekte istenilen düzeyde olamamaktadır. Karmaşık yapıdaki modeller ise birim alanda iyi sonuç verebilmekte fakat ihtiyaç duyduğu detaylı veri seti ile yüksek donanım gücü ve zaman gerektirmektedir. Bu modellere oranla daha avantajlı olan orta düzey modellerin en önemli özellikleri günlük zaman serisi kullanmaları ve minimum kalibrasyon ile yüksek doğrulukta çalışabilmesidir. Bununla birlikte ihtiyaç duyduğu veri seti potansiyeli göz önüne alındığında orta karmaşık modeller az sayıda personel ile uygulanabilmektedir. Yüksek karmaşık modeller ise 5 ve üzeri sayıda bir ekip gerektirmektedir.

Orta karmaşık model uygulaması ile Seyhan Üst-Havzası gibi karmaşık yapıdaki alanda uygun veri miktarı ile modelleme uygulamaları kabul edilebilir düzeyde gerçekleştirilmiştir. Bu düzeyin nedeni kullanılan modellerin özellikleridir. J2000 ve BIOME modellerinin en önemli özellikleri farklı arazi tiplerinde

uygulanabilmeleri, havzaya özgü fiziksel özellikleri çözümleyebilmeleri ve farklı büyüklükteki alt havzalara uygulanabilmeleridir.

Havza bazındaki modelleme uygulamalarının başarısı model özellikleri ve uygun model seçimi ile birlikte, model yaklaşımlarının güvenilir olmasıdır.. Bu kapsamda çalışma süresince detaylı literatür araştırmaları ve yurtdışı seyahatleri ile bilgi alt yapısı güçlendirilmiştir. Çalışma süresince etkin literatür tarama süreci, modelleme yaklaşımlarının efektif olarak kullanılması ve istenilen sonuçların kabul edilebilir doğrulukla eldesine büyük katkı sağlamıştır.

Avrupa Peyzaj Sözleşmesi kapsamında "Peyzaj Planlaması" kavramı, peyzajın değerinin arttırılması, iyileştirilmesi veya oluşturulması için yapılan ileriye dönük esaslı eylemler olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2000). Bu temelde, peyzaj planlamada koruma-kullanma dengesinin ortaya konulması, ekolojik ilişkilerin değerlendirilmesi ve sürdürülebilir kullanımın sağlanacağı bir oluşum gerçekleştirilmelidir (Yılmaz ve ark., 2004). Sürdürülebilir kullanımın gerçekleştirilebilmesinin temeli peyzaj potansiyelinin devamlılığı ve kontrol edilmesine bağlıdır. Peyzajın devamlılığı ise peyzajın var olan doğal sistemleriyle olan bağlantılık durumu ile ilgilidir. Bu bağlantının belirlenebilmesinin temel yolu, güncel ve periyodik veriler ile peyzaj kaynakları arasındaki ilişkinin anlaşılabilmesidir. Bu ilişkilerin belirlenmesi, Çevre Düzeni Planı (ÇDP) hedeflerine bakıldığında "Koruma-kullanma dengelerini kurmak ile doğal değerleri korumak ve geliştirmek" gibi Peyzaj Mimarlığı kapsamında ele alınan alan kullanım planlaması ve doğa koruma planlaması hedeflerine katkı sağlayacaktır.

Günümüzde yürürlükte olan VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı temelinde ormancılık politikalarının en önemli hedefleri, i) orman alanlarının ve kaynaklarının etkin şekilde korunması ve ii) ormanların uygun işlevlere göre geliştirilmesi ve genişletilmesidir. Seyhan Üst-Havzası'nda geniş alanlarda Kızılçam ormanları yayılım göstermekte ve bu ormanlar alandaki orman alanlarının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Buna karşılık alanda geniş yapraklı Meşe türleri, orman alanlarının çok küçük bir bölümünü kaplamaktadır. Meşe türleri, sahip oldukları yaprak genişliği fizyolojik özelliklerine bağlı olarak iğne yapraklı Kızılçam ormanlarına oranla daha fazla karbon tutabilme kapasitesine sahiptir. Bu temelde, BIOME modeli

ile geniş yapraklı orman meşcerelerinin iğne yapraklılara oranla daha fazla karbon tutabilme kapasitesine sahip olması bazı orman meşcere tiplerinde revizyon yapılabilmesi gerçeğini ortaya koymuştur. Ormancılık politikalarına göre ormanların uygun işlevlere göre geliştirilmesi, geniş yapraklı ve özellikle Meşe türlerinin dikilmesi, uzun vadede iklim değişikliğinin etkileri altında havza ölçeğinde karbon tutma potansiyelinin artırılabilmesi için önemli bir potansiyel sağlayacaktır.

Peyzaj kaynaklarının izlenebilmesi ve aralarındaki ilişkilerin ortaya konulabilmesi kapsamında bu çalışma, ülkemizin su dengesi ve orman topluluklarının çeşitliliği bakımından zengin havzalarında biri olan Seyhan Üst-Havzası'nda eko-hidrolojik durumun ve etkileşimlerin ortaya konulabilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Peyzaj birimleri temelinde, ekosistem bileşenleri arasındaki karmaşık ilişkinin özellikle iklim değişikliğinin etkisi de dahil edilerek çözümlenmesi, uygun havza yönetiminde plan kararları alınması için zengin bir altlık veri seti sağlamaktadır. Bölgede geçmiş dönemlerde kısıtlı düzeyde hidrolojik ve verimlilik modelleme uygulamaları da gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar hidroloji veya verimlilik düzeyinde alan ile ilgili bilgi sağlamakla birlikte eko-hidrolojik yapı etkileşimlerini temsil etmemişlerdir. Farklı model yaklaşımları ile su ve karbon potansiyeli ve etkileşimlerinin ortaya konulması alanında Seyhan Havzası'nda ilk uygulama özelliği taşıması, çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır.

İklim değişikliği ile Kyoto Protokolü sürecinde karbon bütçeleri ile birlikte su potansiyelinin tahmininin gerekliliği bilinmektedir. Bu nedenle su ve karbon modelleme uygulamalarının ülkemizdeki farklı havzalara uygulanması ve havza düzeyinde bir envanter sisteminin oluşturulması gereklilik haline gelmiştir. Seyhan Üst-Havzası'nda çalışma kapsamında başarı ile uygulanan modelleme yaklaşımlarının farklı havzalara da uygulanması bu envanterin oluşturulmasına katkı sağlayacak en gerçekçi çözümlerden birisidir.

KAYNAKLAR

AHUJA, L.R., ASCOUGH, J.C., DAVID, O., 2005. Developing natural resource models using the object modeling system: feasibility and challenges, Advances in Geosciences, Vol. 4, pp 29-36.

AKMAN, Y., 1990. İklim ve Biyoiklim, Palme Yayın Dağıtım, Ankara.

ALLEN, R. G., PEREIRA, L., RAES, D., AND SMITH, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.

ALLISON, F. E., R. M. MURPHY, AND C. J. KLEIN, 1963: Nitrogen requirements for the decomposition of various kinds of finely ground woods in soil. Soil Sci., 96, 187–190.

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

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

ANCTIL F., TAPE D.G., 2004. "An Exploration of Artificial Neural Network Rainfall-Runoff Forecasting Combined with Wavelet Decomposition", J. Environ. Eng. Sci., 3, 121-128.

ANDERSON, E. A., 1973. National Weather Service River Forecast System – Snow Accumulation and Ablation model. Tech. mem. nws-hydro-17, National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA).

ANDERSON, J. R., et al., 1976. A land use and land cover classification for use with remote sensor data, U.S. Geological Survey Professional Paper 964, Washington, U.S. Government Printing Office.

ANONİM, 1974. Seyhan Havzası Toprakları. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, 286, Raporlar Serisi:70, Havza No: 18.

ANONİM, 2000. Avrupa Peyzaj Sözleşmesi, Strasbourg. Çeviri Dr. Nilgül Görer.

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

ANONİM, 2006a. İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu ve Uzaktan Algılama Merkezi İnternet Sitesi. www.cscrs.itu.edu.tr.

ANONİM, 2007. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Uzaktan Algılama & Coğrafi Bilgi Sistemleri Merkezi Resmi İnternet Sitesi (http://www20.uludag.edu.tr/~rsgis/UYDUbilgi.html).

ANONİM, 2007a. Çevre ve Orman Bakanlığı Resmi İnternet Sitesi (http://www.cevreorman.gov.tr/or/2007.html).

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

ANONİM,2007c. Avrupa Uzay Ajansı Resmi İnternet Sitesi.http://envisat.esa.int/instruments/meris/

ANONİM, 2009a, Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi (NASA) Resmi İnternet Sitesi. www.nasa.gov.tr.

ANONİM, 2009b, Calgary Üniversitesi Resmi İnternet Sitesi, http://www.ucalgary.ca/geog/Virtual/RemoteSensing

ANONYMOUS, 2007b. Orman Genel Müdürlüğü Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü Web Sitesi. http://www.ogm-Balikesirobm.gov.tr/amenajman.html

ANONİM, 2009c. Friedrich-Schiller Üniversitesi, Geoinformatik Bölümü Resmi İnternet Sitesi. http://jams.uni-jena.de/index.php

ANTAR M.A., ELASSIOUTI I., ALLAM M.N., 2006. “Rainfall-Runoff Modeling Using Artificial Neural Networks Technique: A Blue Nile Catchment Case Study”, Hydrological Processes, 20, 1201-1216.

BECKERS J., SMERDON B., REDDING T., ANDERSON A., PIKE R., WERNER A.T.. 2009a. Hydrologic Models for Forest Management Applications: Part 1: Model Selection. Streamline Watershed Management Bulletin Vol. 13/No. 1, pp. 35–44.

BECKERS J., SMERDON B., REDDING T., ANDERSON A., PIKE R., WERNER A.T.. 2009b. Hydrologic Models for Forest Management Applications: Part 2: Incorporating the Effects of Climate Change. Streamline Watershed Management Bulletin Vol. 13/No. 1, pp. 45–54.

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,. Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti Kullanarak Modellenmesi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi – TİKDEK 2007, 11 - 13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, CD üzerinde.

BERBEROĞLU S., DÖNMEZ C., ÖZKAN C., 2007b. Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti kullanarak Modellenmesi, 1. Türkiye İklim Değişikliği Sempozyumu, İstanbul, CD üzerinde.

BERBEROĞLU S., GÜLTEKİN E., ÇETİN M., KAYA Z., ERK N., ORTAŞ İ., EVRENDİLEK F., ÇEVİK F., DÖNMEZ C., SATIR O., DERİCİ B., ERDOĞAN M.A., AKIN A., 2009. "Doğu Akdeniz için Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı bütüncül su kaynakları yönetim sistemi: Seyhan Nehri bölgesel temiz su eylem planı. TUBITAK Proje No: 105Y151. Final Raporu.

BERG, B., G. EKHBOM, AND C. MCCLAUGHERTY, 1984: Lignin and holocellulose relations during longterm decomposition of some forest litters. Long-term decomposition in a Scots pine forest. IV. Can. J. Bot., 62, 2540–2550.

BİRİNCİ V., ÖNÖZ B., 2010. Aylık Akımların Modellenmesi. VI. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı 700–709.

BONAN, G. B., 1995. Land-Atmosphere CO2 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.

BONGARTZ K., 2003. Applying different spatial distribution and modelling concepts in three nested mesoscale catchments of Germany. Physics and Chemistry of the Earth 28 (2003) 1343–1349.

BOSCH JM, HEWLETT JD. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *Journal of Hydrology* **55**: 3–23.

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.

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.

CHERKAUER D.S., 2004. Ouantifying Ground Water Recharge at Multiple Scales Using PRMS and GIS. Ground Water, Volume 1., pp. 97-110.

CHIESI M., MASELLI F., MORIONDO M., FIBBI L., BINDI M., RUNNING S.W. 2007, Application of BIOME to simulate Mediterranean forest processes. Ecological Modelling. V.: 206, pp. 179-190.

CIĞIZOGLU H.K., ALP M., 2004. "Rainfall-Runoff Modeling Using Three Neural Network Methods", Artificial Intelligence and Soft Computing – ICAISC 2004, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 3070, 166-171.

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.

COMEAU, P. G., AND J. P. KIMMINS, 1989. Above- and below-ground biomass and production of lodgepole pine on sites with differing soil moisture regimes. Can. J. For. Res., 19, 447–454.

DAVIS, P.H., 1965. "Flora of Turkey and the East Aegean Islands", 1(9), Edinburgh University Press, Edinburgh, UK.

DÖLL P., LEHNER B., KASPAR F., 2002. Global Modeling of Groundwater Recharge. Proceedings of Third International Conference on Water Resources and the Environment Research, Technical University of Dresden, Germany, ISBN 3-934253-17-2, Vol. I, 27-31.

DÖNMEZ C., BERBEROĞLU S., 2007. Envisat MERIS Veri Seti Kullanarak Seyhan Üst-Havzası Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması. Türkiye Ulusal Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu, İstanbul. CD üzerinde.

DÖNMEZ C., 2008. Envisat MERIS Uydu Verileri Kullanarak Seyhan Yukarı Havzası Ormanlarında Meşcere Kapalılığının Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, 114 sf., Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. (Danışman: Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU).

DÖNMEZ C., KRAUSE P., BERBEROĞLU S., HELMSCHROT J., THOMAS E., 2009. Modelling Hydrological Dynamics in Eastern Turkey using J2000g Model. ESA-ESRIN Earth Observation and Water Cycle Science Symposium Frascati, ITALY, CD üzerinde.

DURAN C., 2007. Uzaktan Algılama Teknikleri ile Bitki Örtüsü Analizi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü (DOA) Dergisi. (Journal of DOA) Sayı. 13, sf. 45-67.

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

ELLENBERG, H., 1981. Productivity of forest ecosystems studied during the IBP: The woodlands data set. Dynamic Properties of Forest Ecosystems, edited by D. E. Reichle, Cambridge Univ. Press, New York 666–668.

EKEN, G., BOZDĞAN, M., İSFENDİYAROĞLU, S., KILIÇ, D.T., LİSE, Y., 2006. Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. I. Cilt. Doğa derneği, Ankara. ISBN: 978-975 - 98901-3-1 (TK.NO), 978-975-98901-4-8 (1-C.).

ELÇİ A., FISTIKOĞLU O., 2010. İklim Değişikliğinin İzmir-Tahtalı Havzası Yeraltı Suyu Sistemine Etkisinin Modellenmesi. VI. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı sf.583–600. Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

ERDOĞAN M.A., 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Habitat Modelleme: Akça Cılıbıt Populasyonu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.

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.

FARQUHAR, G.D., VON CAEMMERER, S., BERRY, J.A., 1980. A biochemical model of photosynthetic CO2 assimilation in leaves of C3 species. Planta 149, 78–90.

FIELD, C.B., RANDERSON, J.T., MALMSTRÖM C.M., 1995., Global Net Primary Production: Combining Ecology and Remote Sensing. Remote Sensing Environment 51:74-88.

FLUGEL, W.A., 1995. Delineating hydrological response units (HRUs) by GIS analysis regional hydrological modelling using PRMS / MMS in the drainage basin of the River, Germany. Hydrological Processes 9, 423–436.

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

GÜLER, Ç., ÇOBANOĞLU, Z., 1997. Enerji ve Çevre. Çevre Sağlığı. Temel Kaynak Dizisi. No:41. Ankara.

GÜZELMANSUR A., SALICI A., ALTAN T., 2007. Olası İklim Değişikliğinin Yukarı Seyhan Havzası Turizmine Etkileri, 1. Türkiye İklim Değişikliği Sempozyumu, İstanbul.

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., TOWNSHEND R., DEFRIES S., CARROLL M. 2003. Estimation of tree cover using MODIS data at global, continental and regional/local scales, International Journal of Remote Sensing, Vol. 26, sf., 4359–4380.

HANSEN M.C., TOWNSHEND J., DEFRIES R.S., CARROLL M., 2005. Estimation of tree cover using MODIS data at global, continental and regional/local scales, International Journal of Remote Sensing Vol. 26, No. 19, sf. 4359–4380.

HAXELTINE A., PRENTICE C., 1996. BIOME3 An equilibrium terrestrial biosphere model based on ecophysical constrains, resource availability , and competition among plant functional types. Global Biogeochemical Cycles, 10(4), 693-709.

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 J.A., ASNER G.P., RANDERSON J., TUCKER C., LOS S., BIRDSEY R., JENKINS J., FIELD C., HOLLAND E., 2002. Satellite-derived increases in net primary productivity across North America, 1982–1998. Geophysical Research Letters, Vol. 29, No. 10, 1427, 10.1029/2001gl013578.

HSU K., GUPTA H.V., SOROOSHIAN S., 1995. “Artificial Neural Network Modeling of the Rainfall-Runoff Process”, Water Resources Research, 31, 2517-2530.

HWANG T., KANG S., KIMZ J., KIM Y., LEE D., BAND L., 2008. Evaluating drought effect on MODIS Gross Primary Production (GPP) with an eco-hydrological model in the mountainous forest, East Asia. Global Change Biology. V.14, 1037–1056.

KOZLOWSKI, T. T., and S. G. PALLARDY 1997: Physiology of Woody Plants. Academic Press, San Diego, 411 pp.

ICCAP,. ICCAP Project: Turkish Group Final Reports. Impact Of Climate Changes On Agricultural Production System in Arid Areas (ICCAP). 2007(b). Kurak alanlarda İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Sistemlerine Etkisi. Research Institute for Humanity and Nature (RIHN); The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK). Edit by Research Team for thr ICCAP Project. ICCAP Pub.No. 11, 188 p.

ICCAP,. The final report of ICCAP Project. The research project on the impact of climate changes on agricultural production system in arid areas (ICCAP), 2007(a). Research Institute for Humanity and Nature (RIHN); The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK). Edit by Research Team for thr ICCAP Project. ICCAP Pub. No. 343 p.

JACKSON R.B., CARPENTER S.R., DAHM C.N., MCKNIGHT D.M., NAIMAN R.J., POSTEL SL, RUNNING S.W., 2001. Water in a changing world. *Ecological Applications* **11**(4): 1027–1045.

JAIN S.K., DAS D., SRIVASTAVA D.K., 1999. "Application of ANN for Reservoir Inflow Prediction and Operation", Journal of Water Resources Planning Management ASCE, 125(5), 263-271.

KİŞİ Ö., 2000. "River Flow Modeling Using Artificial Neural Networks", Journal of Hydrologic Engineering ASCE, 10.1061/(ASCE)1084-0699, 9:1 (60).

KOUDMANI M., 2004. Applications of Remote Sensing to Hydrology and Hydrogeology. International Conference on Water Resources and Arid Environment. on CD.

KRALISCH, S., KRAUSE, P. and DAVID O., 2005. Using the Object Modeling System for hydrological model development and application. Advances in Geosciences,(4):75–81.

KRAUSE P., 2002, Quantifying the impact of land use changes on the water balance of large catchments using the J2000 model. *Physics and Chemistry of the Earth* Volume 27. pp. 663–673.

KRAUSE P., HANISCH S., 2009. Simulation and analysis of the impact of projected climate change on the spatially distributed waterbalance in Thuringia, Germany. Advanced Geosciences.

KRAUSE, P. 2001. Das hydrologische Modellsystem J2000: Beschreibung und Anwendung in großen Flußeinzugsgebieten. Schriften des Forschungszentrum Julich:Reihe Umwelt/Environment; Band 29.

KURT, İ., TÜRE, M., KÜRÜM, A.T., 2007. Koroner Arter Hastalığının Tahmininde Sınıflandırma Tekniklerinin Performanslarının Karşılaştırılması. VII. Ulusal Biyoistatistik Kongresi, İstanbul.

LAMBERTY B.B., STITH G.T., DOUGLAS E. A., THORNTON P.E., 2005. Reimplementation of the Biome-BGC model to simulate successional change. Tree Physiology V.:25, pp.413–424. Heron Publishing, Victoria, Canada.

LANGE H., 2010. Modelling carbon dynamics in forest ecosystems using Biome-BGC. Greenhouse-gas budget of soils under changing climate and land use (BurnOut) • COST 639, pp. 63-71.

LEAVESLEY, G.H., LICHTY, R.W., TROUTMAN, B. M., SAINDON, L.G., 1983. The Precipitation Runoff Modeling System – PRMS: User's manual. Water Resources Investigation Report 83-4238, USGS, Denver, Colorado.

LEAVESLEY, G.H., LICHTY, R.W., TROUTMAN, B. M., SAINDON, L.G., 1983. The Precipitation Runoff Modeling System – PRMS: User's manual. Water Resources Investigation Report 83-4238, USGS, Denver, Colorado.

LEAVESLEY, G.H., RESTREPO, P.J., MARKSTROM, S.L., DIXON, M., STANNARD, L.G., 1996. The Modular Modeling System (MMS): User's manual, Open File Report 96-151, USGS, Denver, Colorado.

LIETH, H., WHITTAKER, R. H., (Eds), 1975. Primary Productivity Biosphere. Speinger, New York.

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.

LOBELL, D.B., J.A. HICKE, G. P. ASNER, C.B. FIELD, C. J. TUCKER, S.O. 2002, “Satellite estimates of productivity and light use efficiency in United States agriculture 1982–1998”, Glob. Chem. Biol. 8: 722–735.

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, 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.

MAKTAV, D., SUNAR, F., 1991. Uzaktan Algılama: Kantitatif Yaklaşım. Hürriyet Ofset A.Ş. Çeviri Kitap.

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

MARTINEC J., 1960. The degree-day factor for snowmelt-runoff forecasting, IASH Gen. Assembly of Helsinki, Comm. On surface waters, 468.

MEYDAN H.S.T., 2008. ‘Yukarı Seyhan Havzası’nda Uzaktan Algılama Yöntemleri İle Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması Ve Bazı Orman Meşcerelerinde Verimliliğin Modellenmesi’ Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana (Danışman: Prof.Dr.Süha BERBEROĞLU).

MİGM, 2000. Adana Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Adana ili Yıllık İklim Verileri, Adana.

MILLER, H. G., AND J. D. MILLER, 1976. Effect of nitrogen supply on net primary production in Corsican pine. J. Appl. Ecol., 13, 249–256.

MONTEITH, J.L. 1965. Evaporation and environment. pp. 205-234. In G.E. Fogg (ed.) Symposium of the Society for Experimental Biology, The State and Movement of Water in Living Organisms, Vol. 19, Academic Press, Inc., NY.

MOORE, R.J., 1985. The Probability-Distributed Principle and Runoff Production at Point and Basin Scale Hydrological Sciences Journal, 30(2):273–297.

NAIDU, S. L., J. H. SULLIVAN, A. H. TERAMURA, AND E. H. DELUCIA, 1993. The effects of ultraviolet-B radiation on photosynthesis of different aged needles in field-grown loblolly pine. Tree Physiol., 12, 151–162.

NAMAYANGA N.L., 2002. Estimating Terrestrial Carbon Sequestered In Aboveground Woody Biomass From Remotely Sensed Data. Yüksek Lisans Tezi. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). 64.sf.

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.

NASH, J.E, SUTCLIFFE, J.V., 1970: River flow forecasting through conceptual models; Part I-A discussion of principles; Journal of Hydrology; No. 10, 282 – 290.

OCHI, S., SHIBASAKI, R., MURAI S., 2000. Assessment of Primary Productivity For Food Production In Major Basins Of Asia Using R.S. and GIS. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B7.

OLTCHEV A., CERMAK J., GURTZ J., TISHENKO A., KIELY G., ADEZHDINA N., ZAPPA M., LEBEDEVA N., VITVAR T., ALBERTSON J.D., 2002. The response of the water fluxes of the boreal forest region at the Volga's source area to climatic and land-use changes. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 27: 675–690.

ÖZKAYA M., KAYA Y., 2010. EİE'de Kar Gözlemleri ve Ölçüm Yöntemleri, VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

ÖZLÜ A., 2008. Bazı Kar-Erime Modellerine Genel Bir Bakış. Devlet Su İşleri (DSİ) VIII. Bölge Müdürlüğü, Kar Hidrolojisi Konferansı Bildiri Kitabı, sf.123–140.

ÖZTÜRK K., 2002. 'Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri', Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 1, sf. 47-65.

PARTON,W.J., SCURLOCK, J.M.O., AND OJIMA, D.S., 1993, Observations and modeling of biomass and soil organic matter dynamics for the grassland biome worldwide. *Global Biogeochemical Cycles*, **7**, 785-809.

POTTER C., DAVIDSON A., KLOOSTER S., NEPSTAD D., DE NEGREIROS G.H., BROOKS V., 1998., Regional Application of an Ecosystem Production Model for Studies of Biogeochemistry in Brazilian Amazonia. Global Change Biology, Vol.4, pp.315-333.

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., KLOOSTER, S., MYNENI, R., GENOVESE, V., TAN, P.N., KUMAR, V., 2003a, Continental-scale comparisons of terrestrial carbon sinks estimated from satellite data and ecosystem modeling 1982–1998. *Global and Planetery Change39, 201-213.*

POTTER, C.S., KLOOSTER, S., STEINBACH, M., TAN, P., SHEIKARAND, S., AND CARVALHO, C., 2004, Understanding global teleconnections of climate to regional model estimates of Amazon ecosystem carbon fluxes. *Global Change Biology*, **10**, 693 – 703.

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.

QINXUEA W., MASATAKAA W., ZHU O., 2005., Simulation of water and carbon fluxes using BIOME-BGC model over crops in China. Agricultural and Forest Meteorology. 131. pp.209–224.

REES W.G. 2001. Physical Principles of Remote Sensing. Cambridge University Press. ISBN: 0521-66034-3.

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, NITTO D., BILBISI H.A., TATEISHI R., 2005. Percent Tree Cover Estimation Using Regression Tree Method - A Case Study Of Africa with Very-High Resolution Quickbird İmages As Training Data, 0-7803-9050-4/05 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.

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., RAMAKRISHNA, R., NEMANI, F., HEINSCH, A., MAOSHENG, Z., REEVES, M., HASHIMOTO, H., 2004, A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. *BioScience*, **54**, 547 – 560.

SCHAPER J. ve SEIDEL K., 2000. Modelling Daily Runoff From Snow and Glacier Melt Using Remote Sensing Data. Proceedings of EARSeL-SIG-Workshop Land Ice and Snow. Sf. 308–317.

SCHOWENGERDT, R.A., 1997. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Academic Press, San Diego.

SCHULLA, J., JASPER, K., 1999. Model Description WaSiM-ETH (Water balance Simulation Model ETH). Technical report, ETH, Zurich, CH.

SHAMSELDIN A.Y., 1997. "Application of A Neural Network Technique to Rainfall-Runoff Modeling", Journal of Hydrology, 199, 272-294.

SINGH P., DEO M.C., 2007."Suitability of Different Neural Networks in Daily Flow Forecasting", Applied Soft Computing, 7, 968–978.

SINGH, V. P. and FIORENTINO, M. 1996, 'Hydrologic modeling with GIS', In *Geographical Information Systems in Hydrology*, Eds. V. P. Singh and M. Fiorentino. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-13.

SITCH S., SMITH, B., PRENTICE I.C., ARNETH A., BONDEAU A., CRAMER W., KAPLAN J.O., LEVIS S., LUTCH W., SKYES M.T., THONICKE K., VENEVSKY S., 2003. Evaluation of Ecosystem Dynamics, Plant Geography and Terrestrial Carbon Cycling in the LPJ Dynamic Global Vegetation Model. Global Change Biology, Volume 9, pp.161-185.

SITCH, S., B. SMITH, I.C. PRENTICE, A. ARNETH, A. BONDEAU, W. CRAMER, J.O. KAPLAN, S. LEVIS, W. LUCHT, M.T. SYKES, K. THONICKE, S. VENEVSKY, 2003. Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model. Global Change Biol., 9 , 161-185, 2003.

SMITH, B., PRENTICE, I.C. AND SYKES, M.T., 2001. Representation of Vegetation Dynamics in the Modelling of Terrestrial Ecosystems: Comparing Two Contrasting Approaches within European Climate Space, Global Ecologyand Biogeography, 10, 621–637.

SUN, R., ZHU, Q., 2001. Estimation of Net Primary Productivity in China Using NOAAA-AVHRR Data. IEEE.

SUNAR, F., 1992. Water-Quality Assessment in the Izmit Bay Using Landsat-TM Image Data, The Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 13, No.1, pp.79-86.

ŞATIR O., 2006. Uygun Bulanık (Fuzzy) Sınıflama Yöntemleri İle Aladağ Örneğinde Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana 2006.

TAGUE C.L., BAND L.E., 2004, RHESSys: Regional Hydro-Ecologic Si.mulation System—An Object- Oriented Approach to Spatially Distributed Modeling of Carbon, Water, and Nutrient Cycling. Earth Interactions, Volume 8, Paper No. 19.

TANAKA K., FUJIHARA Y., KOJIRI T., 2007. Projection of the Impact of Climate Change on the Surface Energy and Water Balance in the Seyhan River Basin Turkey. ”Impact of Climate Change on Agricultural Production in Arid Areas” ICCAP Project Final Report. Supported by the Turkish Scientific and Technological Research Council (TUBITAK) and the Research Institute for Humanity and Nature-Japan (RIHN).

TATARINOV F.A., CIENCIALA E., 2006. Application of BIOME-BGC model to managed forests; Sensitivity analysis. Forest Ecology and Management 237 (2006) 267–279.

TEILLET, P.M., STAENZ, K. and WILLIAMS, D.J. 1997: Effects of Spectral, Spatial, and Radiometric Characteristics on Remote Sensing Vegetation Indices of Forested Regions, Remote Sensing of Environment, Volume 61, No.1, July, pp.139–149.

TEZCAN L., EKMEKÇİ M., ATİLLA Ö, GÜRKAN D., YALÇINKAYA O., OTGONBAYAR N., SOYLU M.E., DONMA S., YILMAZER D., AKYATAN A., PELEN N., TOPALOĞLU F., IRVEM A. 2007. Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources of Seyhan River Basin. ”Impact of Climate Change on Agricultural Production in Arid Areas” ICCAP Project Final Report. Supported by the Turkish Scientific and Technological Research Council (TUBITAK) and the Research Institute for Humanity and Nature-Japan (RIHN).

THORNTHWAITE, C. W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38 (1): 55–94.

THORNTON P., RUNNING S., 2002. User’s Guide for Biome-BGC, Version 4.1.2.

THORNTON, P.E., LAWB, B.E., HENRY L. GHOLZ C., KENNETH L., CLARK C., FALGE E., ELLSWORTH D.S., GOLDSTEİN A.H., MONSONG, R.K., HOLLINGER D., FALK M., CHENJ, J., SPARKS J.P., 2002. Modeling and measuring the effects of disturbance history and climate on carbon and water budgets in evergreen needleleaf forests. Agricultural and Forest Meteorology 113, 185–222.

TOBIN K.J., BENNETT M.E., 2009. Using Swat To Model Streamflow In Two River Basins With Ground and Satellite Precipitation Data. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). Paper No. JAWRA-07-0186-P. pp.253-271.

TURCOTTE, R., FOTIN, J.P., ROUSSEAU, A.N., MASSICOTTE, M., VILLENUEVE, J.P. 2001. Determination of the drainage structure of a watershed using a digital elevation model and a digital river and lake network. Journal of Hydrology 240 (2001) 225–242.

TUTKUN, S.Z., 1984, Saimbeyli (Adana) yöresinin stratigrafisi: Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fak. Derg., Seri A-Yerbilimleri, l, l, 31-43. www.ibsyazilim.com.

TÜRKEŞ, M. 2001. Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. Tesisat Mühendisliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, sf. 61, İstanbul.

U.S. ARMY, 1956. Snow Hydrology: Summary report of snow investigations, Department of Army U.S. Army crops of engineers, 437 s, Washington DC.

USTIN S.L. 2004. Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring. Manual of remote sensing. John Wiley and Sons. 3rd Edition, Volume 4, USA.

UZUN, G., ALTUNKASA M. F., ALTAN T., YÜCEL M., GÜLTEKİN E, DÜZENLİ A., AVŞAR N., YILMAZ K.T., KARACA İ., 2000. Aladağlar Milli Parkı Uzun Devreli Gelişme Planı, Çukurova Üniversitesi, Target Ltd. Şti., Adana.

VEHVILÄINEN, B., 1992. Snow cover models in operational watershed forecasting. Yhteenveto: Lumimallit vesistöjen ennustemalleissa. In: Publications of the Water and Environment Research Institute 11, National Board of Waters and the Environment, Finland, Helsinki.

VERBYLA, D.L. 1995. Satellite remote sensing of natural resources. CRC Press LLC, USA.

WARING R.H., RUNNING S.W., 1998. *Forest Ecosystems, Analysis at Multiple Scales*. Academic Press.

WARING RH, RUNNING SW. 1998. *Forest Ecosystems, Analysis at Multiple Scales*. Academic Press.

WARING, R. H., AND W. H. SCHLESINGER, 1985. Forest Ecosystems: Concepts and Management. Academic Press, San Diego.

WHITE M.A., THORNTON P.E.., RUNNING S.W., RAMAKRSHINA R. NEMANI, 2000. Parameterization and Sensitivity Analysis of the BIOME–BGC Terrestrial Ecosystem Model: Net Primary Production Controls. Earth Interactions, Volume 4, pp.1-85.

WILBY R.L., DAWSON C., 2007. SDSM - A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, User Manual.

WILSON L.L., TSANG L., HWANG J.N., and CHEN C., 1999. Mapping Snow Water Equivalent by Combining a Spatially Distributed Snow Hydrology Model with Passive Microwave Remote-Sensing Data. IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing, Vol.37, No. 2.

WOODWARD, F.I., SMITH, T.M., AND EMANUEL, W.R., 1995, A global land primary productivity and phytogeography model. *Global BiogeochemicalCycles 9, 471-490.*

XIAOMING Z., XINXIAO Y., SIHONG W., MANLIANG Z.,, JIANLAO L., 2007. Response of land use/coverage change to hydrological dynamics at watershed scale in the Loess Plateau of China. *Acta Ecologica Sinica,* V.27 Issue 2, 414−423.

PANSHIN, A. J., AND C. DE ZEEUW 1980. Textbook of Wood Technology. 4th ed., McGraw-Hill, New York, 722 pp.

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.

YERDELEN C., 2006. Mevsimlik Kar Erimesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi. Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi. c.21, s.3 -4.

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.

YILMAZ K. T., ÇAKAN, H., DÜZENLİ, A., 2004. Çukurova Deltaları Örneğinde Biyolojik Veri Envanterine Dayalı Yönetim Yaklaşımı, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Çukurova Üniversitesi, Bildiriler Kitabı Cilt 1 S: 149-155. Adana.

YOMRALIOĞLU, T., ÇELİK, K., 1994. GIS ?. 1.Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Sayfa:21-32, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

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.

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.

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.

ZIERL B., BUGMANN H., TAGUE C.L., 2007. Water and carbon fluxes of European ecosystems: An evaluation of the ecohydrological model RHESSys. Hydrological Processes, V.21, 3328–3339.

ÖZGEÇMİŞ

Cenk DÖNMEZ, 01.12.1982 tarihinde Bursa'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bursa'da tamamladı. Lisans öğrenimine 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünde başladı ve bu bölümden 2005 yılında mezun oldu. 2006 yılında Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı ve araştırma görevlisi olarak atandı. 2008 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı ve aynı anabilim dalında doktora öğrenimine başladı. Araştırma görevlisi olarak sürdürdüğü doktora çalışmalarını 2012 yılında tamamladı.