

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK MENDERES HAVZASI İÇİN
EKOLOJİK RİSK ANALİZİ YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet Akif ERDOĞAN

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

EYLÜL 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK MENDERES HAVZASI İÇİN
EKOLOJİK RİSK ANALİZİ YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Mehmet Akif ERDOĞAN
(502082601)**

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY

EYLÜL 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **502082601** numaralı Doktora Öğrencisi **Mehmet Akif ERDOĞAN** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**Büyük Menderes Havzası için Ekolojik Risk Analizi Yöntemi Geliştirilmesi**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ahmet Cengiz YILDIZCI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Adnan UZUN
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
Çukurova Üniversitesi

Doç. Dr. Azime TEZER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Haziran 2012**

Savunma Tarihi : **25 Eylül 2012**

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilimsel ve manevi destekleriyle yol gösterici olan danışmanım Doç.Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY'a bu günlerime gelmemde gösterdiğin tüm kaykılar için teşekkürlerimi bir borç bilirim. Aynı hislerle özellikle tüm yol göstericiliği ve hoşgörüsü nezlinde yüksek lisans danışmanım olan ve doktora dönemimde de aynı özveriyi gösteren Prof.Dr. Süha BERBEROĞLU'a minnetlerimi bir ömür sunmaktayım.

“Sen hayallerinin peşinde git biz sonuna kadar arkadayız” diyerek bu sözlerini her daim hissettiren ve sergileyen böylelikle de hayattaki en büyük hayalimden biri olan bu çalışmayı tamamlamam için ilk doğduğum günden bu güne herdaim yegane motive nedenim olan babam, annem ve de kardeşlerime sonsuz minnetlerimi sunarım; sizlere borcumu asla ödeyemem.

Çalışma, TÜBİTAK'dan “Büyük Menderes Havzası'nda Ekolojik Risk Modellemesi” isimli 111Y324 numaralı proje kapsamında destek almıştır.

Bu çalışmayı hazırlama sürecim boyunca benden bilgi, arkadaşlık, hoşgörü ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen iş arkadaşlarım olan ÇÜ Peyzaj Mimarlığı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Laboratuvarı ekibine (Anıl AKIN TANRIÖVER, Onur ŞATIR, Cenk DÖNMEZ, Ahmet ÇILEK, Merve ŞAHINGÖZ ve Duygu ALADAĞ) sonsuz teşekkürler.

Son olarak arkadaşlıklarıyla özellikle zor günlerimde desteklerinden ötürü benliğimdeki yaşam gücünün odakları olan dostlarım; Ercan YURDAKUL, Kıvılcım ŞAHİN, Öncü ŞAHİN, Özcan DEMİRTAŞ, Seda KENDİR, Meliha GÜLER, Halil DUYMUŞ ve abim İmdat ERTÜRK'e de teşekkürlerimi sunarım.

Aileme ve dostlarıma itaf ediyorum.

Haziran 2012

Mehmet Akif ERDOĞAN
Peyzaj Yüksek Mimarı

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. EKOLOJİK RİSK ANALİZİ BİLEŞENLERİ	5
2.1 Ekolojik Risk	6
2.2 Ekolojik Riski Oluşturan Çevresel Etkenler	7
2.2.1 Erozyon	8
2.2.2 Kuraklık	10
2.2.3 Orman yangınları	14
2.2.4 Doğal bitki örtüsünde verimlilik azalması	16
2.2.5 Nüfus artışı.....	19
2.2.6 Alan kullanım/arazi örtüsü değişimi	20
2.3 Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri	21
2.4 Ekolojik Modeller	25
3. ARAŞTIRMA ALANI, VERİLERİ VE YÖNTEMİ.....	29
3.1 Araştırma Alanı.....	29
3.1.1 Topoğrafya.....	31
3.1.2 Hidroloji.....	34
3.1.3 İklim ve bitki örtüsü.....	38
3.1.4 Toprak yapısı ve jeolojik durum	39
3.2 Mevzuat ve İlgili Planlar.....	41
3.3 Araştırma Verileri	48
3.3.1 LANDSAT uydu görüntüleri	48
3.3.2 MODIS uydu görüntüsü.....	50
3.3.3 DEM (digital elevation model - sayısal yükseklik modeli) görüntüsü	52
3.3.4 İklim verileri	53
3.3.5 Diğer veriler	53
3.4 Yöntem.....	54
3.4.1 Literatür taraması ve veri temini.....	55
3.4.2 Veri düzenleme ve hazırlama.....	56
3.4.2.1 Görüntü sınıflama	56
3.4.2.2 Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi (NDVI)	58
3.4.2.3 İnterpolasyon yöntemi	58
3.4.3 Modelleme	60
3.4.3.1 Erozyon modelleme	60

3.4.3.2 Kuraklık modelleme.....	66
3.4.3.3 Yangın riski modelleme	67
3.4.3.4 Net birincil üretim modellemesi	70
3.4.3.5 Nüfus değişimi	72
3.4.3.6 Alan kullanım/arazi örtüsü değişimi	74
3.4.4 Sonuç ve önerilerin geliştirilmesi	75
4. TEMEL VERİ DÜZENLEME VE HAZIRLAMA.....	77
4.1 Alan Kullanım/Arazi Örtüsü	77
4.2 NDVI.....	84
4.3 İklim	87
4.4 Topografya	93
4.5 Toprak	96
4.6 Nüfus	97
5. BMH EKOLOJİK RİSK MODELLEME BULGULARI	101
5.1 Erozyon Modelleme	101
5.1.1 Yağmur aşındırma (R) faktörü	101
5.1.2 Toprak aşınabilirlik (K) faktörü	103
5.1.3 Topoğrafik faktörler	105
5.1.4 Arazi örtüsü ve alan kullanım (C) faktörü	107
5.1.5 Erozyon kontrol (P) faktörü	107
5.1.6 RUSLE sonuçları	108
5.2 Kuraklık Modelleme	112
5.3 Yangın Risk Modelleme	116
5.4 Net Birincil Üretim Modelleme	123
5.5 Nüfus Değişim Modellemesi.....	132
5.6 Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Modellemesi.....	137
5.7 Modelleme Sonuçlarının Birleştirilmesi: Bütüncül Ekolojik Risk Haritası.....	146
6. MEVCUT PLANLAR VE EKOLOJİK RİSK ANALİZİ	149
6.1 Aydın İli Didim İlçesi	152
6.2 Denizli İl Merkezi ve Çevre İlçeleri.....	154
6.3 Aydın İl Merkezi ve Çevre İlçeleri	158
6.4 Uşak İl Merkezi.....	162
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	167
KAYNAKLAR.....	177
ÖZGEÇMİŞ.....	189

KISALTMALAR

AKAÖ	: Alan Kullanım Arazi Örtüsü
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BMH	: Büyük Menderes Havzası
CASA	: Carnegie-Ames-Stanford-Approach
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model (Sayısal Yükselti Modeli)
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EPA	: USA Environmental Protection Agency (ABD Çevre Koruma Ajansı)
ERSDAC	: Earth Remote Sensing Data Analysis Center
ETo	: Potansiyel Evapotranspirasyona
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu)
GDEM	: Global Digital Elevation Model (Küresel Sayısal Yükselti Modeli)
Kİ	: Kuraklık İndeksi
METI	: Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (Japonya Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı)
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	: USANational Aeronautics and Space Administration (ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NBÜ	: Net Birincil Üretim
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi)
PAR	: Photosynthetically Active Radiation (Fotosentetik Yönden Aktif Radyasyon)
PM	: Penman–Monteith
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation
TEMA	: Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma, Doğal Varlıkları Koruma Vakfı
UA	: Uzaktan Algılama
USGS	: United States Geological Survey
USLE	: Universal Soil Loss Equation

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Küresel karbon bilançosu (alım ve salımları).....	18
Çizelge 3.1	: Büyük Menderes Havzası illere göre istatistikleri.....	30
Çizelge 3.2	: LANDSAT 7 ETM uydusu algılayıcı özellikleri	49
Çizelge 3.3	: Kullanılan LANDSAT görüntü tarihleri	50
Çizelge 3.4	: MODIS uydu görüntüsü teknik özellikleri	51
Çizelge 3.5	: Kullanılacak diğer veriler ve detayları	54
Çizelge 3.6	: UNESCO kuraklık indeksi sınıfları.....	66
Çizelge 4.1	: LANDSAT örnek bulutlu alanlar yansıma değerleri.....	77
Çizelge 4.2	: Bulut maskeleyen alansal sonuçları	79
Çizelge 4.3	: Referans verileri istatistikleri	80
Çizelge 4.4	: Geçmiş ve Güncel AÖAK sınıflaması alansal dağılımı	82
Çizelge 4.5	: AÖAK sınıflamaları doğruluk değerleri (Kappa indeksi)	83
Çizelge 4.6	: NDVI üretilen LANDSAT görüntüsü tarihleri.....	84
Çizelge 4.7	: NDVI dönemleri temel istatistikleri	85
Çizelge 4.8	: AKAÖ sınıflarına göre NDVI değeri istatistikleri	86
Çizelge 4.9	: İklim verileri kriging ve co-kriging uygulama parametreleri.....	87
Çizelge 4.10	: İklim verileri kriging ve co-kriging hata istatistikleri	89
Çizelge 4.11	: BMH iklim verileri temel istatistikleri	92
Çizelge 4.12	: BMH eğim grupları alansal dağılımı.....	94
Çizelge 4.13	: BMH bakırları alansal dağılımı	95
Çizelge 4.14	: BMH büyük toprak grupları alansal dağılımı.....	97
Çizelge 4.15	: BMH il bazlı yerleşim ve nüfus istatistikleri	99
Çizelge 5.1	: Değerlendirmeye alınan yangın risk faktörleri.....	117
Çizelge 5.2	: Arazi örtüsü sınıfları yangın risk katsayıları	119
Çizelge 5.3	: Yangın risk faktörlerinin ağırlıklandırılması.....	119
Çizelge 5.4	: BMH arazi örtü sınıflarına göre yangın risk değerleri	120
Çizelge 5.5	: NASA-CASA alan kullanım/arazi örtüsü sınıfları gruplandırılması.....	125
Çizelge 5.6	: Net birincil üretimin sınıflara göre dağılım istatistikleri	129
Çizelge 5.7	: İllere göre 1985 ve 2010 yılları nüfusları ve değişim oranları	133
Çizelge 5.8	: AKAÖ sınıflaması değişim analizi için yeniden gruplama tablosu.....	137
Çizelge 5.9	: Değişim analizi çapraz sınıflama tablosu	139
Çizelge 5.10	: AKAÖ Değişim risk ağırlıklandırma katsayısı	141
Çizelge 6.1	: BMH Doğa Koruma alanları ekolojik risk değerleri tablosu	149
Çizelge 6.2	: Çevre düzeni planı kentsel gelişim alanları ekolojik risk değerleri.....	150
Çizelge 6.3	: Çevre düzeni planı kentsel gelişim alanları illere göre ekolojik risk değerleri istatistik tablosu.....	151

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Ekolojik risk analizi bileşenleri akış diyagramı.....	6
Şekil 2.2	: Su, toprak, vejetasyon ve kayalara ait yansıma eğrileri.....	17
Şekil 2.3	: Zaman İçinde CBS ve klasik yönetim sisteminin kümülatif maliyeti.....	24
Şekil 3.1	: Büyük Menderes Havzası'nın Türkiye'deki konumu	30
Şekil 3.2	: Büyük Menderes Havzası'nın dağları	32
Şekil 3.3	: Büyük Menderes Nehri kolları	35
Şekil 3.4	: Büyük Menderes Havzası jeoloji haritası	40
Şekil 3.5	: Büyük Menderes Havzası büyük toprak grupları	41
Şekil 3.6	: Çalışma alanını kapsayan LANDSAT çerçeveleri	50
Şekil 3.7	: MODIS Uydusu görüntü çerçeve diyagramı	52
Şekil 3.8	: BMH ve çevresi iklim gözlem istasyonu konumları	53
Şekil 3.9	: Çalışma yöntemi akış diyagramı.....	55
Şekil 3.10	: Matematiksel olarak modellenmiş variogram örneği	60
Şekil 3.11	: RUSLE Yöntemi akış diyagramı	63
Şekil 4.1	: Bulut Maskeleye örneği.....	78
Şekil 4.2	: Piksel eleme ve kernel uygulaması örneği.....	81
Şekil 4.3	: Geçmiş sınıflama görüntüsü	81
Şekil 4.4	: Güncel sınıflama görüntüsü	82
Şekil 4.5	: Ortalama NDVI değerleri dönemsel değişimi	85
Şekil 4.6	: Yıllık ortalama NDVI görüntüsü	86
Şekil 4.7	: AKAÖ sınıflarına göre ortalama NDVI grafiği	87
Şekil 4.8	: İklim verileri kriging ve co-kriging semi-variogramları.....	88
Şekil 4.9	: BMH yıllık ortalama sıcaklık (2000-2010).....	89
Şekil 4.10	: BMH yıllık maksimum sıcaklık (2000-2010).....	90
Şekil 4.11	: BMH ortalama yıllık toplam yağış (2000-2010)	90
Şekil 4.12	: BMH yıllık ortalama oransal nem (2000-2010).....	91
Şekil 4.13	: BMH yıllık ortalama rüzgar hızı (2000-2010).....	91
Şekil 4.14	: BMH yıllık ortalama solar radyasyon (2000-2010).....	92
Şekil 4.15	: BMH yükseklik görüntüsü.....	93
Şekil 4.16	: BMH eğim görüntüsü	94
Şekil 4.17	: BMH bakı durumu	95
Şekil 4.18	: BMH toprak haritası	96
Şekil 4.19	: BMH ve yakın çevresi il ilçe, bucak ve köy merkezleri.....	98
Şekil 5.1	: BMH uzun yıllar (2000-2010) aylık ortalama toplam yağış görüntüleri	102
Şekil 5.2	: BMH RUSLE Yağmur Aşındırma (R) Faktörü görüntüsü.....	103
Şekil 5.3	: BMH Toprak Aşınabilirlik (K) faktörü ölçülmüş yerleşimler.....	104
Şekil 5.4	: BMH Toprak Aşınabilirlik (K) faktörü görüntüsü	105
Şekil 5.5	: BMH eğim uzunluk (L) faktörü görüntüsü.....	106
Şekil 5.6	: BMH eğim engebelik (S) faktörü görüntüsü	106
Şekil 5.7	: BMH arazi örtüsü ve alan kullanım (C) faktörü görüntüsü	107

Şekil 5.8	: RUSLE erozyon tahmin haritası	108
Şekil 5.9	: RUSLE erozyon şiddet grupları görüntüsü	109
Şekil 5.10	: RUSLE erozyon şiddet grupları detayları	110
Şekil 5.11	: Denizli Beyağaç ilçesi batısı erozyon alanı	111
Şekil 5.12	: Denizli Babadağ ilçesi güneyi erozyon alanı	111
Şekil 5.13	: Aydın İncirova ilçesi kuzeyin erozyon alanı.....	111
Şekil 5.14	: Afyonkarahisar Dinar ilçesi kuzey doğusu erozyon alanı	112
Şekil 5.15	: Uzun yıllar aylık ortalama yağış görüntüsü	113
Şekil 5.16	: Yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyon görüntüsü.....	114
Şekil 5.17	: Kuraklık indeksi görüntüsü.....	115
Şekil 5.18	: Uşak Karahallı İlçesi güneyi örnek kurak alan	115
Şekil 5.19	: Denizli Çivril İlçesi güneybatısı örnek kurak alan.....	116
Şekil 5.20	: Denizli Çal İlçesi kuzeydoğusu örnek kurak alan.....	116
Şekil 5.21	: Sigmoidal fonksiyonları.....	118
Şekil 5.22	: BMH yangın risk haritası.....	120
Şekil 5.23	: Aydın Nazilli İlçesi kuzeyi örnek yangın risk alanı.....	121
Şekil 5.24	: Aydın Söke İlçesi kuzeyi örnek yangın risk alanı.....	122
Şekil 5.25	: Muğla Yatağan İlçesi güneybatısı örnek yangın risk alanı	122
Şekil 5.26	: Muğla Yatağan İlçesi kuzeydoğusu örnek yangın risk alanı	122
Şekil 5.27	: Afyon Dinar İlçesi yerleşim alanı örnek yangın risk alanı	123
Şekil 5.28	: Regresyon ağacı yöntemi referans nokta konumları.....	124
Şekil 5.29	: Ağaç kapalılık yüzdesi görüntüsü	125
Şekil 5.30	: NASA-CASA sınıfları görüntüsü	126
Şekil 5.31	: BMH toprak tekstürü kum oranı	127
Şekil 5.32	: BMH toprak tekstürü silt oranı	127
Şekil 5.33	: BMH toprak tekstürü kil oranı	128
Şekil 5.34	: BMH net birincil üretim görüntüsü.....	129
Şekil 5.35	: Net birincil üretim alan kullanım /arazi örtüsü sınıflara göre oranı	130
Şekil 5.36	: Uşak Merkez kuzeyi yüksek NBÜ'e sahip yaprak döken orman alanları	130
Şekil 5.37	: Aydın Buharkent İlçesi kuzeybatısı yüksek NBÜ'e sahip yaprak döken orman alanları.....	131
Şekil 5.38	: Denizli Işıklı Gölü kıyısı yüksek NBÜ'e sahip sulak alanlar.....	131
Şekil 5.39	: Aydın Köşk İlçesi kuzeybatısı yüksek NBÜ'e sahip zeytinlikler	131
Şekil 5.40	: Denizli Çivril İlçesi doğusu yüksek NBÜ'e sahip bahçe alanları	132
Şekil 5.41	: Denizli Çivril İlçesi doğusu yüksek NBÜ'e sahip maki alanları.....	132
Şekil 5.42	: Denizli Kale İlçesi güneydoğusu yüksek NBÜ'e sahip herdemyeşil orman alanları	132
Şekil 5.43	: 1985 yılı nüfus yoğunluğu görüntüsü	134
Şekil 5.44	: 2010 yılı nüfus yoğunluğu görüntüsü	134
Şekil 5.45	: BMH 1985 - 2010 yılları nüfus yoğunluğu değişim görüntüsü	135
Şekil 5.46	: Aydın Didim İlçe merkezi; örnek nüfus yoğunluğu artış alanı.....	136
Şekil 5.47	: Denizli merkezi; örnek nüfus yoğunluğu artış alanı	136
Şekil 5.48	: Aydın merkezi, örnek nüfus yoğunluğu artış alanı	136
Şekil 5.49	: Uşak merkezi, örnek nüfus yoğunluğu artış alanı.....	137
Şekil 5.50	: Değişim analizi sonuç görüntüsü	138
Şekil 5.51	: Değişim analizi sonucu AKAÖ'nün değişim görüntüsü	138
Şekil 5.52	: Örnek çayır-meradan boş-kayalık alanlara değişim bölgesi; Afyonkarahisar Kızılören İlçesi kuzeydoğusu.....	140

Şekil 5.53	: Örnek makiden boş-kayalık ve orman alanlarına değişim bölgesi; Aydın Buharkent İlçesi güneyi.....	140
Şekil 5.54	: Örnek makiden boş-kayalık ve orman alanlarına değişim bölgesi; Aydın Nazilli İlçesi güneydoğusu.....	140
Şekil 5.55	: Değişim risk görüntüsü.....	141
Şekil 5.56	: Olası değişim risk görüntüsü.....	142
Şekil 5.57	: AKAÖ toplam değişim risk görüntüsü.....	143
Şekil 5.58	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Denizli Işıklı Gölü sulak alanlarında tarım alanları.....	143
Şekil 5.59	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Denizli Büyük Menderes Deltası sulak alanlarında tarım alanları.....	144
Şekil 5.60	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Denizli Merkez, ormandan yerleşime dönüşüm alanları.....	144
Şekil 5.61	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Aydın Merkez, tarımdan yerleşime dönüşüm alanları.....	145
Şekil 5.62	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Denizli Honaz ilçesi, orman ve makiden tarım ve yerleşime dönüşüm alanları.....	145
Şekil 5.63	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Aydın Buharkent ilçesi güneydoğusu, orman ve makiden tarıma dönüşüm alanları.....	145
Şekil 5.64	: Örnek değişim riski yüksek alanlar; Uşak Merkez Kuzeyi, ormandan tarıma dönüşüm alanı.....	146
Şekil 5.65	: BMH ekolojik risk indeksi görüntüsü.....	147
Şekil 5.66	: BMH ekolojik risk grupları görüntüsü.....	147
Şekil 6.1	: Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, NBÜ'i düşük alanlar.....	153
Şekil 6.2	: Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, değişim risk indeksi değeri yüksek alanlar.....	153
Şekil 6.3	: Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, değişimin devam ettiği alanlar.....	153
Şekil 6.4	: Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, yangın riski değerleri yüksek alanlar.....	154
Şekil 6.5	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Karşıyaka Mahallesi.....	155
Şekil 6.6	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Erenler Mahallesi.....	155
Şekil 6.7	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Zafer Mahallesi.....	155
Şekil 6.8	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Karşıyaka Mahallesi.....	156
Şekil 6.9	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Erenler Mahallesi.....	156
Şekil 6.10	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Fatih Mahallesi.....	157
Şekil 6.11	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Honaz İlçesi.....	157
Şekil 6.12	: Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Akköy İlçesi.....	158
Şekil 6.13	: Aydın Merkez kuzeyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; orman ve makiden bahçe ve tarıma dönüşüm.....	159

Şekil 6.14	: Aydın Merkez kuzeyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; bitki örtüsünden yoksun verimsiz ve erozyon alanları	159
Şekil 6.15	: Aydın Merkez güneyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; nitelikli tarımdan yerleşime dönüşüm	159
Şekil 6.16	: Aydın Söke İlçesi Merkezi kuzeydoğusu ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; yoğun yapılaşma.....	160
Şekil 6.17	: Aydın Söke İlçesi Merkezi güneyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; nitelikli tarımdan yerleşime dönüşüm	160
Şekil 6.18	: Aydın İncirova İlçesi kuzeydoğusu ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; zayıf bitki örtüsü ve erozyon alanı.....	161
Şekil 6.19	: Aydın İncirova İlçesi kuzeybatısı ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; zayıf bitki örtüsü ve erozyon alanı.....	161
Şekil 6.20	: Aydın Germencik İlçesi kuzeydoğusu ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; zayıf bitki örtüsü ve erozyon alanı.....	162
Şekil 6.21	: Uşak merkezi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; nüfus artışı kaynaklı yoğun yapılaşma.....	163
Şekil 6.22	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; tarım alanlarından yerleşim alanlarına dönüşüm.....	163
Şekil 6.23	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; orman alanlarından yerleşim alanlarına dönüşüm	163
Şekil 6.24	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; sanayi alanlarına dönüşüm	164
Şekil 6.25	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; orman ve makiden tarıma dönüşüm	165
Şekil 6.26	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği (2); orman ve makiden tarıma dönüşüm	165
Şekil 6.27	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; tarım kaynaklı yangın riski.....	165
Şekil 6.28	: Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; orta seviye erozyon alanı.....	166

BÜYÜK MENDERES HAVZASI İÇİN EKOLOJİK RİSK ANALİZİ YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Ekosistemler üzerinde giderek artan insan kullanımı odaklı baskılar peyzajlarda hızlı bir bozulma sürecine girilmesine neden olmuştur. Bu bozulmalar günümüzde erozyon, kuraklık, yangın gibi çevre sorunları başlığı altında birçok süreç dahilinde yerel, bölgesel ve küresel ölçekte devam etmektedir. Bu kapsamda ekosistemler üzerinde yaratılan baskıların, iklim değişimi ve benzer yapıların neden olduğu hızlı küresel değişim ve yerel etkileri neticesinde niceliksel olarak tespit edilmesi özellikle önlem odaklı çalışmalar için önemli bir girdi olacaktır.

Ekosistemler üzerinde belirleyici etkileri olan çevre sorunları olarak da tanımlanan çevresel olay ve süreçler küresel değişimlere paralel olarak çok daha hızlı değişerek ekosistemler üzerindeki baskıların daha da arttırmaktadırlar. Özellikle etkilerindeki artış şeklindeki değişimin aldığı en güncel halin tespit edilebilmesi kapsamında ise gelişen teknolojiyle paralel gelişim gösteren ve kullanım alanı bulan ekolojik modeller etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ekolojik modellerin özellikle Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi sistemleri ortamında gerçekleştirilmesi ise daha hızlı ve etkin sonuçların üretilmesini sağlamaktadır.

Ekosistemler için baskılar yaratarak çevresel süreçler etki derecesine göre ekosistemin devamlılığı üzerinde riskler üretmektedir. Ekolojik risk olarak tanımlanan çevresel süreçlerin konuma bağlı niceliksel ölçümleri ekolojik modellerden elde edilen tahminler aracılığıyla yapılması düşünülebilir. Ekosistem üzerine etkin çevresel baskıların konuma bağlı niceliksel olarak tahmin edilmesi ve bunların aynı ölçekte bir araya getirilmesi ile genelleştirilmiş ekolojik risk değerlerine ulaşılması bir yaklaşım olarak benimsenmiştir. Ekolojik risk analizi başlığı altında bir araya getirilen bu yöntemler grubu ile bu çalışmada ekosistemler üzerindeki genel riskin konuma bağlı, niceliksel olarak tahmin edilmesini hedefleyen bir yaklaşımın geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Belirtilen amaç kapsamında; Büyük Menderes Akarsu Havzası örneğinde uygun ekolojik modeller kullanılarak, uzaktan algılama yardımıyla coğrafi bilgi sistemleri ortamında erozyon, kuraklık, yangın, karbon odaklı ekosistem verimliliği, nüfus değişimi ve alan kullanım/arazi örtüsü değişimi süreçleri konumsal ve niceliksel olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçların havza ekosistemi üzerinde yarattığı baskılar temelinde standardize edilerek tek bir sonuç risk haritası oluşturulmaya çalışılmış, yeni bir yaklaşım ile ekolojik risk analizi uygulaması geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar temel alınarak böyle bir yaklaşımın ekolojik peyzaj planlamadaki yeri, kullanılan yöntemlerin tutarlılığı, bu yaklaşıma uzaktan algılama ve CBS'nin katkıları irdelenmiş ve ekolojik peyzaj planlama ilkeleri doğrultusunda ise havza için durum tespiti ve planlama önerileri geliştirilmiştir.

Büyük Menderes Havzası (BMH) Anadolu'nun batı kısmında yer alarak Büyük Menderes Nehri'nin su topladığı bölgeden 26.000 km² olmak üzere Türkiye'nin %3,2'sini oluşturmaktadır. Havzanın yüksek verimli topraklara sahip olması nedeniyle

en yaygın ekonomik faaliyeti tarımdır. Buna ek olarak alanda sanayi ve turizm de gelişmiş durumdadır. Bu şekilde yüksek ekonomik değere sahip bölge özellikle göç eden nüfus için önemli çekim noktalarından biri olmuştur. Böylelikle son dönemlerde nüfusu artarak 2,1 milyonun üstünde nüfus barındırmaya başlamıştır. Giderek artan nüfusun ekosistem üzerinde yarattığı baskı ise erozyon, kuraklık, yangın, verimlilik azalması, nüfus değişimi ve arazi kullanım/örtüsü değişimi olarak havzada görülmektedir.

Daha kapsamlı bir koruma-onarım planlaması yapılabilmesi adına risk yaratan ekolojik süreçlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda erozyon RUSLE yöntemi ile t/ha/yıl (ton/hektar/yıl) birimi cinsinden altı temel etkin faktör doğrultusunda tahmin edilmiştir. BMH için erozyon 0 ile 992 ton/ha*yıl arasında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tüm alan için birim alandaki ortalama erozyon 9,87 ton/ha*yıl değerine ulaşırken standart sapma ise 19,03 ton/ha*yıl olarak tespit edilmiştir.

BMH dahilinde kuraklık durumunun konumsal olarak tespit edilmesinde CBS ortamında aylık toplam yağışın günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyona oranlanmasıyla ifade edilen Kuraklık İndeksi (KI) yöntemi kullanılmıştır. UNESCO'nun kuraklık sınıflarına göre üretilen kuraklık indeks değerleri, havzada çok kurak ve kurak alanların bulunmadığı fakat %64 orta kurak, %33 az kurak ve %3 ise kurak olmayan alanların olduğunu göstermiştir. Genel olarak havzada güneyden kuzeye ve kıyından iç kesimlere doğru gidildikçe kuraklığın arttığı görülmüştür.

Yangın riskinin tahmin edilmesinde çok kriterli analiz temelinde çalışan yangın risk indeksi yöntemi dahilinde alan karakteristiklerini göz önüne alan, yangın oluşma ihtimali üzerinde etkin faktörler kullanılmıştır. Yangın risk indeksi; teoride riskin en yüksek olduğu yer için 1, en düşük olduğu yer için 0 değeri alacak şekilde kurgulanmıştır. Uygulama sonucunda ise BMH için olası en büyük risk değeri 0,8; en düşük risk değeri 0,1 ve de havza genel ortalaması 0,4 olarak tespit edilmiştir. Önceki yıllarda oluşan 35 büyük yangına ait risk değerlerinin genel ortalaması ise 0,61 olarak bulunmuştur. Görüntü geneli yangın risk ortalaması ile yangın noktalarının ortalaması arasındaki belirgin fark üretilen yangın risk indeksinin başarısını ortaya koymaktadır.

Çalışmada vejetasyon verimliliğini ifade eden Net Birincil Üretim'in (NBÜ) hesaplanması için kullanılan NASA-CASA modeli kullanılmıştır. Modelleme sonucunda NBÜ, BMH'nda en yüksek 2344 gC m⁻² olup en düşük sifıra kadar değer almaktadır. Alandaki ortalama verimlilik ise 1085 gC m⁻² olarak tespit edilmiştir. Ortalama NBÜ arazi örtüsü sınıfları bazında değerlendirildiğinde en yüksek verimlilik yaprak dökenler sınıfında en düşük verimlilik ise su yüzeyleri göz ardı edildiğinde yerleşimlerde görülmüştür.

Nüfus değişimi konumsal olarak, 1985 ve 2010 yılları için Kernel Yoğunluk yöntemiyle yüzey verisine dönüştürülmüş nüfus yoğunluğu verilerinin karşılaştırılmasıyla tespit edilmiştir. Söz konusu yıllar arasında BMH genelinde nüfus yoğunluğu km²'de 61,13 kişiden 80,36 kişiye yükselmiştir. Bu yükselişte en yüksek değer %605 artışla Aydın Didim İlçesinde görülmüştür.

Alan kullanım ve arazi örtüsü (AKAÖ) değişimi sınıflama sonrası çapraz tablo yöntemiyle 1987 ve 2003 yılları için yapılmıştır. Her bir değişim türü, yarattığı ekolojik risk durumuna göre ve dönüşüm ihtimalini ortaya koyması için diğer sınıflara olan uzaklıklarına göre ağırlıklandırılmışlardır. Oluşan AKAÖ değişim risk indeksine göre en yüksek değişim risk değerleri Didim İlçesi'nde görülmüştür.

Modellenen risk bileşenleri normalize edilerek 0 ile 100 değerlerini alacak şekilde bu bileşenlerin ortalaması alınarak genel ekolojik risk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen genel ekolojik risk değerlerine göre BMH sınırları dahilinde en yüksek ekolojik risk değerlerine sahip alan Didim ilçesi olarak tespit edilmiştir. Genel ekolojik risk değerleri bakımından bu ilçeyi sırasıyla Denizli, Aydın, Uşak il merkezleri ve Çivril, Söke ve Nazilli ilçeleri takip etmektedir.

Sonuçlar doğrultusunda yapılan arazi çalışmasında havza genelindeki ekolojik risk değerleri yüksek çıkan alanlar genelde nüfus yoğunluğu yüksek ve hızlı artış gösteren alanlardaki kontrolsüz ve plansız alan kullanımları kaynaklı olduğu görülmüştür. Halihazırda bilinen bu süreç bu çalışma ile de ispatlanmış fakat bu çalışmada farklı olarak bu durum niceliksel ve konumsal olarak BMH için de ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar, bu çalışmada geliştirilen ekolojik risk analizi yaklaşımının da özellikle uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla, peyzajlar üzerinde yaratılan bozulma riskini etkin bir şekilde ortaya koyduğunu göstermiştir. Böylelikle havza ve benzer ölçekteki ekolojik planlama çalışmalarında özellikle koruma ve onarım için öncelikli alanların tespit edilmesinde ekolojik risk analizi yaklaşımının verimli bir araç ve çıktılarının önemli bir altlık olacağı ortaya konulmuştur.

GENERATING ECOLOGICAL RISK ANALYSIS METHOD FOR BÜYÜK MENDERES BASIN

SUMMARY

Impacts of land use activities on natural resources getting increase. In discussions of landscape sensitivity, human activities have generally been regarded as external forces contributing to landscape degradation, with a focus on the impacts of erosion, aridity, wildfire, vegetation productivity, population change land use change, etc.. However, there has been comparatively little study undertaken that integrates these physical and social systems in a cumulative context to explain the basis of ecological risk in landscapes.

Soil erosion is a natural process in which earth materials are entrained and transported across a given surface. It is regarded as the major and most widespread kind of soil degradation and as such, affects significantly the sustainable agricultural land use. Soil can be eroded mainly by wind and water. High winds can blow away loose soils from flat or hilly terrain, while erosion due to the energy of water occurs when water falls toward the earth and flows over the surface.

Other problems caused by soil erosion include loss of soil nutrients, declining crop yields, reduction in soil productivity. Moreover, soil moved by erosion carries nutrients, pesticides and other harmful farm chemicals into rivers, streams, and ground water resources and as a result amount of soil loss is directly affecting the risk of erosion on ecosystem sustainability.

One-half of the world's countries have portions or all of their land in dryland environments. These lands and their sub-humid margins represent one-third of the earth's surface and are the home to nearly 40 percent of the world's population. It is here where land and environmental degradation is occurring at alarming rates, often leading to desertification, and threatening the livelihood of more than 1 billion people.

Forests are subject to extensive fire damages, especially in areas with dry and hot climate. Wildfires are considered natural phenomena. However, the unusual number of fires and the extent of burned areas is mainly due to fuel accumulation and human intervention. The damages they cause to the environment is both direct and indirect. Such damages include fauna reduction, vegetation retrogression, temporal acceleration of the soil erosion process, unsettlement of the equilibrium of soil nutrients (and extensive loss of some of them), increase of floods, aesthetic degradation, deterioration of atmospheric quality and acceleration of the greenhouse phenomena by the addition of high quantities of carbon dioxide and smoke particles in the atmosphere.

Terrestrial ecosystems are dynamic components of the global carbon cycle. The global cycle of carbon is dependent the production of plants in terrestrial ecosystems. The production of the plants is the creation of new organic matter by using photosynthesis products. Through the process of photosynthesis, land plants assimilate carbon in atmosphere and incorporate into dry matter while part of carbon

is emitted into atmosphere again. The remainder of photosynthesis and respiration is called net primary productivity (NPP), which is important in the global carbon budget. NPP is the net amount of carbon captured by land plants through photosynthesis during a certain time period. NPP is a fundamental ecological variable because it measures the energy input to the biosphere and terrestrial carbon dioxide assimilation. Additionally, it is an important component of the carbon cycle and a key indicator of ecosystem performance.

The global rate of human population growth peaked around 1963, but the number of people living on Earth and sharing finite resources like water and food has grown by more than two-thirds since then, topping out at over 6.6 billion today. Human population is expected to exceed nine billion by 2050. Environmentalists don't dispute that many if not all of the environmental problems from climate change to species loss to overzealous resource extraction are either caused or exacerbated by population growth.

Land is the main resource of human needs such as food, fibre, freshwater, shelter, recreation, etc.. As a result land is a fundamental environment for most human activities including agriculture, industry, forestry, energy production, settlement, recreation, and water catchment and storage. Land use denotes the human employment of the land and land cover denotes the physical and biotic character of the land surface. Connecting the two are proximate sources of change: human activities that directly alter the physical environment. These activities reflect human goals that are shaped by underlying social driving forces. Proximate sources change the land cover, with further environmental consequences that may ultimately feed back to affect land use.

An environmental system is a complex arrangement of a number of separable biological, physical, or chemical components, as well as social and economic components, that interact with each other as a part of the Earth's environment. These interactions build up a comprehensive and complicated network of heterogeneous direct and indirect effects. This network has an extraordinary high connectivity and its complexity rises drastically with the number of elements, relations and nonlinear interactions. This has the implication that we might never be able to fully understand these ecological systems structures and functions and the resulting dynamics. On the other hand, there are many reasons to attempt to do so, e.g., the need to search for solutions of our urgent environmental problems.

An ecological model is a mathematical statement of the rules governing ecosystem changes. Traditional models based on system dynamics approach provide a useful way to represent and comprehend changing behaviors in time, but it does not adequately represent spatial processes. Although Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) are powerful assistive tools especially for spatial analyses of ecological models, they maintain an inherently spatio-temporal static and dynamic view of the ecosystems.

This study aims to define ecological risks in terms of cumulative effect of each environmental phenomena/factor to estimate current and potential landscape degradation with the help of RS and GIS. The stages of the study to reach this aim are; (i) modeling each risk phenomena/factor with appropriate spatial base ecological model, (ii) converting each factor to a risk scale, (ii) standardization of each risk scale to a common scale, (iv) combining all risk factors to a cumulative risk assessment and (v) evaluating the ecological risk outputs with actual policies, plans,

projects and situation in a landscape ecology point of view. This study as a case study is take place in Büyük Menderes River Basin which is the one of the most important river basin of turkey in terms of surface coverage, economy, population, significant effect of climate change and depending to these high actual and potential risk of erosion, aridity, wildfire, low vegetation productivity, population growth and rapid land use/cover change.

Büyük Menderes River Basin (BMRB) is take place at the west part of Anatolia. BMRB is the water collection area of the river of Büyük Menderes which is the longest river in the Aegean region. The basin has a total drainage area of 26.000 km² which is the 3,2% of Turkey coverage. The river valley is extremely fertile; thus, the major activity in the basin is agriculture. Three major cities of the Aegean Turkey, namely Aydin, Denizli and Uşak are located in the region to account for a population of more than 2,1 million.

BMRB is rich not only in terms of agriculture but also in industry and tourism. These activities indicate significant attraction for migration of population. Rapid population growth in last decades which has not under control and plan caused rapid change in land use/cover change especially from natural to anthropogenic areas. This process get strength with the global phenomena like climate change and resulted in regional scale ecological risk issues of erosion, aridity, wildfire, vegetation productivity loss, population growth and land use/cover change in Büyük Menderes Basin area.

Erosion in BMRB is estimated with RUSLE which predicts the long-term average annual rate of erosion on a field slope based on rainfall pattern, soil type, topography, crop system, and management practices. RUSLE calculate the annual average erosion for the basin as 9,9 ton per hectare. As a result the half of the basin is taking place in low erosion, 33% is in high erosion and 11% is in extremely high erosion class.

Aridity index, the ratio of precipitation to potential evapotranspiration, is computed by using interpolated surface data of measured climate data to predict aridity of Basin. According to UNESCO aridity index classes there are no areas as extremely high or high arid areas in BMRB. However the 64% of the basin is predicted as moderately arid, 33% of basin is as weakly arid and 3% is as not arid areas.

Wildfire risk is estimated using Multi Criteria Analysis (MCA) which involves analyzing a series of factors with a view to ranking them from the most possible to the least possible using a structured approach. Several factors which have influences on fire occurrence are evaluated with MCA process. Results show that BMRB fire risk index has a minimum value of 0,1 and maximum value of 0,8 with a average of 0,4. The highest fire risk index values are defined around woody plantation area which are neighbor or close to human active areas like urban and agriculture areas.

NASA-CASA model was used to predict annual regional fluxes in terrestrial net primary production at variable degrees of C for BMRB, depending on the monthly conditions, with terrestrial Net Primary Production (NPP). Results show that the basin has a average of 1085 gC m⁻² NPP value and the maximum NPP reached to 2344 gC m⁻². According to these results deciduous forest and wetlands are the most productive land cover classes producing carbon in BMRB in terms of NPP calculations by NASA-CASA model.

Spatial based population change between 1985 and 2010 are examined using kernel density in GIS environment. Population density surface images are subtracted from

each other and results point that there is an increment of 31% on population density from 61 person/km² to 80 person/km² between years of 1985 to 2010. The maximum change in the basin determined in Didim as 605% increment of population density. The other significant population increments are in Denizli 55%, in Aydın 35% and in Uşak 15%.

Land use/cover (LUC) change for BMRB is detected for years of 1087 and 2003. Post-classification change detection method of cross-tabulation (cross-tab) is used to recognize the change pattern of LUC of basin. Change types and the proximity to each other are weighted to produce LUC change depended ecological risk scale of the basin. Accordingly the neighbor areas of settlement areas come out with the highest ecological risk value of LUC change. These settlements are the center of Denizli, Aydın and Uşak provinces.

The all risk model results are normalized to a common scale and the cumulative ecological risk result is produced with values between 0-100 by calculating the average of these normalized risk factor modeling results. The general ecological risk results introduce that the highest risk value computed for the district of Didim and its environment. The province centers of Denizli, Aydın and Uşak also the districts of Çivril, Söke and Nazilli are the other hotspots for ecological risk index values.

Results of this study represent that BMRB region is under ecological pressure of different physical and social phenomena. The recent ecological modeling approaches are adequate to establish these factors' conditions efficiently. Cumulative assessment of ecological risk factors which generated in this study will be effective tool and input for comprehensive ecological planning especially focused on conservation and maintenance.

1. GİRİŞ

Doğal kaynaklar üzerine kullanım amaçlı baskıların giderek artmasıyla peyzajın kendini yenileyebilme yeteneğinin çok üstüne çıkılmış ve peyzajlar hızla bozulmaya başlamıştır. Peyzajların bozulması günümüzde yerel, bölgesel ve küresel ölçekte birçok süreç dahilinde devam etmektedir (Örnek: su kirliliği, hava kirliliği, erozyon, çölleşme, biyoçeşitliliğin azalması, peyzajların bölünmesi, yanlış alan kullanımı, iklim değişimi vb.).

Etkilerinin giderek artacağı öngörülen iklim değişiminin, ekolojik süreçler üzerinde büyük değişimler ve bozulmalara neden olacağı dile getirilmektedir (McCarty, 2001). Küresel ölçekteki bu etkilerin, bölgesel ölçekte ise genelden bağımsız daha heterojen bir yapıda olacağı tahmin edilmektedir (Walther ve diğ., 2002).

Yapılan birçok bilimsel çalışmada iklim değişiminin ekosistemler üzerine olan ve olması beklenen etkileri belirtilmiştir. Bu kapsamda ekosistemler üzerindeki risklerin artacağı ve doğa korumanın güçlenmesi gerektiği savunulmaktadır (Halpin, 1997). Bu amaçla iklim değişiminin mevcut ve potansiyel etkilerinin belirlenmesi adına daha detaylı modeller geliştirilerek, bölgesel ölçekte deniz ve karasal ekosistemlerin ekolojik risk limitlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Markam, 1996). 2100 yılı için geliştirilen senaryolarına göre en büyük değişimlerin karasal ekosistemlerde alan kullanımında, denizlerde ise özellikle biyolojik çeşitlilikte olacağı öngörülmektedir. Bu potansiyel değişimlerin günümüzde bölgesel ölçekte halihazırda başlamış olduğu görülmektedir (Sala ve diğ., 2000).

Bu bağlamda iklim değişimi, sadece küresel anlamda sıcaklık artışı olarak değil peyzajlar gibi ekolojik sistemleri etkisi altında tutan süreçleri de etkileyen bir olgudur ve bu çevresel olayların konumları, şiddetleri, süreleri gibi özellikleri bakımından da değişimlere neden olduğu ve olacağı ortadadır (FAO, 2001; McCarty, 2001; Walther ve diğ., 2002; Halpin, 1997; Markam, 1996; Sala ve diğ., 2000; IPCC, 2007). Dolayısıyla, iklim değişimi doğrultusunda son yüzyılda davranışları özellikle şiddet artışı şeklinde değişim gösteren erozyon, kuraklık, yangın vb birçok çevresel

olay için ülkesel ve bölgesel ölçekte mevcut durumun belirlenmesi ve bütüncül bir risk değerlendirmesinin oluşturulması, etkin planlama önerilerinin geliştirilmesinde önemli bir kaynak oluşturacaktır.

Peyzajlar zerine baskı yaratan bu vresel süreçlerin tahmininde kullanılan yöntemler çoğunlukla fiziksel temelli olmakta sosyo-ekonomik etmenler ya yeterince dahil edilmemekte ya da göz ardı edilmektedir. Halbuki ekosistem ve sosyo-ekonomik faaliyetler arasındaki ilişkinin tespit edilmesi ekosistemler üzerindeki baskıların belirlenmesinde en temel faktördür.

Sosyo-ekonomik etkilerden ekosistemler birçok bileşeninde, her ölçekte direk ve dolaylı olarak etkilenmektedir (Folke ve diğ., 1996). Bu baskıları yaratan sosyo-ekonomik alt etkenlerin belirlenmesi, ekosistemler üzerindeki olumsuz etkilerin giderilmesi için gereklilik arz etmektedir. Bu gerekliliğin sadece korunan alanlar bazında kalmaması da önem teşkil etmektedir.

Tüm ekosistemler ekonomik, politik ve sosyal süreçlerden etkilenmekte ve bu etkileşimler çok karmaşık bir yapıda hüküm sürmektedir. Bu karmaşık etkileşimleri ortaya koyabilmek için fiziksel yapı ve süreçler yanında sosyo-ekonomik etmenlere ait göstergeler de kullanılabilir (Bowen ve Riley, 2003).

Ekosistem bileşenleri ile sosyo ekonomik yapı arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır (Massey, 1996, Grove ve Burch, 1997). Ekosistem zerindeki risk ve baskıların tahmin edilmesinde sosyo-ekonomik göstergelerin kullanılması sonuçların kalitesini olumlu yönde etkilemektedir (Dow, 2000), Bolin ve diğ., 2002, Luck ve diğ., 2009). Bu kapsamda sosyo-ekonomik temelli baskıları en iyi ortaya koyacak göstergelerin başında nüfus ve alan kullanımında oluşan değişimler gelmektedir.

Küresel düzeydeki vresel olaylar ve bölgesel sosyo-ekonomik etmenlerden kaynaklanan fiziksel yapının değişimiyle vre sorunları olarak süregelen tüm bu vresel olaylar, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de peyzajlarda niteliksel olarak olumsuz dönüşümlere neden olmaktadır. Ulusal ölçekte doğru ve etkin vresel, politik ve stratejik planlama kararları için öncelikle söz konusu ekolojik süreçlerin mevcut durumlarının detaylı bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu gerçeğe rağmen vresel sorunların geldiği bu noktada Türkiye’nin söz konusu vresel sorunlar için hala ulusal bir risk haritası bulunmamaktadır. Zorunluluk halini alan bu

ihtiyacın karşılanması adına önceliğe sahip bölgelerde pilot çalışmalar oluşturulmaya başlanmalıdır.

Ülkemizde iklim değişimi ve sosyo-ekonomik etmenlerden kaynaklanan fiziksel yapı ve çevresel olayların süreçlerinin değiştiği ve peyzajlar üzerine baskıların arttığı bölgelerin başında Akdeniz Havzası'nda yer alan Ege Bölgesi gelmektedir. Bu bölgeler nehir havzaları bazında ele alındığında sosyo-ekonomik etkinliklerin dolayısıyla da çevresel baskıların en yoğun olduğu havza olarak Büyük Menderes Havzası göze çarpmaktadır. Havza genelindeki hatalı ve yoğun tarım faaliyetleri nedeniyle yaygın olarak doğal bitki örtüsü kayıpları, erozyon, kuraklık, yangın gibi çevresel sorunlar görülmektedir. Mevcut durumum devam etmesi, Türkiye'nin tarım ve orman ekosistemi açısından en önemli havzalarından biri olan Büyük Menderes Havzası'nın ekolojik yapısının olumsuz etkilenmesine ve ilerleyen zamanlarda kuraklıkla birlikte çölleşme ile karşı karşıya kalmasına neden olacaktır (WWF, 2009). Mevcut genel durumu itibariyle Büyük Menderes Havzası'nın tek tek çevresel sorunları için yada bütüncül bir ekolojik risk analizi bulunmamaktadır. Bu özellikleri bakımından havzada böyle bir çalışma hem havza fiziksel planlama önerilerinin geliştirilmesinde hem de ülkesel ölçekteki benzer bir çalışmaya örnek teşkil etmesi adına büyük açılımlar sağlayacaktır.

Bu çalışmanın temel hipotezi "UA ve CBS tabanlı ekolojik risk modelleme teknikleri, planlama kararlarının etkin şekilde geliştirilmesine katkıda bulunur" şeklindedir. Bu noktadan yola çıkarak bu çalışmada BMH ekosistemi üzerinde oluşan ekolojik risklerin peyzajlar üzerindeki baskılarını konumsal ve niceliksel olarak modellenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda (i) peyzajlar üzerinde baskı ve dolayısıyla risk oluşturan sosyo-ekonomik faktörlerin (alan kullanım ve nüfus değişimleri) ve çevresel süreçlerin (erozyon, kuraklık, yangın riski, net birincil üretim) tespit edilmesi, (ii) bu süreçlerin, amaca özel geliştirilmiş, test edilmiş ve güvenilirliği ispatlanmış uygun modeller kullanılarak, gerektiğinde alana özelleştirilerek konuma bağlı ve niceliksel olarak tahmin edilmesi, (iii) her bir süreç için risk analizlerinin oluşturulması ve (iv) her bir risk değerlendirmesinin tek bir risk haritası olarak bir araya getirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda UA ve CBS teknolojileri temelinde söz konusu sosyo-ekonomik ve çevresel olguların mevcut durumun tahmin edilerek tek bir bütünlük risk haritası şeklinde

sunulmasının olabilirliği sorgulanacaktır. Elde edilen sonuçların işaret ettiği bulgular doğrultusunda ekolojik peyzaj planlama önerileri geliştirilecektir.

Havza ölçeği gibi geniş bir ölçekte ekolojik risk analizi gibi bir çalışma geçtiğimiz yüzyılın son çeyreğine kadar imkansız bir çalışma olarak görölmekteydi. Fakat gelişen teknolojiyle birlikte, uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileri günümüzde yeryüzüne ait verilerin çok daha hızlı, etkin ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmesini, anlamlandırılabilmesini, depolanmasını, analizini, yönetimini ve sunulmasını sağlamaktadır (Masselini ve diğ., 2000; Lobell ve diğ., 2002; Evrendilek ve diğ., 2006; Meydan, 2008; Önder ve diğ., 2009).

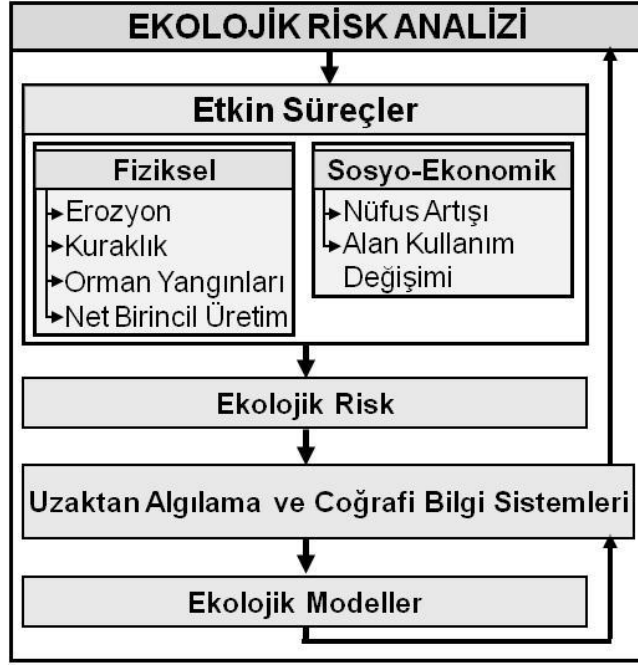
Büyük Menderes Havzası örneğinde ekolojik risk analizi yaklaşımı geliştirilmesi amaç edinilen bu çalışmada özellikle UA entegrasyonu ile CBS kullanımı, alandaki karmaşık ekolojik yapıyı oluşturan fiziksel ve sosyo-ekonomik koşulların daha hızlı bir şekilde ölçülmesini sağlayacak ve ölçölen bu verileri birbirleriyle ilişkilendirilerek daha etkin analiz ve kullanım amacına göre sunulmasını sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamında UA ve CBS'nin kullanılması, ekolojik risk analizi gibi ekolojik içerikli çalışmalarda bu araçların kullanım etkinliğini sorgulayacak ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda benzer çalışmalara örnek teşkil edecektir.

Bu tezin ikinci bölümünde öngörölen ekolojik risk analizi yaklaşımının kapsamını oluşturan bileşenler üzerinden kuramsal değerlendirmeler sunulmaktadır, üçüncü bölümde çalışma alanı, kullanılacak materyaller ve uygulanacak yöntemlere dair detaylar sunulmaktadır, dördüncü bölümde çalışma alanı olan BMH dahilinde belirtilen materyaller ile uygulanan yöntemlerin sonuçları ortaya konulmaktadır, tezin son bölümünde sonuçlar değerlendirilmekte ve geliştirilen ekolojik peyzaj planlama önerileri sunulmaktadır.

2. EKOLOJİK RİSK ANALİZİ BİLEŞENLERİ

Ekolojik risk analizi, bir veya birden çok baskı unsuruna maruz kalmanın sonucu olarak olumsuz ekolojik etkilerin ortaya çıkma olasılığının değerlendirilmesidir. Ekolojik risk analizi, olumsuz ekolojik etkilerin olasılığını tahmin ederken verileri, tahminleri, belirsizlikleri düzenlemek ve analiz etmek için esnek bir süreç takip etmelidir. Bu şekilde yapılandırılan bir ekolojik risk analizi, karar vericilere çevresel kararların alınmasında değerlendirmeleri gereken diğer faktörlerin (sosyal, yasal, politik veya ekonomik vb.) yanı sıra mevcut bilimsel bilgiyi değerlendirme fırsatı da sunmaktadır. EPA (Çevre Koruma Ajansı), ekolojik riskin yönetiminde ekolojik risk analizinin tek araç olduğunu kabul etmektedir (U.S.EPA, 1997, 1998).

Genel ekolojik risk analizi tanımından yola çıkarak bu çalışmada UA ve CBS yardımıyla bölgesel ölçekte belli çevresel süreçler kapsamında bir ekolojik risk analizi gerçekleştirilerek Büyük Menderes Havzası için özelleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda ele alınacak ekolojik risk analizinin tam amacına ulaşabilmesi için analiz kapsamında yer alacak temel bileşenlerin iyi belirlenmesi gerekmektedir. Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda çalışmayı oluşturan temel bileşenler Şekil 2.1'deki akış diyagramında genel hatlarıyla verilmiştir. Fiziksel ve sosyo-ekonomik temelli olarak değerlendirilebilen çevresel süreçler (olaylar) parçası oldukları ekosistemin karakterini de değiştirmektedir. Etkin bir ekolojik risk analizi için söz konusu olumsuz değişime yol açan süreçlerin etkileri, gözlenebilirliği ve ölçülebilirliği kapsamında değerlendirilerek mevcut alan için belirlenmesi birincil önceliktir. Bu kapsamda Büyük Menderes Havzası için ekolojik riskin belirleyicisi olabilecek çevresel süreçlerin başlıcaları; Fiziksel temelli; (i) erozyon, (ii) kuraklık, (iii) orman yangınları ve (iv) net birincil üretim, sosyo-ekonomik temelli; (i) nüfus artışı ve (ii) alan kullanım/arazi örtüsü değişimi olarak belirlenmiştir. Söz konusu süreçler, ekosistem üzerinde bozulma yönünde potansiyel oluşturarak belirli oranda ekolojik risk ortaya çıkarmaktadırlar.



Şekil 2.1 : Ekolojik risk analizi bileşenleri akış diyagramı.

Ekolojik risk taşıyan çevresel süreçlerin niceliksel ve konumsal olarak tespit edilmesi uzun yıllardır bilim insanlarının uğraş alanındadır. Özellikle geniş alanlarda söz konusu çalışmaların yapılmasını daha mümkün kılan ise ilerleyen uydu ve bilgisayar teknolojilerine paralel gelişme gösteren UA ve CBS teknolojileri olmuştur. UA ve CBS katkısıyla çok daha hızlı ve ekonomik olarak yapılabilen, niceliksel ve konumsal bilgi verebilen ve güvenilirliği kanıtlanmış birçok ekolojik model söz konusu çevresel süreçler için geliştirilmiştir. Yine UA ve CBS teknikleri, ekolojik riski oluşturan çevresel süreçleri ayrı ayrı modelleyerek tek bir nihai ekolojik risk değerlendirmesi altında birleştirebilecek özelliktedir.

Tüm bu durum ve gelişmeler, yukarıda tanımlanan ekolojik risk değerlendirme sürecinin Büyük Menderes Havzası gibi geniş alanlarda dahi artık detaylı olarak yapılabilirliğini ve yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

2.1 Ekolojik Risk

Risk zararın görülebilme olasılığıdır. İnsanlar her zaman riske maruz kalmışlardır ve kalmaya da devam edeceklerdir. Risk, bir olayın istenmeyen etkilerine yönelik olasılığın algılanmasıdır. Hem olayın ortaya çıkma olasılığı hem de sonuçlarının büyüklüğü bu tanıma dahildir. Risk, tehlike teriminden farklı olarak, hem tehlikeyi hem de ortaya çıkma potansiyelini içermektedir. Bu nedenle bir tehlike, riski

gündeme getirmeden ortaya çıkabilir. Risk, maruz kalma durumu için potansiyel bir yol varsa ortaya çıkar Risk, olasılık ve sonuç belirlemenin bir fonksiyonu olmaktadır (Deklem 2.2).

$$\text{Risk (R)} = f(p, C(v)) \quad (2.2)$$

Burada; P ortaya çıkma olasılığını, C(v) ise sonuç değerini ifade etmektedir. Fonksiyon çarpım ise, sonuç, riskin beklenen değeridir (Rowe, 1981).

Geniş anlamdaki riskin kapsamı, çevresel içeriğe indirilerek ele alındığında karışımıza çıkan çevresel risk, spesifik kirleticilere veya toksik maddelere maruz kalma durumu sonucunda, insan sağlığı ve çevre üzerinde ortaya çıkabilecek potansiyel olumsuz etkiler olarak tanımlanmaktadır (Holmes ve diğ., 1993). Çevresel risk, olası ortaya çıkma ve tehlike oluşturma eğilimleri olarak da tanımlanabilir (Erdmenger, 1998; U.S.EPA, 1997).

Daha çok kimyasal kirlenme bakış açısıyla tanımlanan çevresel risk, sadece çevre problemleri temelli çevresel süreçlerin son ürünleri olan doğal kaynaklardaki kirletici kimyasal oranlarıyla ifade edilmekte ve böylelikle ekosistemin genel işleyişinde oluşan süreç ve konum bazlı riskleri ele almakta yetersiz kalabilmektedir. Bu eksikliği gidermek adına çevresel sorunların; konumsal, niteliksel ve niceliksel olarak, ekosistem yapısı ve işleyişi konusunda uzun vadede insan sağlığı üzerindeki potansiyel ve olası baskılarını ifade eden ekolojik risk tanımı daha kapsamlı bir yaklaşım olarak görülmektedir. Tanımlanan bu ekolojik risk yaklaşımı kapsamında ortaya konulabilecek daha detaylı ve kapsamlı bir değerlendirme; (i) projelerin, planların, politikaların veya programların tasarımının değiştirilmesi ve optimize edilmesi, (ii) çevresel koruma kapsamında güvenlik oranının belirlenmesi ve (iii) yeni standartlar, sınırlar, öneriler üretilmesi gibi hususlarda daha etkin sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır (Erdmenger, 1998).

2.2 Ekolojik Riski Oluşturan Çevresel Etkenler

Dünya genelinde farklı birçok etkenler doğrultusunda yaşanan ekolojik değişimler, davranışları özellikle şiddet artışı şeklinde değişim gösteren çevresel olayların mevcut durumlarının tespiti ve izlenmesi gerekliliğini arttırmıştır. Söz konusu çevresel olayların özellikle konumsal ve niceliksel olarak mevcut yapılarının tespit edilmesi ekosistem üzerinde oluşan risklerin de ortaya konulmasını sağlayacaktır.

Çalışma alanını kapsayan Büyük Menderes Havzası düşünüldüğünde ekolojik riskte belirleyici olan söz konusu çevresel süreçler olarak erozyon, kuraklık, orman yangını, NBÜ ile nüfus artışı ve alan kullanım/arazi örtüsü değişimi olmak üzere fiziksel ve sosyo-ekonomik temelli olmak üzere iki temel grupta ele alınmıştır.

2.2.1 Erozyon

Yerkabuğunun ayrışmasıyla oluşan materyal, özellikle de bu materyalin üst kısmında yer alan topraklar, dış etkenlerin tahrip edici etkileri sonucunda yerlerinden koparılarak taşınmaktadır. Ana kayanın akarsular, rüzgârlar, dalgalar, buzullar vb. dış kuvvetler tarafından aşındırılması, normal olarak işleyen jeomorfolojik süreçlerdendir. Bu normal süreçte aşınarak taşınan toprak telafi edilebilmektedir. Ancak aşınarak taşınan toprak miktarı çok fazla ise ve yerine yenisi konulamıyorsa, toprak erozyonu problemi başlamış olur (Ekinci, 2005).

Toprak erozyonu problemi dünyanın nüfusu hızla artarken, gıda üretimi için daha fazla arazi oluşturmak amacıyla doğal bitki örtüsünün yok edilmeye başlamasıyla hız kazanmıştır. Bu şekilde doğal sürecinin dışında insan kaynaklı faktörler nedeniyle toprağın oluşum hızından çok daha hızlı toprak taşınımı meydana gelmeye başlamıştır (Lal ve Pierce 1991). Antropojen etkenler sonucunda erozyonun tanımı tekrar şekillenerek; “bitki örtüsünün insanlar tarafından yok edilmesi sonucu koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın su ve rüzgar gibi çevresel etkiler nedeniyle aşınması olayı” şeklini almıştır. Erozyonun başlıca nedeni, toprağı koruyan bitki örtüsünün yok olmasıdır. Doğal bitki örtüsüne yapılan çeşitli müdahaleler dışında arazi eğimi, toprak yapısı, yıllık yağış miktarı ve iklim faktörleri erozyonun şiddetini belirleyen başlıca öğelerdir (TEMA, 2008).

Erozyonla azalan toprak derinliğine bağlı olarak, toprağın su tutma kapasitesindeki azalma, hızlı yüzey akışı, organik madde ve bitki besin elementleri kaybı, arazi toprağının verim kaybına neden olmakta ve degradasyonu hızlandırmaktadır (Lal ve Pierce 1991).

Erozyon, doğal kaynaklar üzerine olan bu etkilerine bağlı olarak toplumsal sorunların ortaya çıkmasına ve mevcut olanların ise şiddetlenmesine neden olmaktadır. Yanlış arazi kullanımı nedeniyle yüksek boyutlara ulaşan toprak erozyonu tarım alanlarının verimliliğini azaltmakta, erozyona bağlı sedimantasyon baraj göllerini doldurarak su depolama hacimlerini azaltmakta ve barajların ömrünün kısılmasına neden

olmaktadır. Erozyon sonucunda toprağın altındaki cansız tabaka (ana kaya) ortaya çıkmaktadır. Faydalı toprak katmanlarını kaybeden arazilerde çölleşme başlamakta bu durum açlık, susuzluk, işsizlik ve iç göç gibi ülkesel temel sorunları tetiklemektedir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de toprak kaybı sürecinin en önemli etkeni erozyondur. Arazi eğimi, iklim, bitki örtüsü ve toprak özelliklerinin etkileşimi sonucu oluşan doğal erozyonun yansısı, insanın doğaya müdahalesi temeline dayanan bir dizi yapay etmen, erozyonu bir afet niteliğine dönüştürmektedir. Türkiye kara yüzeyinin %90'ında çeşitli şiddetlerde erozyon cereyan etmektedir. Bu alanın %63'ü çok şiddetli ve şiddetli, %20'si orta şiddetli, % 7'si ise hafif şiddetli erozyonla karşı karşıyadır. Ülke genelinde yaklaşık 67 milyon hektarlık bir arazide toprak giderek yok olmaktadır. Bu durum, verimli toprakların büyük bir hızla sürüklenerek, baraj göllerine, akarsu yataklarına ve denizlere taşınmasına sebep olmaktadır. Erozyonla kaybedilen bir başka değer ise kaybolan toprak yüzünden her yıl yaklaşık 50 milyar m³ yağışın depolanamamasıdır (TEMA, 2008).

Türkiye'de şiddetli erozyon görülen alanların başında ise Akdeniz Bölgesi gelmektedir. Özellikle Büyük Menderes Havzası kapsamında yanlış alan kullanımının sonucu olarak ortaya çıkan hatalı ve yoğun tarım faaliyetleri, tarla açma gibi amaçlarla bitki örtüsü kayıplarına neden olmaktadır. Bunlara ek olarak yanlış toprak işleme faaliyetleri de erozyonun şiddetli olmasının en büyük nedenlerinden biridir. Bu noktadan hareketle Büyük Menderes Havzası'ndaki mevcut durumun devam etmesi, Türkiye tarım üretiminin %10'unu oluşturan en önemli tarım alanlarından biri olan bölgenin giderek daha çok olumsuz etkilenmesine ve ilerleyen zamanlarda çölleşmesine neden olacaktır. Bu çölleşme sürecinin en önemli niteliklerinden biri ise bölgeye tarımsal sulama ve içme suyu sağlayan baraj göllerinin ömürlerinin kısalması ve su kalitelerinin düşmesi şeklinde gerçekleşecektir.

Erozyon neden olduğu tüm bu sorunlar nedeniyle bütün dünyada ciddi bir çevresel problem durumundadır. Larson (1993) erozyonun, çevre ve insan yaşamını (artan nüfusa bağlı olarak gıda ihtiyacında oluşan artış nedeniyle) tehdit eden bir olay olması yanında, meydana gelebilecek toprak kaybını azaltabilmek için erozyonun boyutlarını belirlemenin zorluğuna işaret etmiştir.

2.2.2 Kuraklık

Kuraklık oluşum sebeplerine ve etkilerine göre farklı birçok tanıma sahiptir. Bir bölgede nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak kabaca tanımlanabilir. Kuraklık doğal bir iklim olayıdır ve herhangi bir zamanda herhangi bir yerde meydana gelebilir. Kurak iklimden nemli iklim tiplerine kadar her iklim türünde rastlanması mümkündür. Bununla beraber kurak iklimler nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa karşı daha hassas durumdadırlar (Kokkokoğlu, 2006).

Kuraklığın sonuçları çok karmaşıktır. Bu nedenle, kuraklığın kesin tanımını vermek kolay değildir. Bu yüzden her analizde araştırmanın amacına bağlı olarak bir çok tanım vardır. Örneğin; meteorolojik kuraklık yağış esaslıdır. Herhangi bir zamandaki yağış eksikliğinin meydana gelmesine bağlıdır. Hidrolojik tasarım ve planlamada, hidrolojik esaslı kuraklıktan bahsedilebilir. Önemli hidrolojik değişken akıştır ve kuraklık tanımı ile su talebi akış eksikliğine bağlıdır. Tarımsal kuraklıkta, kuraklık toprak nemindeki eksiklik ile başlar. Farklı tipteki kuraklıkların tümünde yaygın olan görüş, yağışla akış veya toprak neminin karşılaştırılmasına dayanır (Sırdaş, 2002).

Kuraklık zamanda, alanda ya da her ikisinde su gereksinimindeki eksiklik olarak ifade edilebilir. Tek veya çok gayeli su kaynaklarının plan, inşaat ve özellikle işletilmelerinde ortalama olarak beklenebilecek kurak devrelerden çok daha uzun süreli kuraklıkların önceden objektif olarak belirlenmeleri gereklidir. Çünkü kritik kuraklık adı verilecek maksimum kurak devrenin bir ülkenin ekonomik, sosyal ve politik durumu üzerine etkisi büyük olabilir. Tedbirlerin önceden alınabilmesi için kritik kurak devrelerin süre, şiddet ve etkisi altına aldığı bölgenin tahmin edilmesi gereklidir (Sırdaş ve Şen, 2003; Kokkokoğlu, 2006).

Yağış yetersizliğine ve su tüketimine bağlı olarak, sık ve düzensiz bir şekilde ortaya çıkan kuraklıktan en çok, coğrafi ve iklimsel özelliklerinden dolayı, ülkemizin de içinde bulunduğu orta kuşak ülkeleri etkilenmektedir. Dolayısıyla ülkemiz, bu afetle sürekli karşı karşıyadır. Bu nedenle, kuraklık hakkında yapılacak araştırmalarla, sebeplerinin ortadan kaldırılması ya da alınacak önlemlerle etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Kuraklığın diğer büyük doğal afetlerden en önemli farkı, ortaya çıkışına sebep olabilecek parametrelerin fazlalığıdır. Doğal ya da yapay birçok faaliyet, kuraklığı tetikleyebilir yada etkilerini arttırabilir. Bu nedenle kuraklığın

sebepleri incelenirken, bu sebepleri; doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki grupta toplamak doğru bir yaklaşım olacaktır (Yeğnidemir, 2005). Doğal sebepler iklim koşulları, erozyon ve fiziki coğrafi faktörler olarak sayılabilir. İnsan kaynaklı faktörlerin başında ise kaynakların bilinçsiz kullanımı, küresel ısınma, orman yangınları, çevre kirliliği ve tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı sayılabilir (Kokkokoğlu, 2006).

Kuraklık, etki alanına göre birçok alanı ilgilendirmektedir. Su kaynakları genel olarak; yeraltı ve yerüstündeki doğal ya da yapay depolama tesisleri, kar depolaması, akarsularla taşınan su ve toprak neminde bulunan sulardan oluşmaktadır. Kuraklığın etkileri, bu kullanılabilir su kaynaklarının birisi, birkaçı veya hepsi ile ilgili olabilir. Yağıştan itibaren suyun bu su kaynaklarına ulaşması, kullanılabilir hale gelmesi ve su kullanım faaliyetleri farklı zaman ölçeklerine sahiptir. Dolayısıyla kuraklığın etkileri, su kaynağı ve suyun kullanım amacına göre farklılık gösterir. Örneğin üç aylık bir yağış eksikliği, toprak nemini azaltacağından tarımsal kuraklık açısından etkilerini gösterirken, hidrolojik kuraklık açısından etkilerini göstermeyebilir. Kuraklığı, etki alanına göre temel olarak 5 ana sınıfa ayırabiliriz (Yeğnidemir, 2005):

- Meteorolojik kuraklık: Uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesidir.
- Klimatolojik kuraklık: Yağış, rüzgar, sıcaklık ve nem gibi klimatolojik faktörlerin en az birindeki değişimin neden olduğu kuraklık türüdür.
- Atmosferik kuraklık: Klimatolojik kuraklıkta olduğu gibi herhangi bir veya birkaç faktördeki değişim yerine kuvvetli rüzgar, az yağış, yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem şeklinde belirli iklim koşullarında gözlemlenen kuraklıktır.
- Tarımsal kuraklık: Toprakta bitkilerin su ihtiyacını karşılayacak kadar su bulunmamasıdır.
- Hidrolojik kuraklık: Uzun süreli yağış azlığının kaynak (göl, baraj gölü, akifer, kar, vb.) seviyeleri, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermesidir.

Yağışla birlikte yeryüzündeki doğal ya da yapay göl, gölet gibi tatlı su kaynakları dolarken bir taraftan da yeraltına sızan su yüzey altı akışı ile yer altı su kaynaklarını doldurur. Bunlar olurken bir taraftan da özellikle okyanuslardan buharlaşan ve bitkilerin ve diğer canlıların kullanarak tekrar atmosfere verdikleri su buharı tekrar yağış olmak üzere atmosferde da birikmeye başlar. Görüldüğü gibi canlıların

kullandığı tüm su kaynaklarında depolanan suların asıl kaynağı yağışlardır. Bu nedenle yağışlarda meydana gelecek bir azalma zamanla bütün su kaynaklarını ve dolayısıyla bütün su kullanıcılarını etkileyecektir ki kuraklık dediğimiz afet bu şekilde ortaya çıkmaktadır. Kuraklığın canlılar üzerine etkisi, yukarıda sayılan su kaynaklarının hangisiyle ne kadar ilişkili olduklarına göre değişmektedir (Yeğnidemir, 2005). Aşağıdaki listede bu etkileri, değişik bakış açıları, farklı ölçek ve kapsamlarda ele alarak sıralanmıştır (Kokokoğlu, 2006; Yaltay, 2006).

- **Ekonomik:** Üründe kayıp, ekin alanlarının verimliliğinin azalması, böcek istilası, bitki hastalıkları, ürün kalitesinde düşüklük, süt ve çiftlik hayvanları kaybı, otlakların verimliliğinin azalması, halka açık otlakların kapatılması veya sınırlandırılması, hayvanlar için suyun temin edilememesi veya pahalılığı, hayvanlar için besin temin edilememesi veya pahalılığı, kereste üretiminde kayıplar, orman yangınları, ağaç hastalıkları, ormanlarda böcek istilası, orman alanlarının verimliliğinin azalması, balık üretiminde kayıplar, balık yetiştirme alanlarına zararı, suyun azalmasından dolayı yavru balıkların kaybı, ulusal büyümede kayıp, ekonomik gelişmede gecikme, yiyecek üretiminde düşüş - yiyecek stoklarında azalma, finansal kaynak bulmada zorluk (kredi riski), nehir ve kanalların denizciliğe olan katkılarında kayıp, yeni ve ilave su kaynaklarının geliştirilmesindeki pahalılık, suyun taşınmasındaki pahalılık, çiftçi gelirlerinde kayıplar, eğlence iş alanlarında kayıplar, enerjide kaynak azalması, tarımsal üretimin direkt bağlı olduğu endüstrilerde kayıplar, üretimdeki düşüşe bağlı işsizlik, hükümetlerin vergi gelirinde kayıplar, kuraklığın başlıca ekonomik etkileridir.
- **Çevresel:** Toprakta su ve rüzgar erozyonu, biyoçeşitliliğin azalması, flora ve fauna kayıpları, peyzajların işlevlerini yitirmesi başlıca çevresel etkilerdir.
- **Sosyal Etkileri:** Genel anlamda yaşam kalitesindeki düşüş olarak görülen kuraklığın etkisi farklı ölçeklerde farklı şekillerde olabilmektedir:
 - **Küresel:** Açlık ve toplu ölümler, uluslar arası sorunlar ve çatımsalar, toplumsal sistemlerin bozularak kesintiye uğraması, ciddi sağlık sorunları.
 - **Ülkesel:** Sağlık sorunları, yiyecek sıkıntısı, fiyat artışları, yabancı sermaye kayıpları, tarımcılara, artan hükümet ödenekleri.
 - **Bölgesel:** Ekonomik sektörlerin bozularak sekteye uğraması, işsizliğin artması, artan toplumsal huzursuzluk.

- Bireysel: Yer değiştirme, iflas etme, artan borç, gelir azalması.

Kuraklaşmanın küresel anlamda en büyük nedeni iklim değişimidir. Son yıllardaki araştırmalar, atmosferdeki karbon monoksit gazının miktarının ikiye katlandığını göstermektedir. Bu katlanma sera etkisini artırmakta ve iklim değişimi sürecini hızlandırmaktadır (Yegnidemir, 2005). Dünya genelinde, daha önceleri doğal olaylar nedeniyle meydana gelen kuraklık ve çölleşme olaylarının, son yıllarda insan etkilerine bağlı olarak da arttığı gözlenmektedir. 1860'lı yıllardan beri insanoğlu kömür ve petrol ürünleri kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbon monoksit oranı % 30 ve ortalama küresel sıcaklıkta 0.6 °C yükselmiştir. Bu da yerkürenin bir ısınma evresine girdiğini ve böylelikle değişmekte olan küresel iklim rejimlerinin bölgesel ve yerel anlamda seller veya kuraklık olarak kendini göstereceği öngörülmektedir (Baykan, 1994).

Normal iklim şartlarında iklimin değişen karakteri, yer yer ve zaman zaman ülkemizde kuraklıklara neden olduğu gibi küresel iklim değişimi de giderek etkin bir şekilde Türkiye sınırları dahilinde kuraklık olarak görülmeye başlamıştır (Özgürel ve diğ., 2002).

Türkiye'de aylık sıcaklık ortalamalarının bir yıldan diğerine arz ettiği değişiklikler nispeten azdır. Nisan'dan Aralık ayına kadar olan sıcak devrede aylık ortalamaların seneden seneye değişimi $\pm 0,7-0,8$ dereceyi aşmamaktadır. Aralık'tan Nisan'a kadar olan soğuk devrede farklar daha büyük olup $\pm 1,5-2,5$ dereceyi bulabilmektedir. Kış devresi nispeten kısa olduğu gibi daha büyük bir frekansta sapmalar, bu devrede zaten düşük olan su ihtiyacının miktarında geniş ölçüde bir değişiklik meydana getirmemektedir. Bu şartlar altında, Türkiye'de kuraklık için en büyük rolü, yağış miktarlarında ve bunların zamana ve mekana göre dağılışında meydana gelen sapmalar oynamaktadır. Yağış miktarlarının genel olarak büyük oranda azaldığı yıllarda, ülkede kuraklık geniş ölçüde artmaktadır. Bunun neticesinde, bütün İç Anadolu hatta kısmen Çukurova, gerçek bir çöl ikliminin hakimiyeti altına girdiği gözlemlenmektedir. Bu sırada, Güneydoğu Anadolu da Suriye çölünün sınırları içine dahil olmaktadır. Aynı zamanda Trakya, Güney Ege ve Doğu Anadolu'nun hemen bütün alt bölgeleri şiddetli kurak şartlar ortaya çıkmaktadır. Ancak genelde Karadeniz ve Güneybatı Akdeniz kıyıları kurak şartların tesiri dışında kalmaktadır (Erinç, 1957).

Küresel iklim değişimiyle birlikte Sahel ve Subtropikal kuşak yağışlarında 1960'lı yıllarda başlayan ani azalma, 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de etkili olmaya başlamıştır. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin ortaya çıkmıştır. 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir (Türkeş, 1996). Kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1973, 1977, 1990 ve 1991 yıllarında görülmüştür. 1994–1998 döneminde ise, Doğu Anadolu Bölgesi dışında Türkiye'nin büyük bir bölümünde önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş ya da meteorolojik kuraklıklar yaşanmamıştır (Kömüşçü ve diğ., 2002).

Kuraklığın tekerrürü ve şiddeti bakımından Türkiye'de, iki kurak bölge olduğu meydana çıkmaktadır. Bunlardan biri İç Anadolu, ikincisi ise Güneydoğu Anadolu'dur. Birçok yıllarda bu iki kurak saha birleşmekte ve adeta Suriye çölünün öncüleri haline gelmektedirler. Kurak şartların en kuvvetle belirdeği yıllarda yarı kurak iklimler genişleyerek memleketin 3/4 ünden fazlasını tesiri altına almaktadır. Bu genişlemenin genel istikameti doğu-batı olup, memleketin genel coğrafyasının ana hatlarını takip etmektedir. Buna mukabil kurak şartlar hiç bir zaman Karadeniz kıyılarına erişmemektedir. Bundan ancak Samsun-Sinop arasındaki sahayı istisna etmek gerekir. Halbuki kurak şartlar bazı yıllarda Ege kıyılarının, çok daha sık olarak da Akdeniz kıyılarının orta ve doğu kısmını tesirleri altına almaktadır. Sıcaklığın alçak, yaz yağış rejiminin hakim olduğu Kuzeydoğu Anadolu platoları ile Karadeniz kıyıları ve Anadolu'nun bol yağışlı güneybatı köşesi, kurak devrelerde dahi genel olarak nemli sayılacak iklimlerin sınırları içinde kalmaktadırlar (Erinç, 1957).

2.2.3 Orman yangınları

Orman ekosistemlerinin, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik gibi konularda ana rolü oynadığına ilişkin görüş birliği tüm dünya genelinde hızla artmaktadır. Orman dinamiklerinin karbon ve su döngülerine olduğu gibi bitki ve hayvanların habitat kalitesine de direk ve önemli etkisi vardır. Kyoto protokolü ile 1990'lı yıllar başlangıç olarak kabul edilerek, ormansızlaşma, ağaçlandırma ve yeniden orman haline döndürme gibi konulara vurgu yapılmıştır. Böylece orman durumları ve dağılımlarındaki değişimin gözlenmesi ve orman kaynaklarının haritalanması bir gereklilik haline dönmüştür. Bu kapsamda orman yangınları anahtar bir rol

oyunmaktadır. Bununla birlikte, vejetasyon ve biokütle yangınları sera gazları emisyonuna ve aerosollere oldukça fazla miktarda katkıda bulunmaktadır ve bu olay karbon birikmesi ve genel olarak dünya yüzeyinde radyasyon transferi üzerinde etkilidir. Bu nedenlerden dolayı dünya genelinde son zamanlarda, uzaktan algılama yöntemleri yardımıyla, orman örtüsü ve kapalılığı ile ilgili envanter çalışmaları, orman yangınlarını izleme, haritalama ve orman bio-fiziksel süreçleri karakterize etmek için yürütülen çalışmalar hız kazanmıştır (Gregoire ve diğ, 1999).

Geçen bir kaç yüzyıl boyunca, Akdeniz bölgesinde, özellikle antropojenik etkilerin yoğun olduğu bölgelerde, orman yangınlarında hızlı bir artış olmuştur (FAO, 2001). Türkiye’de ise orman yangını istatistikleri orman kanununun kabul edildiği 1937 yılında başlamaktadır. İstatistikler 1937’den günümüze geçen süreçte (Ekim 2008 itibariyle) 84976 orman yangınında toplam 1 milyon 613 bin 42 hektar orman alanının yandığını ortaya çıkarmaktadır. Diğer bir deyişle Türkiye’nin 71 yılda İstanbul ili yüzölçümünün 3 katı kadar orman alanını yangına kurban verdiğini kayıt altına almıştır. Bu nedenle, yangın risk haritalama çalışmaları birçok ülkede giderek artmaktadır (Bonazountas ve diğ, 2005). Yangın risk ve tehlikesinin değerlendirilmesi ve yangınların etkilerinin anlaşılması Akdeniz orman yönetimi için oldukça gereklidir (Maselli ve diğ, 2000). Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezinin 2007 ve 2008 yıllarında yayınladığı Avrupa’da Orman Yangınları adlı bilim ve teknik raporunda Türkiye’nin Ege ve Akdeniz bölgeleri en riskli bölgeler arasında gösterilmektedir. Aynı raporda Türkiye 2008 yılı verilerine göre 27848 ha’lık orman alanının yangınlar sonucu kaybedilmesiyle tüm Avrupa ülkeleri arasında ilk sıradadır.

Avrupa Orman Yangınları Bilgi Sistemi kapsamında Türkiye’deki risk genel nitelikleriyle de olsa izlenebilmektedir (JRC EFFIS 2009). Bu kapsamdaki risk haritaları dahilinde Türkiye'nin yangın risk haritaları, yanıcı madde modelleri ya da vejetasyon haritaları kullanılarak (Keane ve diğ, 2001; Riano ve diğ, 2002; Chuvieco ve diğ, 2004; Hessburg ve diğ, 2007; Jolly, 2007) kaba çözünürlükte üretilmektedir. Benzer şekilde Akdeniz ormanlarında da farklı faktörler göz önüne alınarak yine kaba ölçekte çeşitli risk haritalama çalışmaları yapılmıştır (Maselli ve diğ, 2000). Fakat bunlar doğru planlama kararları alınması için yeterli detayı verememektedir.

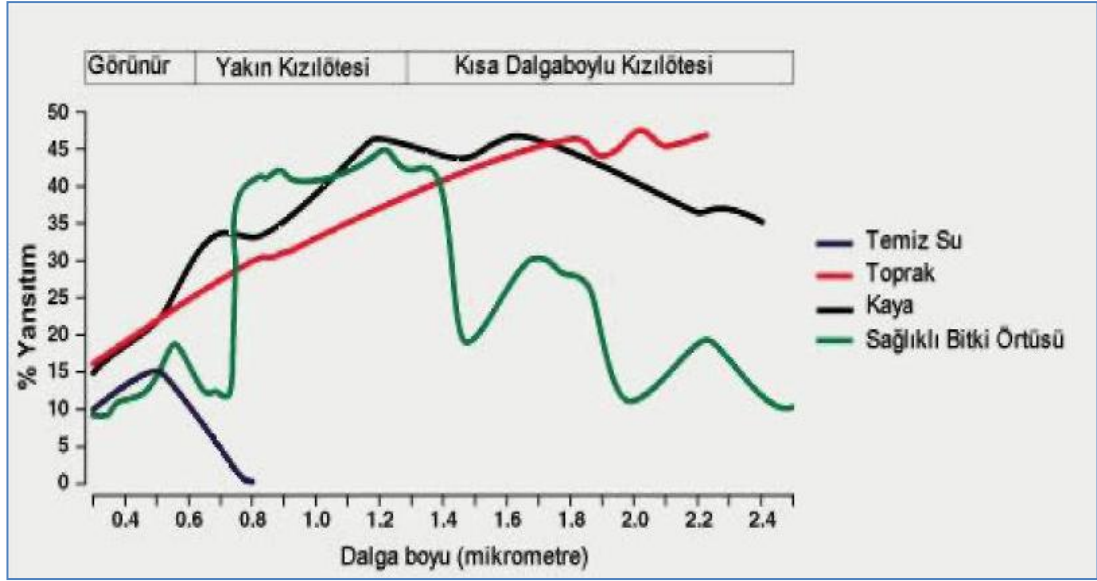
Türkiye’nin mevcut orman yangınlarıyla mücadele stratejisi üç temel unsurdan oluşmaktadır. Bunlar; (i) engelleme (eğitim ve uyarma), (ii) erken uyarı, hızlı ve

etkili söndürme ve (iii) hızlı ağaçlandırmadır. Bu kapsamda, detaylı ölçekte yangın risk bölgelerinin belirlenmesi, her üç unsuru da desteklemektedir. Örneğin, suyun yetersiz olduğu ve yangın riskinin yüksek olduğu bölgelerde yapılması planlanan yangın havuzlarının, yangın gözetleme kulelerinin ve orman içi erken uyarı algılayıcılarının doğru konumlandırılması açısından yapılacak çalışma hayati bir önem taşımaktadır. Bu sistemlerin doğru bölgelere kurulması, yangına müdahaleyi hızlandıracak, yanlış bölgelere bu sistemlerin kurulmasını engelleyerek ekonomik olarak yangınla mücadeleye yardımcı olacak, önceden risk altındaki bölgeler için ağaçlandırma stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynayacak ve orman bakanlığının yangın eğitimlerinin nerelerde yoğun olarak verilmesi gerektiği konusunda katkıda bulunacaktır.

2.2.4 Doğal bitki örtüsünde verimlilik azalması

Orman ekosistemleri, oksijen ve karbondioksit dengesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Ekosistemler belirli bir zaman ve mekan ölçeğinde biyolojik, kimyasal ve fiziksel (biyojeokimyasal) süreçlerin karşılıklı etkileşiminden oluşan açık sistemler olup, biyo-jeokimyasal döngülerin incelenmesi ve modellenmesi yoluyla anlaşılabilir (Evrendilek, 2004).

Vejetasyon ve yaprakların optik özellikleri detaylı bir şekilde incelendiğinde, bir bitki örtüsü yansımalarının ışık dalga boyuna bağlı olarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Pigmentasyon, fizyolojik yapı ve su içeriği gibi bitkisel özellikler, bitki örtüsünün maruz kaldığı ışığa yansıma, absorbe edilme ve geçirim şeklinde tepki vermesinde önemli etkiye sahiptir (Cohen, 1991, Campbell, 2002, Lillesand ve diğ., 2008). Bu özellikleri sayesinde bitki örtüsü diğer yeryüzü bileşenlerinden ayrılabilir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 : Su, toprak, vejetasyon ve kayalara ait yansımaya eğrileri (Meydan, 2008).

Işığa verdiği tepki kapsamında bitki örtüsünü diğer yeryüzü bileşenlerinden ayıran yukarıda bahsi geçen özellikler, aynı zamanda bitkileri kendi içinde tür, kapalılık, sağlık, biyokütle, verimlilik gibi özellikleri bakımından da ayırt edilmelerini sağlamaktadır (Curan ve Williamson, 1986, Baret, 1994, Jones ve Vaughan, 2010).

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).

Karbon döngüsü kapsamında her yıl milyarlarca ton karbon okyanuslar Çizelge 2.1'de belirtildiği şekilde karasal ekosistemler ve atmosfer arasında yer değiştirmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Bu döngüyü destekleyen en önemli bileşen ise fotosentez ve solunum aracılığıyla atmosferdeki CO₂'nin hem

bağlanmasını hem de salınmasını sağlayan bazı algler ve özellikle bitkilerdir. Yıllık bazda karasal ekosistemler ve okyanuslar daha çok karbonu bağlayıcı, arazi kullanımları ve fosil yakıt kullanımları ise salıcı yönde çalışmaktadır. Karbonu salmaya yönelik çalışan arazi kullanımı ve fosil yakıt kullanımının artması karbon stoklarını önemli ölçüde azaltarak döngüde işlevsel sorunlar yaşanmasına neden olacağı ortadadır (FAO, 1992).

Çizelge 2.1 : Küresel karbon bilançosu (alım ve salımları) (IPCC, 2000).

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

Fotosentez süreci ile bünyelerinde karbon depolayan ağaçlar, dökülen yapraklar, kuruyan dallar ve ölen kökler yoluyla karbonu toprağa verirler. Bu süreç, fotosentez ile bağlanan karbonun büyük kısmının solunumla yakıldıktan sonra geriye kalan miktarın bitki bünyesinde büyüme olarak görülen şekilde depolanmasıyla başlamaktadır. Net Birincil Üretim (NBÜ) olarak bilinen bu süreç, birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentez (brüt birincil üretimden-BBÜ) ile ototrofik solunum (Ra) değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Denklem 2.1). NBÜ aynı zamanda, birim alan ve zamanda bitki biyokütlesine kazandırılan net karbon miktarına eşittir (Zhong ve diğ., 2002; Lu ve diğ., 2004).

$$NBÜ = BBÜ - Ra \quad (2.1)$$

Burada;

NBÜ: Net birincil üretim,

BBÜ: Brüt birincil üretim

Ra: Ototrofik solunum'dur.

NBÜ ölçümü için geliştirilen özellikle uzaktan algılama teknolojisindeki gelişmeye paralel olarak gelişim gösteren yöntem ve modeller temel olarak; aylık PAR ölçüm değerleri, en az son 30 yılın en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri, yağış verileri,

evapotranspirasyon, büyüme sezonu, bitki organik karbon içeriği, bitki organik azot içeriği, toprak organik azot içeriği ve toprak organik karbon içeriği gibi verilerin tamamını yada bir kısmını kullanan yaklaşımlardır (Evrendilek, 2004).

NBÜ küresel ölçekte, karbon döngüsü ve bütçesi bakımından özellikle belirleyici olma bakımından büyük önem taşıyarak ekosistem performansı için önemli bir ölçüm aracı özelliği taşımaktadır. NBÜ, küresel karbon havuzunun ana belirleyicisi ve ekolojik süreçlerin anahtar düzenleyicisidir (Evrendilek ve diğ., 2006).

2.2.5 Nüfus artışı

Nüfusun sayısındaki ve yapısındaki değişmelerin, insanların tüketim isteklerindeki artışla birleşmesi, doğal kaynakların yenilenebilir olma düzeyinin çok ötesinde tüketilmesine yol açmaktadır. Günümüzdeki mevcut ekonomik düzenin, kaynakların yenilenebilirliğini ve kalkınmanın sürdürülebilirliğini desteklemediği bilinmektedir. Kalkınmanın belirli bir zaman sonra bitmemesi, sürdürülebilir olması için hem üretimin hem de tüketimin çevreyi aşırı kullanmaması, geleceği de dikkate alması gerekmektedir. Çevre ve doğal kaynakların kullanımının temel boyutu, nüfus ve nüfusun tanımladığı "gereksinim" ve "davranış" boyutudur.

Nüfus ve çevre arasındaki ilişkinin en temel niteliği karşılıklı etkileşim şeklinde olmasıdır. Bu etkileşim sosyal ve ekonomik nitelikli ara değişkenler vasıtası ile gerçekleşmektedir. Örneğin nüfusun büyüklüğü dağılımı ve artış hızı; toprak ve gelir dağılımı, tüketim seviyesi gibi ekonomik ve sosyal değişkenler üzerinde etkili olmakta, bunlar da doğal kaynakların (su, hava, toprak, orman kaynakları, mineraller gibi) kullanımını hacim ve verimlilik olarak (üretime dönüşme oranı) etkilemekte ekosistem üstünde baskılar ve riskler yaratmaktadır. Aynı şekilde ve karşı bir etkileme olarak, doğal kaynakların kullanımı, toprak ve gelir dağılımını, tüketim seviyelerini değiştirmekte bu da nüfusun artışında, büyüklüğünde ve mekansal dağılımında değişmelere yol açmaktadır. Bu döngüsel durumun yarattığı etkilerin ölçeğine paralel yine ekosistem servislerinin bozulması yönünde riskler oluşmaktadır.

Nüfus ve çevre arasında bir başka etkileşim yolu da teknoloji tercihindense ve kullanımından geçmektedir. Nüfus ve tüketim talebi, teknolojinin atıklara önem verip vermemesine, kaynak tüketiminin sürdürülebilir olup olmasına, ticari istismarların mevcudiyetine yol açmaktadır. Bu bağlamda mevcudiyet bulan tarım, sanayi ve

hizmet teknolojileri, doğal kaynakların ve çevrenin kullanımını etkilemektedir. Doğal kaynakların niteliği de seçilecek ve geliştirilecek teknolojileri belirlemekte, bu da yukarıda anlatılan ekonomik ve sosyal değişkenler yolu ile tekrar nüfusa yansımalarıyla geri besleme şeklinde ekosistemde riskler yaratmaktadır.

Nüfustaki değişimin konumsal ve niceliksel olarak tespit edilmesi özellikle CBS yardımıyla etkinleşmiş interpolasyon teknikleriyle sadece yerleşim merkezini veya alanını ifade eden bölgelerde kalmayıp hedef alanın her konumu için yüksek doğrulukta tahmin edilmektedir. Bu kapsamda üretilecek güncel ve geçmiş nüfus görüntülerinin değerlendirilmesiyle nüfustaki değişime paralel olarak yarattığı riskler de göreceli olarak tespit edilmiş olacaktır.

2.2.6 Alan kullanım/arazi örtüsü değişimi

Ülkemizde hızlı nüfus artışı, çarpık şehirleşmeyi de beraberinde getirmiştir. Bunun doğal bir sonucu olarak, insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmez olan toprak ve su kaynakları kirletilmiş, amaç dışı toprak kullanımı, tarım alanlarının yanlış kullanılmaları ve orman arazilerinin tahribi neticesinde de doğal çevre önemli ölçüde zarar görmüştür. Bu zarar her geçen gün dramatik bir şekilde artmaktadır. Kentsel gelişme baskısı ile amaç dışı toprak kullanımının artması, turizm, kentleşme ve sanayileşmeyle birlikte tahrip edilen, yok olan doğal kaynakların korunması ve insanların yaşam kalitelerinin yükseltilmesi için mevcut kaynakların koruma-kullanma dengesi gözetilerek kullanılması kaçınılmaz bir zorunluluk olmuştur (Sanver, 2008).

Çevreye yönelik baskı sadece kentsel yerleşmeler ile sınırlı kalmamış, kırsal alanları ve küçük yerleşme birimlerini de etkilemiştir. Özellikle kıyı yerleşmelerinde turizmin baskısı ve ikinci konut gelişmeleri, yabancılara mülk satışının serbestleştirilmesi bu bölgelere olan talebin artmasına neden olmuştur. Tarım alanları, doğal ve kültürel değeri olan sit alanları, özel çevre koruma bölgeleri turizmin gelişimi için işgal edilmekte; tarım arazilerinde, orman alanlarında, doğa koruma alanları içindeki yerleşmelerde yapılaşma hız kazanarak devam etmektedir (Sanver, 2008)

Çevrenin korunması, doğal kaynakların, tarım ve orman alanlarının koruma-kullanma dengesi içinde kullanılması; tarihi değerlerin ve zenginliklerin korunması

sadece peyzajın amaçlarına uygun olarak planlanmasıyla değil, plan dışı gelişmelere müdahaleyle ve planların uygulanma sürecinin izlemesi ile mümkün olacaktır.

Çevresel izleme sonucu elde edilen alan kullanım/arazi örtüsü özelliklerinin nitelik ve niceliğindeki değişimlere ait veriler, sürdürülebilir kullanım hedeflerine ulaşılmasında değerlendirilen önemli araçlardan birisidir (Doygun ve Berberoğlu 2001). İzleme çalışmaları sayesinde tür çeşitliliği, bu çeşitliliği etkileyen doğal faktörler, insan etkileri sonucunda oluşan habitat parçalanması ya da tahripler ortaya konmaktadır. Bu durum, çevresel kaynakların geçmiş ve güncel durumlarının karşılaştırılmasını sağlamanın yanı sıra, kaynaklar üzerindeki kullanım ve değişim eğilimlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Olumsuz çevresel etkilerin kabul edilebilir düzeylere indirilmesi için gerek duyulan verilerin yetersizliği ile ulaşılması ve yayımlanmasındaki kısıtlamalar, değişimleri çabuk ve etkili bir şekilde saptayabilecek araçların yeterince yaygın olmaması izlemenin en önemli aracı olan değişim tespitine olan ihtiyacı arttırmaktadır (Skole, 1996; Alphan ve Yılmaz 2001). Bu durum alan kullanım/arazi örtüsündeki değişimlerin tespit edilmesi ve bu değişimlerin ekosistem üzerine yarattığı baskıların konuma bağlı niceliksel olarak belirlenmesi ile yapılacak değişim analizini daha anlamlı hale getirecektir.

2.3 Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

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

Uzaktan algılama özellikle ekolojik sistemlerin durumunu ve değişimini değerlendirmek için çok kullanışlı bir araçtır (Peterson ve Parker, 1998; Turner ve

diğ., 2003). Uzaktan algılamanın kullanım amacı beş başlık altında değerlendirilebilir (Horning ve diğ., 2010):

- 1) Gözlem: Belirli bir türe ait habitat dağılışı ya da yangın, fırtına gibi doğa olaylarını tespit etmek ve tanımlamayı ifade etmektedir.
- 2) Analiz ve ölçme: Algılayıcılar yükseklik, verimlilik, bulut tipi oranı, kara ve su yüzey sıcaklıkları, yağış miktarı, rüzgar hızı ve su kalitesi gibi bazı biyolojik ve fiziksel değişkeni ölçebilmektedirler. Bu değişkenlerden bazıları (ör.: yükseklik, sıcaklık, vb.) direk ölçülebilirken, ölçülemeyen diğerleri ise gelişimi gün geçtikçe ilerleyen algoritmalar sayesinde ölçülebilmektedir.
- 3) Haritalama: Ekoloji içerikli çalışmalar konumsal ve coğrafi içerikli disiplinler olması nedeniyle, belirli bir yerin belirli bir zamandaki koşullarını iki veya üç boyutlu olarak belgeleyen haritalamaya ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyacı da sahip olduğu özellikleri gereği uzaktan algılama kolaylıkla yerine getirebilmektedir. Bu kapsamda en iyi örnek arazi örtüsü haritalarıdır.
- 4) Zamansal ve konumsal izleme: Uzaktan algılamanın arşiv özelliği sayesinde hedefin sadece belirli bir zamandaki durumu tespit edilebildiği gibi zaman içindeki göstermiş olduğu değişimde tespit edilebilir ve böylelikle izlenebilmektedir. Hatta bu değişim göz önüne alınarak gelecek için tahminler oluşturulabilmektedir.
- 5) Karar destek: Yukarıda anlatılan diğer dört özelliği kullanılarak üretilen uzaktan algılama verileri entegre edilerek yönetsel, yasal, uygulamalı, politik, optimal alan ve koruma kararları üretilebilmektedir.

Uzaktan algılama ekolojik risk analizi kapsamında nadiren, örneğin yangın sonrası yanmış alanların tespitinde olduğu gibi ekolojik zarar görmüş alanların gözlem ve tespitinde kullanılsa da çoğunlukla risk tespitinde kullanılan yöntem ve modeller için girdi verilerinin analiz, ölçme, haritalama, zamansal ve konumsal izlemelerinde kullanılmaktadır. Ek olarak üretilen verilerin entegre edilerek sonuç kararlarının alınmasında CBS ile birlikte etkin olmaktadır. Ekolojik risk analizi kapsamında kullanılan yöntemler dahilinde UA dahilinde üretilebilecek başlıca veriler şunlardır: Arazi örtüsü ve alan kullanımı haritası, vejetasyona dair veriler (tür, kapalılık, bolluk, sağlık, yaprak alanı, su içeriği, evapotranspirasyon vb. haritalar), topografya (yükseklik, eğim, bakı vb.), toprak nemi vb.

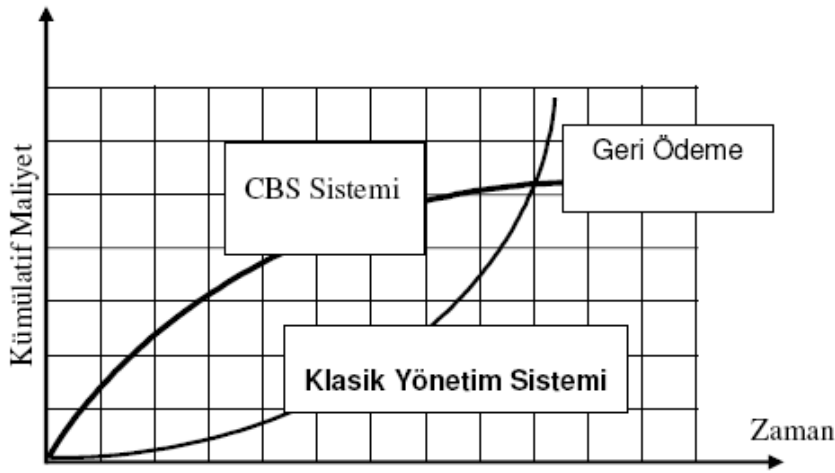
Doğal kaynaklar, insanlar gibi bu kaynaklardan yararlanan tüm canlıların etkileşimleri ve bu etkileşim sonucunda oluşan baskıların sonuçlarının bütününden oluşan ortam olarak da tanımlanabilecek ekosistemler üzerindeki risklerin tespiti söz konusu bu tüm bileşenleriyle kapsamlı olarak tespitiyle mümkündür. Bir ekosistemin tüm bileşenleri UA kapsamında tek tek ortaya konulabilmekte fakat bu bileşenlerin birbirleriyle olan etkileşimlerinden ortaya çıkan ekosistemi tanımlamak için bu verilerinde birbirleriyle ilişkilendirilebilecek bir ortamda sunulması gerekmektedir.

CBS yeryüzündeki fiziki ve beşeri olayları konu alarak, çok geniş anlamda karmaşık bir bilgi yoğunluğu ile uğraşmaktadır. Bütün bu bilgilere sahip olup, onlardan daha fazla yararlanmak ve coğrafi olaylar arasındaki ilişkileri anlayıp yorumlamak için mutlak suretle organize edilmiş düzeneğe diğer bir deyişle bilgi sistemine ihtiyaç duyulur. Gelişen bilgi teknolojisi ile bir anlamda bu ihtiyaç giderilmiş, “coğrafya”, “bilgi” ve “sistem” kelimelerinden oluşan ve coğrafyayı konu alan CBS kavramı ortaya çıkmıştır (Yomralıoğlu, 2000). Sonuç olarak CBS şu şekilde tam olarak ifade edilebilir: Coğrafya ile ilgili grafik ve grafik olmayan verilerin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik olarak yerine getiren coğrafi veri, donanım, yazılım ve personel bileşenlerinden oluşan bir organizasyondur (Inal, 2006'dan Bank, 1994).

CBS tanımında da ifade edildiği gibi beş ana bileşenden meydana gelmektedir. Bunlar; donanım, yazılım, veri, insan ve metottur. CBS'nin çalışmasını mümkün kılan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Yazılım coğrafik bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi fonksiyonları kullanıcıya sağlamak üzere yüksek düzeyli programlama dilleri ile gerçekleştirilen algoritmalarıdır. Coğrafi varlıkların sahip oldukları özellikler ile coğrafi olayların karakterleri veri olarak adlandırılır. CBS'nin en son bileşeni olan metot ise, kurum içi veya kurumlar arasında coğrafi verilerin toplanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulmasındaki standart yöntemlerdir. Kısacası verinin bilgiye dönüştürülmesinde kullanılan yöntemlerin bütünüdür (Ekerci, 2007'den Bausmith ve Leinhardt, 1998).

CBS'nin klasik yöntemlere göre sağladığı en büyük kazanç zaman ve maliyet açısından daha kısa sürede daha ekonomik değerlendirme imkanı sağlamasıdır. CBS'nin kullanılması ile maliyet/yarar kriteri dikkate alınarak bir değerlendirme

yapıldığında, sistemin kullanıcısı olan kurum ve kuruluşa, üretim artırma ve maliyeti düşürme yararları ile birlikte uzun vadede stratejik yararlar sağlamaktadır. Klasik yönetim sistemi ile CBS gibi otomatik yönetim sisteminin tipik bir kümülatif maliyet-zaman karşılaştırılmasının yapıldığında (Şekil 2.3), klasik yönetim sisteminde maliyetin zamanla arttığı gözlenmektedir. Bunun nedeni, iş hacmine bağlı olarak zamanla artan eleman sayısı, ücretleri ve enflasyon baskısıdır. CBS’de ise, maliyetin klasik yönteme göre başlangıçta yüksek olduğu, ancak zamanla bunun azaldığı görülmektedir. Başlangıçtaki yüksek maliyetin nedeni, otomatik veri elde etme, teknoloji yatırımı, uzman personel alımı ve eğitimi ve sistemin sürekli bakımındır. Yatırımın azaldığı yerde CBS eğrisinin aşağıya doğru saptığı görülmektedir. Bu nokta, CBS maliyetinin azaldığı ve sistemden yarar sağlanmaya başlandığı anlamına gelmektedir (İnal, 2006).



Şekil 2.3 : Zaman İçinde CBS ve klasik yönetim sisteminin kümülatif maliyeti (İnal, 2006).

CBS'nin yararlarını nicelik bakımından ise şöyle sıralanabilir:

- CBS teknolojisinde veri tekrarı yoktur.
- Sayısal olarak elde edilen coğrafi verileri güncelleştirmek daha kolay ve ucuzdur.
- Verilere dayalı olarak istenilen bilgileri üretmek daha doğru ve daha hızlıdır.
- Uygun veri standardı ile bir başka CBS'den veri aktarmak yeniden üretmekten daha ucuzdur.
- Kullanıcıya daha iyi karar alma imkanı verir.
- Üretimin artmasına yardımcı olur.
- Zaman, para ve insan gücü tasarrufu sağlar.

Nitelik bakımından ise CBS'nin yararları şöyle sıralanabilir:

- Bilgilerin paylaşımı: Farklı yönetim birimleri, kurum ve kuruluşlar arasında bilgilerin paylaşımını sağlayarak birbirlerine ait bilgileri kullanmaya olanak sağlar.
- Bilgi fazlalığı, karmaşası ve tutarsızlığının önlenmesi: Bilgilerde hızlı değişim olması ve buna paralel olarak güncelleştirme ihtiyacı, farklı yerlerde depolanan bilgiler arasında tutarsızlıklara yol açar. CBS bilgi fazlalığını, karmaşasını ve tutarsızlığını önler.
- Bilgilerin bir araya getirilmesi: CBS'nin önemli bir yararı, farklı birim, kurum ve kuruluşların problemlere daha sistematik bir tarzda yaklaşmaları için gereken bütünleşik etkinliği teşvik etmesidir.
- Bilgilerin sınıflandırılması: CBS yardımıyla bilgiler belli özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Sınıflandırmalar çeşitli bilgilere ihtiyaç duyan birimlere problemlerini çözmelerinde yardımcı olabilir. Örneğin yiyecek üreten bir firma, ürettiği yiyeceğe talep ve nüfus özellikleri gibi coğrafi olarak dağılmış birçok değişkeni bir araya getirip sınıflandırarak, bu değişkenler arasında korelasyon olup olmadığını, sonuçlara göre en iyi yatırım bölgesinin nereleri olduğu hakkında sağlıklı kararlar alabilir.

Özetle ekolojik risk analizi gibi ekolojik içerikli tüm çalışmalarda CBS ve UA entegrasyonu UA ile elde edilen verilerin, diğer (grafik veya grafik olmayan) verilerle birlikte ya da ayrı olarak, aynı veritabanı içerisinde değerlendirilmesi imkanını sunmaktadır (Ekerci, 2007'den Goodchild, 2001; Jaiswal ve diğ., 2002). Böylelikle söz konusu çalışmaların çok daha hızlı, ekonomik ve etkin bir şekilde sonuçlanmasını sağlamaktadır.

2.4 Ekolojik Modeller

Etkin bir sistem anlayışı, başarılı bir modelleme için öncelikli kavramsal koşulları göz önüne almalıdır. Ekolojik sistemler; enerji, madde ve bilgi akışıyla direk ilişkili biyotik ve abiyotik bileşenlerden oluşan karmaşık bir yapıdır (Breckling ve Müller 1997). Bu bileşenler arasındaki heterojen, doğrudan veya dolaylı etkileşimler geniş kapsamlı ve karmaşık bir ağ oluşturmaktadırlar (Fath and Patten 2000). Bu ağ, çok yoğun bağlantılara ve bileşen, ilişkiler ve doğrusal olmayan etkileşimlerin sayısına

bağlı olarak katlanarak artan karmaşıklığa sahiptir (Salthe 1993; Grant ve Swannack 2007). Bu yapıyı tamamen anlamak ve çözmek hiçbir zaman mümkün olmayacaktır fakat günümüz ekolojik/çevre sorunları göz önüne alındığında hem sorunların nedenlerinin tespit edilmesi hem de ortaya çıkan bozulmaların giderilmesi adına mevcut ekolojik anlayışımızı arttırmaya çalışmamızın gerektiği ortadadır. Bu noktada ekolojik modeller bu karmaşık yapıyı anlamaya yönelik adımların atılmasını ve teorilerin geliştirilmesini sağlamaktadır.

Model, gerçekliğin basitleştirilmiş bir hali olup karmaşık sistemlerin araştırılmasını ve analiz edilmesini sağlayan bir araçtır (Dale, 2003). Modeller, araştırmacının tanımlamak veya çözüm bulmak istediği ilgili sistemlerin karmaşıklığını azaltarak anlaşılabilir hale getirmektedir. Ekoloji kapsamında ele alınan ekolojik modeller ise çevresel unsurların değişimi ve etkileşimlerini tanımlayabilen ve ekosistemin konumsal ve zamansal yapılarını temsil edebilen modellerdir (Bossel, 1992; Gnauck, 2000). Bu kapsamda ekoloji temelli çalışmalar için başlıca araçlardan olan ekolojik modeller, fiziki alan planlamacıları için ekolojik bir olay, olgu veya unsurun karmaşıklığını, benzersizliğini, değişime ve kullanıma karşı gösterdiği davranışını daha anlaşılır hale getirmektedir (Hannon ve Ruth 2001).

Ekolojik modeller, ekosistemin üzerine etkin dinamiklerin analiz edilmesini ve gelişiminin tahmin edilmesini sağlayan geniş bir aralıkta farklı yaklaşımlar sağlamaktadır. Bu nedenle hedef konu ve alana uygulanırken dikkatli seçilmeli ve bu seçim sırasında şunlara dikkat edilmelidir (Jopp ve diğ., 2011):

- Modeller, sadece kullanıcısının bakış açısını yansıtan kullanıcı temelli tanımlamalar olduğundan girdi verilerinin miktarı ve kalitesinin ve de temel kabullerin yeterli ve doğru belirlenmesi gerekmektedir.
- Modellerin optimal bir karmaşıklık dereceleri bulunmalıdır. Bu karmaşıklık ne ekosistemin genel çerçevesini ortaya koyamayacak kadar basit ne de model bileşenlerinin (kullanıcı, araç, tekniker, zaman) kapasitesini aşacak kadar karmaşık olmalıdır.
- Her koşulda model çıktıları her zaman bazı belirsizlikler taşımaktadır. Bu nedenle modelin iyileştirilebilmesi için modelleme; (i) titiz, kesin ve doğru bir hipoteze, (ii) model üretimi ve testi için doğru ve yeterli veriye ve (iii) incelenen konu, obje ve süreç hakkında yoğun bilgiye ihtiyaç duymaktadır.

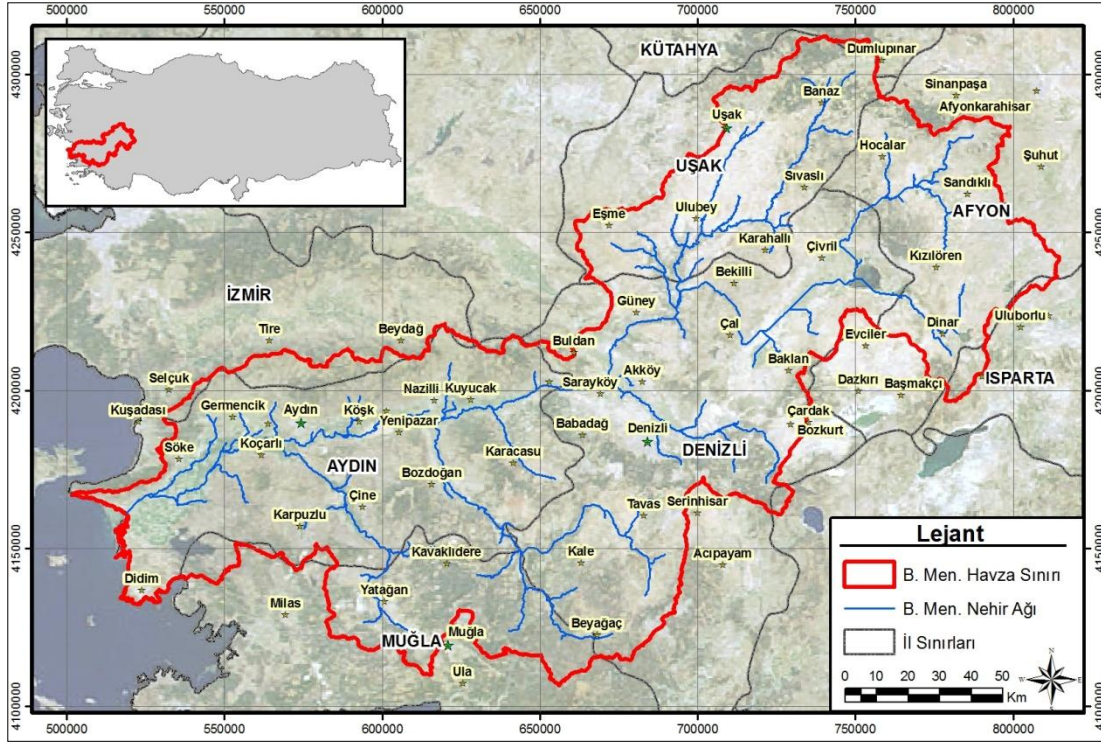
Yukarda verilen seçim kriterleri kapsamında ekolojik sistemleri modellemek için deneysel, kavramsal ve süreç tabanlı olmak üzere üç tür temel model kullanılmaktadır. Bu modellerin farkı daha çok karmaşıklıklarındadır. Deneysel modeller dağınık süreçlerin tanımlandığı en basit model türleridir ve süreç tabanlı modeller ise en karmaşık model türü olup genellikle konumsal dağılıma sahip yüksek miktarda parametreye sahiptir. Kavramsal modeller, ise bu iki model türü arasında bir karmaşıklıkta sahiptir. Farklı ekolojik sistemler için farklı modeller kullanılmaktadır. Örneğin iklim modelleri, büyük alanlarda konumsal dağılıma sahip çok miktarda parametreye sahip karmaşık süreçli (fiziksel) modellerdir ve bu nedenle iklim modellemeleri için süreç tabanlı modeller daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Deneysel ve kavramsal modeller ise daha çok popülasyonun ve biyoçeşitliliğin modellenmesi gibi ekolojik modelleme konularında kullanılmaktadır (Letcher ve Jakeman, 2000).

3. ARAŞTIRMA ALANI, VERİLERİ VE YÖNTEMİ

Büyük Menderes Havzası (BMH) örneğinde alanda mevcut süregelen ekolojik risklerin konumsal ve niceliksel olarak çeşitli yöntemlerle tespit edilmesi ve bu yöntemlerin birbirlerine entegrasyonunun sağlanmasıyla bütünleştirilmiş tek bir risk haritası olarak ortaya konulmasını hedefleyen bir yaklaşım temelinde ekolojik riskin modellenmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda uygulamayı içeren bileşenler araştırma alanı, kullanılacak veriler ve yöntemler olarak üç ana başlıkta sunulmuştur.

3.1 Araştırma Alanı

Büyük Menderes Nehri Havzası (BMH) Batı Anadolu'da Türkiye'nin güneybatı kısmında 37° 12'- 38° 40'kuzey enlemleri ile 27° 15'- 30° 15' batı boylamları arasında yer almaktadır (DSİ, 2005). Havza, Anadolu'nun batısında Büyük Menderes Nehri ile sularını Ege Denizi'ne döken alanı kapsamaktadır (Şekil 3.1). Başlıca kaynak kolları, iç batı Anadolu'da Dinar İlçesi yakınlarında Suçukan Mevkii ile Işıklı ve Küf'i çaylarıdır. Kaynak kolları Işıklı Barajı'ndan birleştikten sonra Çivril, Çal ve Baklan Ovaları'nı geçer ve Çal'ın doğusundan kuzeye dönerek, Bekilli ve Güney İlçesi'ne doğru derin bir yatakta akmaktadır. Uşak'tan gelen ve Büyük Menderes'in en büyük kollarından biri olan Banaz Çayı ile birleşerek, Sarayköy Ovası'na inmektedir. Denizli hudutları içindeki Çürüksu ve Gökpınar Çayları ile beslenerek batı yönünde ilerleyerek Nazilli, Aydın ve Söke Ovaları'nı besleyip 584 km uzunluğundaki yolculuğunu Söke Dipburun Mevkii'nde Ege Denizi'ne dökülerek tamamlamaktadır. Havza, kuzeyden Samsun Dağı, Cevizli Dağı, Elma Dağı ve Murat Dağı, doğudan Sandıklı Dağları, güneyden Madran Dağı, Babadağ ve Bozdağları su bölüm çizgisiyle ve batıda Ege Denizi ile çevrilidir. Havza alanı yaklaşık olarak 2.600.967 ha'dır.



Şekil 3.1 : Büyük Menderes Havzası'nın Türkiye'deki konumu.

Türkiye'nin yüzölçümünün %3,2'sini oluşturan havzanın sınırları, kapladığı alan büyüklüğü sırasına göre Denizli, Aydın, Uşak, Afyon, Muğla, İzmir, Isparta, Burdur, Kütahya ve Manisa illerini kapsamaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Büyük Menderes Havzası illere göre istatistikleri.

İl	Alan (km ²)		Alan Oranı (%)		Yerleşim Merkezi Sayısı			Nüfus	
	İl Toplam	Havzada İl	İlde Havza	Havzada İl	İl	İlçe	Bucak-Köy	Adet	Yüzde
Denizli	11759	8373	71,21	32,18	1	13	350	700317	32,80
Aydın	7906	7553	95,54	29,03	1	15	502	863975	40,47
Uşak	5347	3576	66,88	13,75	1	5	164	283196	13,26
Afyon	14411	3330	23,11	12,80	0	4	142	185621	8,69
Muğla	12675	2483	19,59	9,54	0	2	96	84701	3,97
İzmir	12098	475	3,93	1,83	0	0	35	12668	0,59
Isparta	9014	163	1,81	0,63	0	0	3	4233	0,20
Burdur	7024	43	0,61	0,17	0	0	1	364	0,02
Kütahya	11668	17	0,15	0,07	0	0	0	0	0,00
Manisa	13260	3	0,02	0,01	0	0	0	0	0,00

BMH dahilinde en fazla alana sahip olan il 8373 km² ile Denizli ilidir. Bu yüz ölçümüne rağmen havza, Denizli alanını sadece %71'ine girmektedir. Aydın ise 7553 km²'lik alanıyla havzada ikinci en büyük alana sahip olan da tüm ilin %96'sı havza

sınırları içinde yer almasıyla havzadaki gelişmelerden en çok etkilenecek il olarak görülmektedir. Burdur, Kütahya ve Manisa havzada en az alanı olan illerdir.

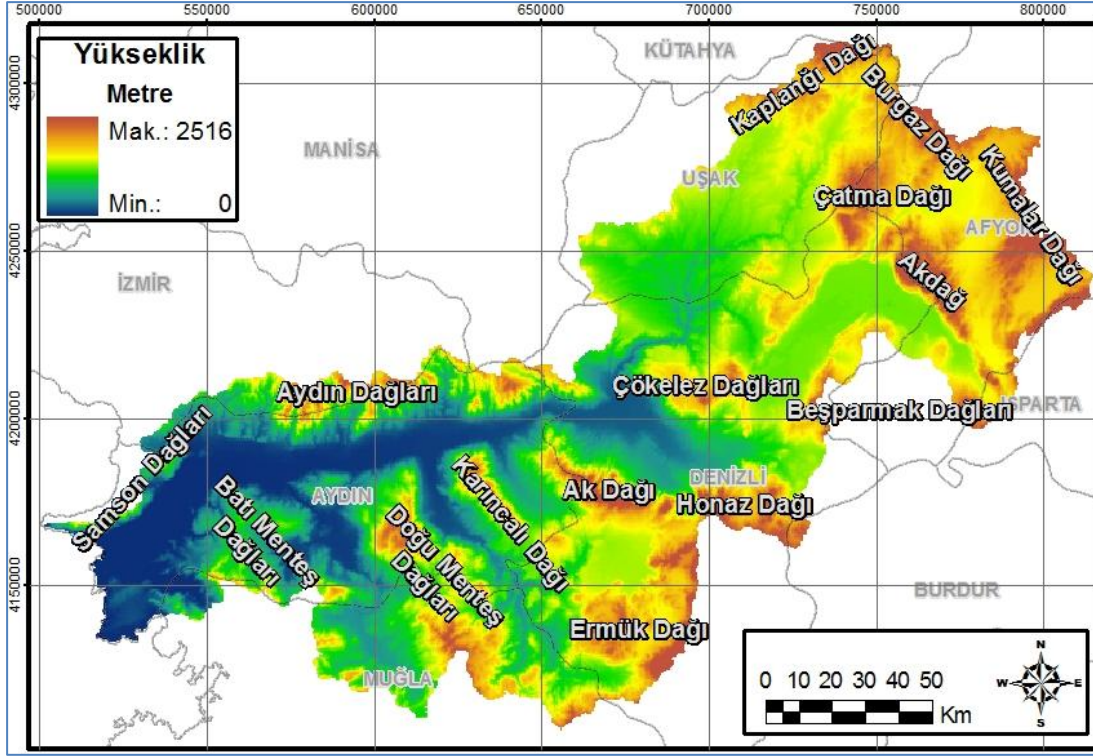
İl merkezi bazında BMH sınırlarında sadece Denizli, Aydın ve Uşak'ın il merkezleri bulunmakta, aynı şekilde alanda bulunan ilçe merkezlerinin tamamına yakın bir kısmı yine bu illerin sınırları içindedir. Benzer durum köyler için de geçerlidir. Kütahya ve Manisa'nın havzada çok az alanı olması nedeniyle havza dahilinde bu illerin hiçbir yerleşim merkezi bulunmamaktadır.

Alan ve yerleşim merkezlerinin dağılımındaki durum benzer şekilde nüfus içinde geçerlidir. Denizli havzada en büyük alana sahip olmasına rağmen havzadaki %33 nüfusu ile alan sıralamasında ikinci sırada yer alan aydının %40'lık nüfus oranının gerisinde kalmaktadır. Bu durum havzada en yüksek nüfus yoğunluğunun Aydın iline ait olduğunu göstermektedir. Denizli ve Aydın tüm havza nüfusunun dörtte üçüne yakın bir oranını barındırmakta geri kalan nüfus diğer altı il arasında paylaşılmaktadır. Manisa ve Kütahya havza dahilinde yerleşimi bulunmaması nedeniyle havza nüfusunda etkileri yoktur.

Araştırma alanı olan BMH'nın diğer özellikleri, bu alan için detaylı ve kapsamlı seviyede içeriğe sahip olarak bugünkü ismiyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı desteğinde TÜBİTAK-MAM (TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi) (2010) tarafından hazırlanan "Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Büyük Menderes Havzası" başlıklı çalışmanın final raporundan faydalanılarak aşağıda sunulmuştur.

3.1.1 Topoğrafya

Havza sınırları içerisinde yer alan başlıca dağlar Şekil 3.2'de verilmiş olup sonrasında dağlar iller bazında kısa detaylarıyla sıralanmaktadır.



Şekil 3.2 : Büyük Menderes Havzası'nın dağları.

- Afyon ilinin batısında havza içerisinde kalan bölümde yer alan dağlar Kumalar Dağı (2.250 m), Akdağ (2.449 m), Burgaz Dağı (1.754 m)'dir.
- Aydın Dağları, ilin kuzeyinde doğu-batı yönünde uzanan sıra dağlardır ve zirvesi 1.732 m ile Karlık Tepesi'dir. Madran Dağı, 1.792 m yüksekliği ile Aydın'ın en yüksek dağıdır. Akçay ve Çine Çayları arasında kalır. Kuzey yönünü, Dinar'dan başlayıp 300 km sonra Samson Dağları adını alarak Ege Denizi'nde sona eren Mezukis Dağları'nın en yüksek noktası 1360 m'dir. Mezukis Sıra Dağları'nın il içinde devam eden kısmında doğudan batıya doğru Çamlık, Oyuk, Karlık, Malgıç, Cevizli adları ile sıralanan Batı'da daha az yükseklik arz eden Gümüş ve Samson Dağları ile Dipburun mevkiinde Mezukis Dağları küçük vadilerle yer yer birbirlerinden ayrılırlar. Kuzeydoğu'da Çal Dağları'ndan ayrılan Çamlık Dağı, 1.732 m yüksekliğindedir. Cevizli Dağı, kıvrıntılı küçük yaylaları ile sıradağlar halinde batıya uzanarak Söke İlçesi'nin batısında yüksekliği 1.229 m'ye ulaşır. Karadağ (1.353 m), Aydın ilinin kuzeyindeki Cevizli Dağına kadar yukarıda Oyuk, Karlık, Malgaç tepelerini meydana getirir. Samson Dağları (1.360 m) dalgalı tepelikler halinde devam ederek Dipburun'da denize gömülür. Aydın'ın Güney'inde, yükseklikleri 1.800 m'yi bulan ve doğu-batı

doğrultusunda uzanan Çubuk, Karıncalı (1.699 m), Madran (1.792 m), Beşparmak Dağları (1.367 m), Batı'da Bafa Gölü'nü yarım çember içine alarak denizde sona erer.

- Honaz Dağı, 2.571 m yüksekliği ile hem Denizli'nin, hem de Batı Anadolu'nun en yüksek noktasıdır. Denizli ilinde yer alan diğer önemli dağlar sırasıyla Akdağ (2.449 m), Bozdağ (2.421 m), Babadağ (2.308 m), EĞeler Dağı (2.254 m), Kızılıhisar Dağı (2.241 m), Bulkaz Dağı (1.990 m), Büyükçökelez Dağı (1.840 m), Elmadağ (1.805 m), Beşparmak Dağı (1.307 m) ve Sazak Dağı (1.145 m)'dir.
- Uşak ili genel olarak engebeli olmasına rağmen yüksek dağlar görünmez. Ortalama olarak deniz seviyesinden 1.000 – 1.200 m yüksek olup, dalgalı bir yayla görünümündedir. Dağlar il alanının kuzeydoğu ve doğu kesiminde kümelenmiştir. Murat Dağı, Uşak ili Kütahya sınırı boyunca uzanır. Yüksekliği 2.309 m'yi bulan Murat Dağı, zengin bitki örtüsü ile kaplıdır. Bulkaz Dağı, 1.930 m yüksekliğe sahiptir ve Sivaslı ilçesinin doğusunda bulunur. Zengin su kaynakları vardır. Elma Dağı, il merkezinin kuzeyinde bulunur ve yüksekliği 1.805 m'yi bulur.

Büyük Menderes Nehri'nin doğuşundan dökülene kadar geçtiği bölgede birçok verimli ova oluşmuştur. Bunların başlıcaları aşağıda sıralanmıştır:

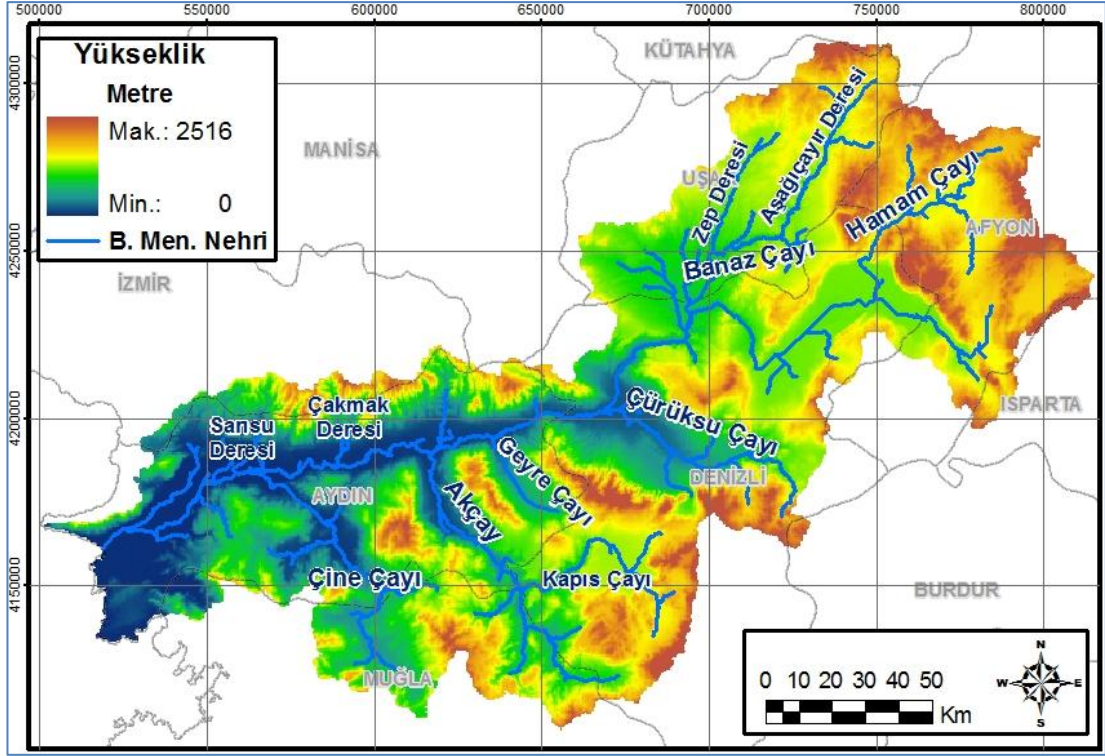
- Dinar Ovası; Dinar'dan doğarak (Suçıkan) akan Büyük Menderes'in Samsun Dağları ile Karadağ arasında geçtiği vadide daralıp tekrar genişleyerek Afyon sınırlarına kadar devam eder.
- Dombay Ovası; Akdağ, Kumalar ve Samsun Dağları ile çevrilidir. Bu ova güneye doğru alçalan bir tekne gibidir. Güneyinde Çapalı Bataklığı'na yer veren ova, kuzeyinde Sandıklı-Dinar arasındaki sahayı meydana getirir. Kufi Çayı'nın kolları olan Hamam çayı ile Sandıklı'nın içinden geçen (şimdi bu çay üzeri kapalı bir kanalla ilçe merkezinden geçer) Beylik Deresi'nin birleştiği yerde yükselti 1.000 m'den aşağı düşmektedir. Ova, Kufi Çayı'nın akışı yönünde uzanarak Akdağ ile Burgaz Dağları arasındaki vadide son bulur.
- Çivril ve Baklan Ovaları; Denizli'nin en geniş düzlüğüdür. İçlerinden Büyük Menderes geçer. Baklan Ovası Çal'a doğru uzanır. 850 m yüksekliğindedir. İki ovanın genişliği 92.000 ha'dır. Kuru ve sulu tarım yapılır. Baklan Ovası'nın

büyük bir bölümünde Arazi Topplulaştırma Projesi gerçekleştirilmiştir. Çivril yöresinde özellikle elma yetiştiriciliği gelişmiştir.

- Kaklık ve Han-Abat Ovaları; Honaz Dağı'nın kuzeyinden doğuya doğru uzanır. Denizden 850 m yükseklikte olup, 50.000 ha genişliğindedir. Acıgöl'ün batısında bulunan Çardak (Han-Abat) Ovası'nın başlıca ürünü tahıldır.
- Tavas Ovası; ortalama 950 m yükseklikte bulunan bu ova 30.000 ha'dır. Kuzeyde Babadağ; güneyde Bozdağ, doğuda Serinhisar Dağları, batıda Kale ilçesi ile çevrilidir. Tavas Ovası'nın Bozdağ eteklerinde Barza ve Sarıova bulunmaktadır.
- Büyük Menderes veya Sarayköy Ovası; Doğudan Honaz Dağı, kuzey ve kuzeydoğudan Çökelez Dağı, kuzeybatıdan Sazak Dağı, güney ve güneybatıdan Babadağ ve il merkezini, doğu, kuzey ve batıdan yarım daire gibi kuşatarak Buldan ilçesine kadar devam eden kısmındadır.
- Büyük Menderes Ovası; Denizli il sınırlarından başlayan büyük bir ovadır. Büyük Menderes Nehri'nin geçtiği ova, taşkın ovası niteliğinde olup 23.900 km²'lik bir sahadır. Irmak çağlar boyu denize taşıdığı alüvyonla bugünkü ovayı oluşturmuştur. Havzadaki ovalar Aydın, Söke, Yenipazar, Koçarlı, Karpuzlu, Çerkez ve Çine Ovası gibi yerel adlarla anılırlar. Bu ovalar Büyük Menderes Ovası'nı oluşturur.
- Yatağan Ovası; kuzey-doğu ve güney-batısı 800 m yükseklikte dağlarla çevrilmiştir. Kocadere, Menteşe Deresi, Kamış Çayı, Bencik Dereleri'nden beslenir ve 30 km²'lik bir alan kaplamaktadır. Yatağan Ovası geniş ve verimli arazi yapısına sahiptir. Toprak humuslu, killi ve kumludur. Yatağan ovasında %60 yakın sulu tarım yapılmaktadır.

3.1.2 Hidroloji

Büyük Menderes Nehri, 584 km uzunluğunda olup Ege Bölgesi'nin en uzun akarsuyudur. İç Batı Anadolu'da Sandıklı ve Dinar (Afyon) arasındaki platolar ile Çivril ve Honaz (Denizli) yakınlarından sızan kaynaklardan doğmaktadır. Işıklı gölünü dolduran sularla beslenmekte ve Uşak'tan katılan Banaz Çayı ve Muğla'dan Çine Çayı sularını bünyesine katarak 2.600.967 ha'lık bir havzaya adını vererek Ege Denizi'ne dökülmektedir. Nehri çok sayıda yan dere aşağıda sıralanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Büyük Menderes Nehri kolları.

- Hamam Çayı; Büyük Menderes'in kolu olan bu çay, Kumalar eteğinden doğar. Suyu çeşitli sıcak su kaynaklarıyla çoğalarak büyür.
- Çürüksu Çayı; Honaz Dağı, Kaklık ve Kocabaş yöresinin suyunu toplayarak, Pınarkent bölgesinden ovaya iner, Gökpınar Çayı'nı da alarak Sarayköy yakınında Büyük Menderes Nehri ile birleşir.
- Dandalaz Çayı; Karacasu'nun güney-doğusunda toplanan suların sonucudur. Başlangıçta Geyre Çayı adını alır. Babadağ eteklerinden gelen Işıklar deresi ve Akyar Deresi sağdan katılır. Çakıllı ve kayalı bir yatakta hızla akarak düzlüğe iner ve Kuyucak yakınlarında Büyük Menderes'e karışır.
- Akçay; Muğla'nın kuzey doğusundaki dağlardan doğar. Tavas Ovası'na bakan yamaçlardan gelen Yenidere ile birleşir. Dar ve derin vadiler içinde hızla akmaya başlar. Bozdoğan yakınlarında, ova düzeyine inmeden önce, üzerinde Kemer Barajı kurulmuştur. Karıncalıdağ ve Madran arasındaki vadiyi kuzey batıya doğru akarak geçer. Yenipazar yakınında Büyük Menderes'e kavuşur.
- Çine Çayı; Yatağan ovasında toplanan Bencik ve Kamış Dereleri'ne, Bozüyük Köyü kenarında Pınarbaşı denilen büyük bir kaynaktan çıkan suların katılmasıyla oluşur. Sağnan, Gökçay ve Madran Dereleri'ni içine alır.

Eskiçine’de ovaya iner. Çine Ovası’nı suladıktan sonra soldan Karpuzlu Çayı katılır. Çiftlikburnu yakınında Büyük Menderes’e ulaşır.

Aydın ili sınırları içinde de Büyük Menderes’e katılan pek çok dere de vardır. Bunlar, sağ yandan katılan Feslek, Kestel, Malgaç, Köşk, Musluca, İmamköy, Tabakhane, Karagöz, Yalkı, İkizdere, Alangüllü, Kocadere, Dalama, Çakırbeyli, Çakmar, Koçarlı, Sarıçay Dereleri’dir.

Büyük Menderes Havzası’nın bir diğer hidrolojik bileşeni olan göllerinin başlıcaları aşağıda sıralanarak detay bilgileri verilmiştir.

- Karakuyu Gölü; Karakuyu, Dinar ilçesi sınırları içerisinde Büyük Menderes Nehri yukarı havzasının membasında yer almakta olup, Ankara-Antalya karayolu güzergâhında, Dinar yol kavağında 10 km sonra yolun hemen sağındadır. DSĞ XVIII. Bölge Müdürlüğü, Kocapınar kaynak sularını Karakuyu mevkinde depolayarak büyük bir sula alan meydana getirip, çevre arazileri sulu tarıma açmak, taşkından korumak ve enerji üretmek amacıyla 1979 yılında Dinar-Karakuyu Projesi adı altında bir proje hazırlamıştır.
- Karagöl; Hocalar ilçesi sınırlarındaki Yağcı Ormanları içinde yer almaktadır. 750-800 m²’lik alan kaplayan gölün derinliği 4-5 m’den fazladır. Suyunun siyah olmasından dolayı Karagöl adı verilmiştir.
- Bafa Gölü; Büyük Menderes Deltası’nın güney doğusundadır. Bu göl, Büyük Menderes Deltası’nın jeomorfolojik gelişimi sonucunda Ege Denizi’nin bir koyu iken göl halini almıştır. Toplam alanı 6000 ha geçen gölün maksimum derinliği 25 m’ye ulaşmaktadır. Göl çevresi bitki örtüsü, Iğnınlardan, zeytinliklerden ve çam ormanlarından meydana gelir. Bafa Gölü, Büyük Menderes Deltası’nın sahip olduğu ekosistem özelliklerini bünyesinde barındırmakta ve yine nesli tehlike altında bulunan birçok kuş türüne üreme ve kışlama ortamı yaratmaktadır. Gölde irili ufaklı adalar mevcuttur.
- Gökpınar Baraj Gölü; Denizli il merkezinin kuşbakışı 2 km kuzey-doğusunda bulunan gölün depolama hacmi 27,72×106 m³’tür. 2002 yılı başından itibaren hizmete girmiş olup, Çürüksu Ovası’nda mevcut 5.824 ha’lık sulama şebekesinin sulama suyu takviyesinde kullanılır. Yıllık 3×106 m³’ü Akköy ilçesi ile Aşağışamlı, Sığma, Pamukkale ve Karahayit beldelerine içme suyu olarak tahsis edilmiştir. Denizli’ye çok yakın olması nedeni ile su kalitesinin korunması amacıyla koruma altına alınmıştır. Öte yandan, ileriki yıllarda

Gökpınar kaynağı ile diğer içme suyu kaynaklarının Denizli ili içme ve kullanma suyu ihtiyacı için yetersiz kalabileceği düşüncesi ile alternatif kaynaklar bulunmadığı takdirde Denizli şehrinin ileriki yıllardaki içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanmasında kullanılması da öngörülmüştür.

- Işıklı Gölü; Çivril ilçesinde bulunan Işıklı Gölü, Büyük Menderes Nehri'nin Dinar, Işıklı ve Küfi kaynaklarının önü setlenerek bir su rezervuarı (baraj gölü) haline getirilmiştir. Çivril ilçe merkezinin yaklaşık 10 km güney doğusunda yer almaktadır. Bu göl dar ve derin Küfi yatağından gelen Küfi Çayı'nın ovaya açıldığı yerleri alüvyonla doldurması, bu şekilde suların arka tarafta birikmesi ile meydana gelmiştir. Zamanla sulama suyuna olan ihtiyacın artması ile 1953 yılında DSĞ tarafından gölün çevresi seddelenmiş ve göl bir baraj gölü haline getirilmiştir. Baraj gölü sayesinde gölün çevresindeki ilçe ve köyler, taşkınlardan korunmakta ve göl suları, yaz mevsiminde önce Baklan Ovası'nda bulunan tarım arazilerinin sonra da Adıgüzel Barajı vasıtası ile Sarayköy, Gölemezli, Nazilli, Aydın, Söke Ovaları'nda bulunan tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmaktadır. Işıklı Gölü oldukça sığ olup, geniş sazlıklarla kaplıdır. Saz, bu kamış bitmeyen derin kısmı ancak 6 km² kadar ise de sazlık kesimle 65,86 km²'yi bulur. 821 m maksimum su kotunda 248,20 milyon m³ hacmi olan gölün tabanında en derin kısmı 814 m kotundadır. En derin yeri 8 m'dir. Işıklı baraj gölü, Ramsar sözleşmesiyle A grubu sulak alanlardan sayılmıştır.
- Adıgüzel Baraj Gölü; Denizli iline bağlı Güney ilçesinin 16 km doğusunda Büyük Menderes Nehri üzerinde kurulmuştur. 1990 yılında hizmete girmiştir. Aşağı Büyük Menderes Projesi içerisinde yer alan Adıgüzel Barajı ve Hidroelektrik Santrali, Denizli ve Aydın illerindeki sulama alanlarına hizmet vermektedir. Adıgüzel Barajı'nda depolanan 821,60 hm³ aktif hacmin önce enerjisi alındıktan sonra Sarayköy-Pamukkale Ovası Sulaması içinde bulunan tarım arazileri ve Ege Denizi'ne döküldüğü noktaya kadar da Aydın ilinde bulunan tarım arazileri sulanmaktadır. Sulama, taşkın kontrolü ve enerji üretim amaçlıdır.
- Buldan Derbent Baraj Gölü; Buldan Derbent Köyü civarındadır. Hacmi 54×106 m³'tür. Manisa Sarıgöl Ovası'nı sulama ve taşkın önleme amacı ile yapılmıştır.

- Yayla (Süleymaniye) Gölü; Buldan ilçesi Süleymaniye Köyü yakınında ve Sazak Dağı'nın 1.150 m kodundaki düzlüğünde bulunur. Göl yatağı ve sulak alan toplam sahası 550 da'dır. Yayla Gölü, yaban ördeği ve leylek gibi kuş türlerine barınak teşkil etmesi, kamış ve nilüfer gibi bazı sucul bitki türleri zenginliğine sahip olması, kaynak sularını besleyici özellik taşıması ve ayrıca yayla ortamında mesirelik bir yer olması yönünden önemli bir göldür. Bu özelliklerinin korunması için Mahalli Çevre Kurulunca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre 1995 yılında koruma altına alınmıştır.
- Kemer Baraj Gölü; Aydın ili Bozdoğan ilçesi sınırlarındaki Akçay üzerinde kurulu bulunan Kemer Barajı sulama ve elektrik amaçlı kullanılmaktadır. Bu akarsuyun minimum debisi 0,004 m³/sn, maksimum debisi 467 m³/sn ve ortalama debisi ise 18,51 m³/sn'dir. Akçay'ın suları ile oluşturulan baraj gölünün alanı 1158 ha ve hacmi ise 372,5 hm³'tür. Kemer Barajı sulama ve hidroelektrik amaçlı kullanılmaktadır.

3.1.3 İklim ve bitki örtüsü

Büyük Menderes Havzası Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit özelliği taşıdığından, havzanın iklimi farklılıklar göstermektedir. Havzanın, doğu ve kuzeydoğusunda Uşak, Afyon illeri ile Denizli'nin bir kısmını içerisine alan yukarı kesiminde karasal iklim hüküm sürerken, havzanın batı ve güney kesimleri Akdeniz iklimi özelliği göstermektedir. Karasal iklimde kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar ise sıcak ve kurak geçerken; Akdeniz ikliminde kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır. Havzada, yıllık toplam yağışın büyük bir kısmı kış aylarında düşmektedir. Kıyı kuşağında, kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülürken, iç ve yüksek kesimlerde kışlar, karlı ve soğuk geçer.

Afyonkarahisar Ege bölgesinde olmasına rağmen Ege iklimiyle bağdaşmaz. Yükselti ve denizden uzaklık sebebiyle Afyonkarahisar'ın iklim şartlarında İç Anadolu iklimine benzerlik görülür. Daha çok kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir step iklimi görülür. İlkbahar ve sonbaharda yağışlar yağmur şeklindedir.

Akdeniz'in bir yan uzantısı olan Ege Denizi'nin kıyısında yer alan Aydın'da genel olarak Akdeniz iklim tipi yaygın olup; yazları kurak ve sıcak, kışların ılık ve yağışlı geçmektedir. Yağışın hemen hepsi yağmur şeklinde olup, kış ve sonbahar aylarında düşmektedir.

Denizli ili coğrafi konumu itibariyle Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit teşkil ettiğinden iklimi değişiklik arz etmektedir. Genellikle İç Anadolu'nun güney bölümü ve Ege ikliminin yaygın özellikleri görülmektedir. Ege Bölgesi ikliminden sıcaklık olarak biraz düşüktür. Yazları gölgede 40⁰C'ye varan ve kış ayları ise -15⁰C'ye kadar düşen sıcaklık ile Ege Bölgesi ikliminden farklılık gösterir. Denizli ilinde dağlar ekseriyetle denize dik olarak uzanmakta olduğundan denizden gelen rüzgârlara açık bulunmaktadır. Çameli, Beyağaç ve Kale ilçeleri Akdeniz; Sarayköy, kısmen Buldan ve Denizli merkez ilçesinin Çürüksu Vadisi Ege, diğer ilçeleriyle İç Anadolu Bölgesi iklim özelliklerini taşımaktadır.

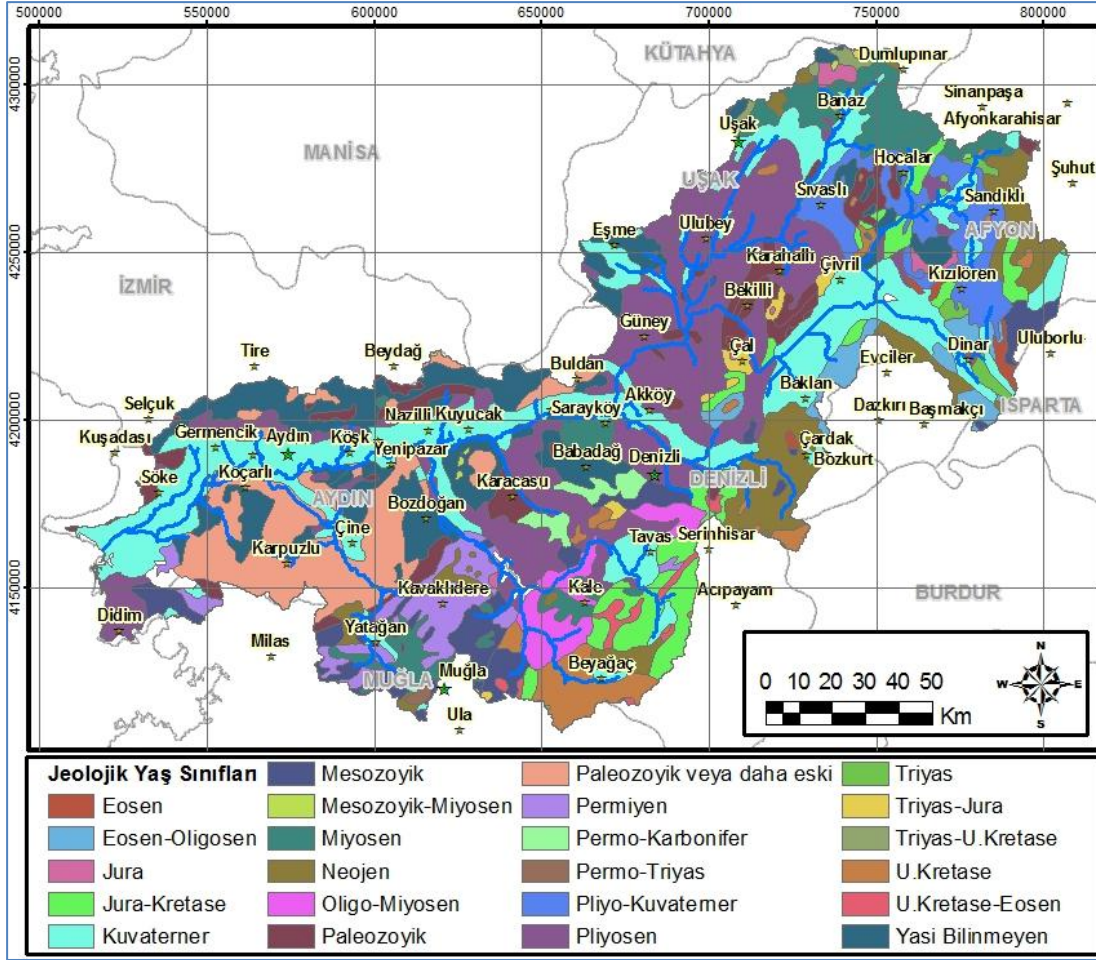
Muğla ilinin havzaya giren Yatağan ve Kavaklıdere ilçelerinde Akdeniz iklimi hakimdir. Yazları kurak ve sıcak, kışların ılık ve yağışlı geçmektedir. Yağışın hemen hepsi yağmur şeklindedir. Uşak ilinde karasal iklim hakimdir. Kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kuraktır. İlkbahar ve sonbaharda yağışlar yağmur şeklindedir.

Havzada Akdeniz iklim özelliklerine bağlı olarak gelişen hakim bitki örtüsü makilerdir. İç kesimlerde bozkırlar, yüksek kesimlerde iğne yapraklı ormanlar bulunmaktadır. Zeytin, incir ve kestane yaygın olarak görülmektedir.

3.1.4 Toprak yapısı ve jeolojik durum

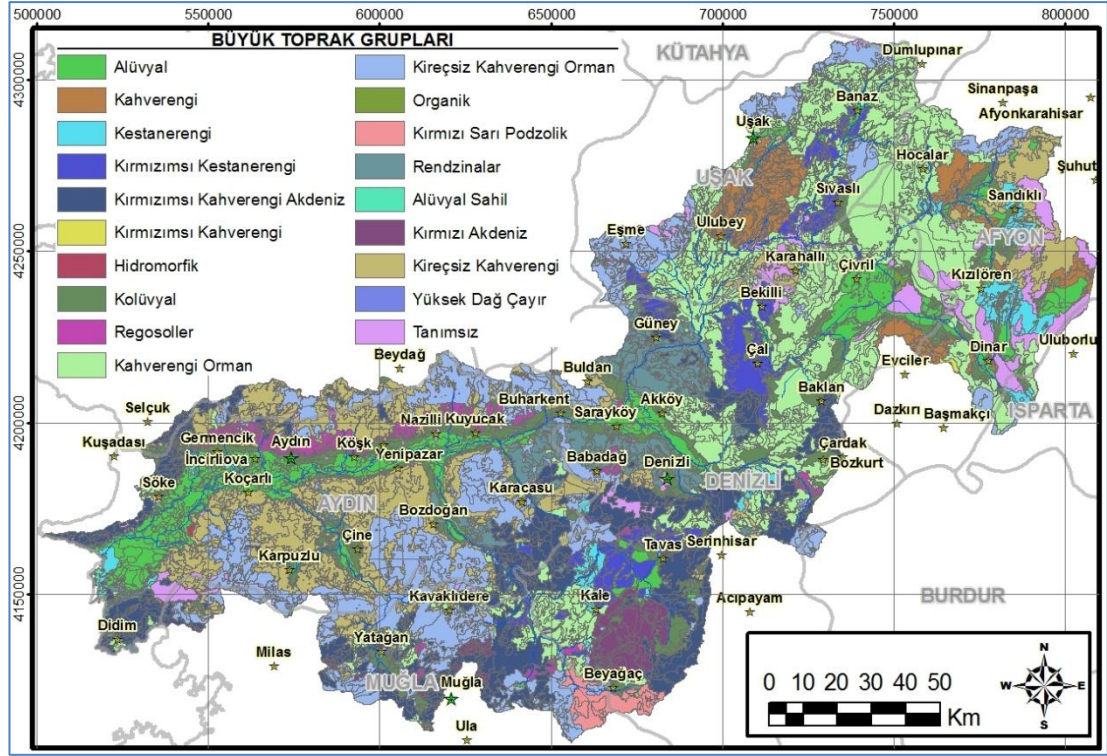
Büyük Menderes Havzası batı-doğu yönünde uzanan iki büyük fay sonucu oluşmuş bir grabendir. Büyük Menderes Nehri bu çöküntü içerisinde doğu-batı yönünde akar ve Söke'nin güneyinde Ege Denizi'ne dökülür. Havzanın tektonik yapısına bağlı olarak kırıklar boyunca çok sayıda jeotermal kaynak vardır. Jeotermal enerji yörede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Havzada stratigrafik sıralamaya göre en eski birim Paleozoyik yaşlı metamorfik serilerdir. Bunlar gnays, mikasist, kuvarsitler, mermerler ve yarı kristalen kalkerlerdir. Bölgede ikinci zaman büyük bir stratigrafik boşluk şeklindedir. Üçüncü zaman sonunda Söke civarında tektonik hareketler sonucu bazaltlar oluşmuş ve Neojen serileri üzerine akmışlardır (Şekil 3.4). Dördüncü zaman geniş alüvyon sahalar ve dere ağızlarında oluşmuş birikinti konileridir. Zaten Büyük Menderes Havzası'ndaki en önemli yeraltı suyu çekimleri de bu birimlerde yapılmaktadır.



Şekil 3.4 : Büyük Menderes Havzası jeoloji haritası.

Büyük Menderes Havzası'ndaki toprakların yaklaşık %80'i ana malzemenin yerinde ayrışması ile oluşmuştur. Havzanın %15,5'i akarsu yataklarının taşıdıkları malzemeler (alüvyon) ya da jeolojik malzemenin parçalanıp taşınması ile (kolüvyon) oluşmuştur (Şekil 3.5). Havzanın %4,5'i ise, yerleşim yeri, çıplak kaya-moloz, nehir yatakları, gölalanı vs. gibi diğer arazilerden oluşmuştur.



Şekil 3.5 : Büyük Menderes Havzası büyük toprak grupları.

3.2 Mevzuat ve İlgili Planlar

Ülkemizde doğa koruma çalışmaları 1800'lü yıllara kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. Fakat Orman Yasası ile başlayan bu süreç günümüze kadar pek çok kanun, yönetmelik ve sözleşmeler ile devam etmiştir. Bu süreç içerisinde çok sayıda yasa çıkarılmıştır; ancak, bu yasalar farklı zamanlarda ve farklı ihtiyaçlara cevap vermek üzere hazırlandığı için, birbiriyle çelişen hükümleri içermekte, aralarında organik bir bağ bulunmamaktadır. Halen ülkemizin genel bir doğa koruma stratejisi ve üst düzey politikası yoktur (Tunçay ve diğ., 2009).

Türkiye'de doğa çevre koruma ağırlıklı olarak 1980'lerden itibaren yasal mevzuatlarda yer almaya başlamış olsa da çevre temelli düzenlemelerin yasal zemini sadece 1961 anayasanın 49. maddesinde yer alan sağlık hakkı ile yer alırken bu durum 1982 anayasasında daha fazla madde ile artmıştır. Madde 56'da "herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek Devletin ve vatandaşların ödevidir" denmektedir. 1982 anayasasında göze çarpan diğer maddeler ise kıyı alanlarının korunmasını içeren madde 43, tarihi, kültürel ve doğal kaynakları içeren

madde 63, mülk haklarını içeren madde 44, toprak ve tarım alanlarını ilgilendiren madde 45 ve ormanları ilgilendiren madde 169'dur (Eşbah, 2007).

Türkiye'de çevresel mevzuatların hazırlanması için anayasa maddelerine ek olarak her beş yılda bir Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından hazırlanan Beş Yıllık Kalkınma Planları (BYKP) dönemler arttıkça daha fazla tespit ve öneri içermektedir. Buna rağmen tüm kalkınma planlarının ortak özelliği, ekonomik kalkınmanın, çevre sorunlarından daha öncelikli olduğudur. Bununla birlikte gerek dünyada gerekse ülkemizde yaşanan çevre sorunlarının artmasına koşut olarak son planlarda çevre konusuna daha geniş yer verildiği dikkati çekmektedir. Planlarda çevre konusuna ilişkin yükün önemli bir kısmı merkezi yönetime bırakılmıştır. Ülkemiz politikalarında çevre ile ilgili ayrıcalıklı bir bölüm açılrsa da, çevre sorunlarının önlenmesi, minimize edilmesi noktasında yasal düzenlemelerin güncelleştirilmesi gerekliliğinin yanı sıra mevzuattaki amaca ulaşmak için uygulamada kamu otoritelerinin kararlılığı eksik ve gerekmektedir (Tangör, 2006).

Anayasa maddeleri, beş yıllık kalkınma planları hükümleri ve kamuoyu beklentileri doğrultusunda çevre koruma ve yönetimi kapsamında 1980'lerle birlikte çevrenin korunmasını hedefleyen Çevre, Orman ve Milli Parklar, İmar, Kıyı, Mera ve Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı gibi tematik kanunlar da üretilmeye başlanmıştır. Bu kanunlar kapsamında ilgili fiziki alanın niceliksel ve niteliksel olarak tespit edilmesi, korunması, sürdürülebilirliği ve özelliğinin yitirilmesi durumunda onarılması gerekliliği yasal zorunluluk olarak vurgulanarak güvenceye alınmıştır.

Söz konusu tüm bu mevzuatların uygulanmasından sorumlu bakanlık seviyesinde birçok devlet kuruluşu bulunmaktadır. Bunların başlıcaları Çevre ve Şehircilik, Orman ve Su İşleri, Gıda-Tarım ve Hayvancılık, Kalkınma, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlıkları'dır. Farklı içerikli ama benzer hükümler içeren yukarıda bahsi geçen yasalara bağlı olarak farklı devlet birimlerinin görevlendirilmiş olması çoğu zaman görev ve yetki çatışmasına neden olarak bu yasaların uygulanmasında çelişkiler yaratmaktadır. Bu çelişkiler ise çevre koruma amaçlı çalışmaların içeriğinin yetersiz olması, uzun zaman alması ya da bitmemesi gibi sorunları beraberinde getirmektedir.

Devlet kuruluşlarına ek olarak özellikle ülkemizde 1990'lar ile birlikte gelişim gösteren sivil toplum kuruluşları da doğa koruma sürecine müdahil olarak etkinlik

göstermektedirler. Bunların başlıcaları olan Doğal Hayatı Koruma Vakfı, TEMA, Doğa Derneği gibi kuruluşlar tüm ülkede olduğu gibi BMH dahilinde de etkinlikleri sürdürmektedirler. Yaptıkları etkinliklere ek olarak doğa koruma kapsamında kamuoyu yaratarak bu konuda yetkili devlet kuruluşlarının daha etkin çalışmalarını sağlamaktadırlar. Fakat devlet kurumlarından maddi ve yasal desteğin yetersiz olması ya da çalışmalarının engellenmesi bu kuruluşların daha başarılı sonuçlara ulaşmasını kısıtlamaktadır. Tüm bunlara ek olarak söz konusu sivil toplum kuruluşlarının ilgili alanlarında uzman kişi, yaklaşım ve yöntemlere yeterince yer verilmemesi çalışmaların etkinliğini azaltmaktadır.

Ülkemizde imarı yönlendiren çok sayıda yasa, tüzük, yönetmelik ve genelge bulunmakla birlikte, en belirleyici olanı 3194 sayılı İmar Yasası ve ona bağlı olan yönetmeliklerdir. Türkiye’de fiziki plan türleri kademeli olarak; kalkınma planı, bölge planı, çevre düzeni planı, nazım imar planı ve uygulama imar planlarıdır.(T.C. Bayındırlık ve İskan Bak., 2005). Söz konusu bu fiziki planlama hiyerarşisi dahilinde üretilen planlara, uygun yaklaşım, yöntem ve personel ile çevre ve ekolojik temelli bakış açısıyla yaklaşılmadığı için mevcut koruma yasaları yetersiz ve niteliksiz kalmaktadır. Bu durum söz konusu planlama hiyerarşisinin ülke yerleşmeler sisteminin gelişmesini yönlendirecek, ülkesel ve bölgesel önemdeki kaynakların korunmasını güvence altına alacak yapıda olmadığını göstererek doğa koruma açısından yasa ve yönetmeliklerin eksikliklerini ortaya koymaktadır. Yasaların doğa koruma açısından yetersiz kalması eksik ve yanlış planlama yaklaşımlarına ve böylelikle ekosistemler üzerindeki antropojen baskıların azalmasını sağlamak yerine bu baskıların artmasına zemin hazırlayacak planlama kararlarının alınmasına neden olmaktadır.

Türkiye çevresel mevzuatlarını yönlendiren faktörlerden biri de uluslar arası sözleşme ve mevzuatlardır. Türkiye çevre koruma ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı odaklı birçok uluslar arası sözleşmeye taraftır. Bu sözleşmelerin başlıcaları aşağıda verilmiştir.

- Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunmasına Dair Sözleşme
- Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi (Bern Sözleşmesi)
- Özellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanlar Sözleşmesi - RAMSAR Sözleşmesi

- Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (Rio Konferansı)
- Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
- Stockholm ve Rio Bildirgeleri
- Avrupa Peyzaj Sözleşmesi (Floransa Sözleşmesi)

Türkiye'nin söz konusu sözleşmeleri imzalayarak ilgili yükümlülükleri kabul etmesi ülke çevresel mevzuatının şekillenmesini sağlamış olsa da sözleşmelerin göstermiş olduğu hedefleri tam anlamıyla sağlayamamaktadır. Göstermelik mevzuatlar ile sözleşme yaptırımlarını yerine getirilmiş olarak gösterilmeye çalışmış ve bu durum ülke çevresel mevzuatlarındaki yetersizliği de beraberinde getirmiştir.

Özetle yukarıda bahsi geçen çevre ile ilgili anayasa maddeleri, beş yıllık kalkınma planları, kanunlar, devlet kurumları, sivil toplum kuruluşları, fiziki plan hiyerarşisi ve uluslar arası antlaşmalar gibi bileşenlerin etkileşimleri ülkemiz çevre mevzuatının oluşturmaktadır. Tüm mevzuatlar, çevre açısından önemli kararlar bütünü olup çevrenin korunmasına ve sürdürülebilirliğine yönelik kararlar alınmasını "kamu yararı" gereği olarak hedeflemeli ve hayata geçirmelidir. Fakat mevzuat bileşenlerinde yaşanan sorunlar, ülkemiz çevre mevzuatının eksik ve işlevsiz olmasına neden olarak kamu yararı olan doğal dengenin korunmasında yetersiz kalmaktadır. Bu temel sorunlar şunlardır.

- Anayasada çevreyle ilgili maddeleri yeterli sayıda, içerikte ve netlikte değildir.
- Beş yıllık kalkınma planları daha çok ekonomik odaklı olup içerik olarak yeterli ekolojik bakış açısına sahip değildir.
- Çevreyle ilgili kanunlar içerikte doğa koruma için yeterli gibi görünse de yaptırımlar ve uygulama çalışmalarının hayata geçirilmesiyle ilgili yetersizdir.
- İlgili bakanlık ve devlet kurumları arasındaki yetki çakışmaları kargaşaya neden olarak gerekli otoritenin oluşması engellemektedir.
- Sivil toplum kuruluşları iyi niyetli doğa koruma hedeflerine sahip olsa da çoğunlukla yeterli devlet desteği görememesi ve uzman kişilerin güdümünde olmaması etkinliklerini düşürmektedir.
- Fiziki planlama hiyerarşi yapısı gereği yetersiz ekolojik içeriği ile doğa korumayı göz ardı etmektedir.

- Uluslar arası çevre sözleşmeleri hedefleri bakımından yeterli olsa da sadece yaptırımlarının yerine getirilmesi adına ülkemizde göstermelik uygulamalar ile hayata geçememektedir.

Çevre mevzuatında süregelen bu problemler planlama, koruma, onarım ve sürdürülebilir kılma adına gerekli yaptırımların olması gerektiği etkinlikte hayata geçmesini engelleyerek otorite boşluğu yaratmaktadır. Otorite eksikliğinde ise kontrolsüz bir şekilde devam eden arazi kullanımı ise orman, maki ve sulak alan gibi doğal alanların tahrip edilerek azalmasına, dolayısıyla erozyonun hızlanarak artmasına ve ekosisteme karbon kazandıran net birincil üretimin azalmasına neden olmaktadır. Artan erozyon ile gelen toprak ve doğal bitki örtüsü kaybı ise beraberinde kuraklık değerlerinde artışı getirmekte, kuraklık riski ise artan kuraklık değerleri ile artmaktadır.

Erozyon, NBÜ azalması, kuraklık, yangın riskinde artma gibi fiziki ekolojik bozulma süreçleri ise beraberinde insani yaşam kalitesinde düşme ve dolayısıyla kontrolsüz nüfus hareketliliği oluşturmaktadır. Özellikle kırsaldan kentsel alanlara olan bu nüfus hareketi ise kontrolsüz ve yanlış alan kullanım tercihlerinin hızlanmasını tetiklemekte ve oluşan bu döngü ise ekosistem üzerinde bozulmaya yönelik risklerin artmasına neden olmaktadır.

Ülkemiz çevre mevzuatının neden olduğu otorite boşluğu kaynaklı çevre sorunları BMH dahilinde de benzer şekilde örnekler ile görülmekte ve havzadaki ekolojik riskleri arttırmaktadır.

Söz konusu ülkemiz planlama hiyerarşisi dahilinde Büyük Menderes Havzası'nı kapsayan en kapsamlı plan Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı'dır. Bu plan 2025 yılını hedef alarak, Aydın, Muğla ve Denizli İlleri bütününde, sürdürülebilir, yaşanabilir bir çevre yaratılmasını; tarımsal, turistik ve tarihsel değerlerin korunmasını ve Türkiye'nin kalkınma politikaları kapsamında, sektörel gelişme hedeflerine uygun olarak belirlenen planlama ilkeleri doğrultusunda, planlı bir gelişme ve büyümeyi amaçlamaktadır.

Plan raporunda "Planlama Bölgesi"ndeki illerden Aydın, Büyük Menderes Havzası; Muğla Batı Akdeniz Havzası'nda kalırken, Denizli'nin büyük bir bölümü Büyük Menderes, küçük bir bölümü de Batı Akdeniz Havzası'nda yer almaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınmada anahtar girdilerden biri olan su kaynaklarının en uygun biçimde değerlendirilebilmesi için, Aydın, Muğla ve Denizli illerinden oluşan

bölgenin bir bütün olarak ele alınıp planlanması doğru bir yaklaşımdır” ibaresi yer almıştır. Buna ek olarak plan kararları incelendiğinde ekosistemin sürdürülebilirliğinin önünde engel teşkil eden ekolojik risklerin yeterince göz önüne alınmadığı da görülmüştür.

BMH sınırları dahilinde çoğu il merkezi ve ilçeler imar planlarına sahiptir. Fakat yukarıda bahsi geçen ilgili imar planı dahilinde de belirtildiği gibi mevcut imar planlarında, projeksiyonlarla belirlenen nüfus eşikleri aşılarak ihtiyacın çok üstünde bir nüfusa yetecek kadar alanların imara açıldığı gözlemlenmektedir. Ek olarak nüfus tahminlerinde yeni yerleşim alanlarına ihtiyaç duyulan aynı zamanda çoğu yerleşim imar planında ise kentsel gelişim bölgesi olarak önerilen alanların belirlenmesinde ekolojik riskleri göz önüne alan bir yaklaşımın geliştirilmediği görülmektedir. Tüm bu eksiklikleri nedeniyle Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı havzadaki ekolojik risklerin tespiti ve giderilmesine dair çözüm üretecek yapıda görülmemektedir.

Ülkemiz planlama hiyerarşisi içerisinde yer almayan fakat BMH için geliştirilen diğer önemli üst ölçek çalışmalarından biri de Çevre ve Orman Bakanlığı'nın desteği ile TÜBİTAK-MAM (Marmara Araştırma Merkezi) tarafından hazırlanan "Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi: Büyük Menderes Havzası" çalışmasıdır.

Havza Koruma Eylem Planları hazırlanması çalışmaları, Avrupa Birliği (AB) adaylık sürecinde olan Türkiye için tüm AB su direktiflerinin çerçevesini oluşturan ve 2000 yılında yürürlüğe giren Su Çerçeve Direktifi'nin gereklerinin yerine getirilmesine katkı sağlayarak; direktifin gerekliliklerini içeren Nehir Havzası Yönetim Planlarının oluşturulması ve uygulanabilmesi sürecinin altlığını oluşturması amaçlanmıştır. Bu kapsamda havza koruma eylem planı hazırlanan havzalardan biri de büyük Menderes Havzası'dır.

Büyük Menderes Havzası Havza Koruma Eylem Projesi, havzanın genel durumunu tespit ederek daha çok su kullanımı ve kimyasal kirlenmesi odaklı bir risk değerlendirmesi yapmıştır. Sadece hidrolojik kirlenme bakış açılı risk değerlendirmesi ise havza genelinde hüküm süren erozyon, kuraklık, yangın, yanlış alan kullanım gibi diğer etmenlerin yarattığı riskleri göz ardı ederek bütüncül bir

ekolojik risk yaklaşımı geliştirememiştir. Bu durum havzanın genelini kapsayan bir çalışma olmasına rağmen alanda süregelen ekolojik riskleri ortaya koyamamıştır.

BMH dahilinde fiziki planlar ve koruma eylem planlarına ek olarak 2634 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu, 4957 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu kapsamında turizmde öncelikli yatırım alanları olarak tanımlanmış Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgeleri ve Turizm Merkezleri bulunmaktadır. Kanun kapsamında Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgeleri, tarihi ve kültürel değerlerin yoğun olarak yer aldığı ve/veya turizm potansiyelinin yüksek olduğu yöreleri koruma-kullanma dengesini sağlayarak, sektörel kalkınmayı ve planlı gelişimi sağlamak amacıyla değerlendirmek üzere sınırları Bakanlığın önerisi ve Bakanlar Kurulu Kararı ile tespit ve ilan edilen bölgeler olarak tanımlanmıştır. Turizm Merkezi ise Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgeleri içinde veya dışında, öncelikle geliştirilmesi öngörülen; yeri, mevki ve sınırları Bakanlığın önerisi ve Bakanlar Kurulu Kararı ile tespit ve ilan edilen, turizm hareketleri ve faaliyetleri yönünden önem taşıyan yerleri veya bölümleri ifade etmektedir.

Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından Turizmi teşvik Kanununa dayanarak havzada ilan edilen kültür ve turizm koruma ve gelişim bölgeleri ve turizm merkezleri aşağıda sıralanmıştır.

- Aydın Didim Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgesi
- Aydın Akbük Turizm Merkezi
- Aydın Tralleis Termal Turizm Merkezi
- Aydın Buharkent Turizm Merkezi
- Denizli Buldan Termal Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Bölgesi
- Uşak Banaz Termal Turizm Merkez

Bu alanlarda turizmi teşvik etmek adına yapılan planlamalarda sadece ekonomik kaygı gözetilmiş ve bu alanların sürdürülebilir kullanımını sağlayacak korumacı bir yaklaşım plan kararlarına dahil edilememiştir. Bu durum söz konusu alanlardaki turistik değerleri yaratan doğal kaynaklara olan ekolojik baskıların yarattığı risklerin kontrolsüz gelişiminin göz ardı edilmesine neden olmuştur.

Sonuç olarak tüm kanun, yönetmelik, sözleşme, plan ve proje gibi mevzuat ve çalışmaların içerdiği hüküm ve tespitlerde ilgili oldukları çevresel kaynakların sürdürülebilirliğinin ve korunmasının sağlanmasının koruma yaklaşımı açısından ne kadar önemli ve bu yasalar kapsamında hazırlanacak plan kararlarının

vurgulamaktadırlar. İçerdikleri bu hükümlere rağmen doğal kaynakların koruma ve gerektiğinde onarımının sağlanması adına ekosistemin izlenmesine dair alt hükümler ile uygun yöntemler ortaya koyamamışlardır. Bu çalışma ile doğal kaynaklar üzerinde yaratılan baskının ne ölçüde olduğu geliştirilen ekolojik risk analizi yaklaşımı ile niceliksel ve konumsal olarak tespit edilerek yasal mevzuatlar dahilinde istenen doğa koruma ve onarımın uygulanmasındaki temel eksikliklerden olan izlenme ve tespit için etkin bir yöntem olacaktır.

3.3 Araştırma Verileri

BMH için ekolojik risk modellemesi kapsamında ihtiyaç duyulan materyal yoğun olarak alanın fiziksel ve sosyo-ekonomik durumunu ortaya koyan ve modelde girdi verileri olarak kullanılacak faktörlere ait işlenmemiş verilerdir. Risk analizi sonucu konuma bağlı olarak üretilen materyalin mümkün olduğunca konumsal olarak ifade edilmiş halde temin edilmesine çalışılmıştır. Konumsal temelde temin edilemeyen veriler ise CBS ortamında sayısallaştırılarak konuma bağlı hale getirilmiştir. Bu kapsamda çalışma için temin edilen temel girdi materyalleri daha çok raster, vektör veya tablo formatında verilerdir. Aşağıda çalışma kapsamında temin edilen materyal bu gruplama sırasına göre verilmiştir.

3.3.1 LANDSAT uydu görüntüleri

Çalışmada yoğun olarak arazi örtüsü sınıflaması için kullanılacak uydu görüntüsünün belirlenmesinden aşağıdaki etmenler göz önüne alındığında uydu görüntüsü:

- Çalışma alanının mekansal büyüklüğü göz önüne alındığında 26021 km² alanı ile BMH için uygun çözünürlükte en az parçada olmalı,
- Alandaki mevcut sınıfların yapısı (mevsimsel değişim, heterojenlik vb.) nedeniyle özellikle tarım alanları gibi mevsimsel değişim gösteren sınıfların daha iyi ayırt edilebilmesi için çok zamanlı (multi-temporal) görüntü teminine uygun arşive ve tekrar ziyaret süresine sahip olmalı,
- Bitki örtüsü odaklı bir çalışma olması nedeniyle spektral çözünürlüğünün (band düzeni ve sayısı) yeterli olmalı,
- Temin kolaylığı kapsamında ekonomik ve hızlı elde edilebilmeli,
- Kullanım yaygınlığına sahip olarak kullanılacak sınıflama yöntemiyle uyum sağlamalıdır.

Tüm bu kriterler doğrultusunda, USGS (United States Geological Survey) kurumunun ücretsiz ve internet ortamından direk indirme seçeneğiyle kullanma imkanı sağladığı LANDSAT uydu görüntüleri en uygun seçim olarak belirlenmiştir.

Otuz yıldan fazla bir süredir hizmet veren LANDSAT uyduları geniş arşiv olanağına sahip olması ve çok bantlı görüntü alabilme özelliğinden dolayı, birçok uzaktan algılama çalışmasında kullanılmaktadır. LANDSAT 7 ETM uydusu güneşle uyumlu yakın kutupsal yörüngede yerleştirilmiştir. Deniz seviyesinden 705m yükseklikte, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjiyi farklı tipte algılayıcılarıyla kaydeder (Çizelge 3.2). Tarama genişliği 185km'dir. Görüntü boyutu 185x172 km'dir.

Çizelge 3.2 : LANDSAT 7 ETM uydusu algılayıcı özellikleri (Şatır, 2006).

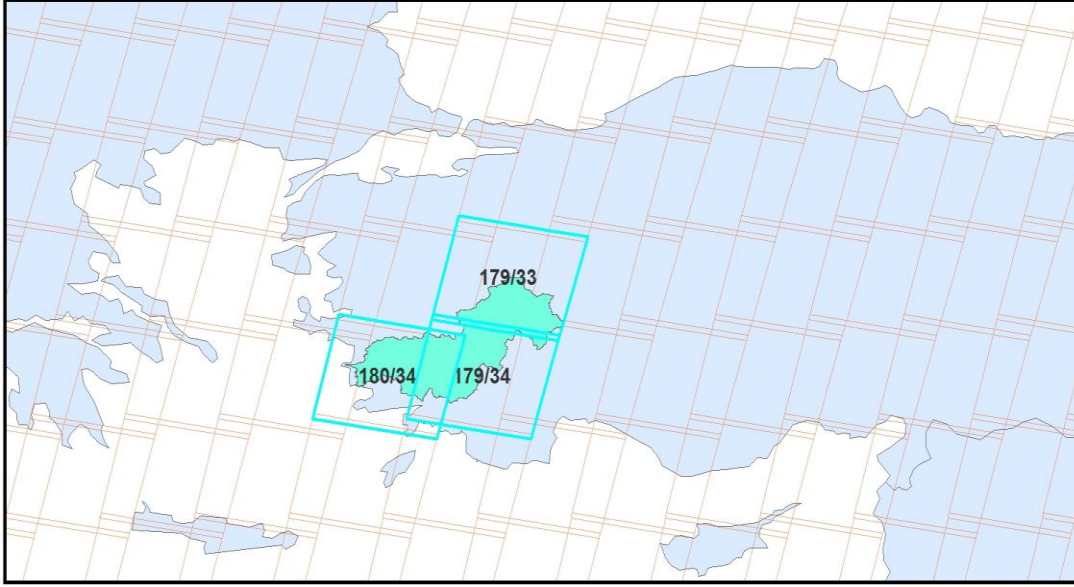
Elektromanyetik (EM) Alan	Bant Genişliği	Yersel Çözünürlük	Radyometrik Çözünürlük
Görünür Mavi	1. bant (0.45 – 0.52)	30m	8bit
Görünür Yeşil	2. bant (0.52 – 0.60)		
Görünür Kırmızı	3. bant (0.63 – 0.69)		
Yakın Kızıl Ötesi	4. bant (0.76 – 0.90)		
Orta Kızıl Ötesi	5. bant (1.55 – 1.75)		
Termal	6. bant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

Özellikle arazi örtüsü sınıflamasında çok zamanlı görüntülerin kullanılması spektral yansımalar dahilinde fenolojik değişimlerin de göz önüne alınmasıyla daha yüksek ayırt etme yeteneği ve doğruluk sağlanmaktadır (Yuan ve diğ., 2005; Lee ve Crawford, 2003; Xiao ve diğ., 2005).

BMH'nın özellikle yıl içinde birden fazla üren elde edilen tarım alanlarına sahip olması gibi özellikleri göz önüne alındığında çok zamanlı sınıflamanın arazi örtüsünün daha doğru bir şekilde belirlenmesinde katkıda bulunacağı açıkça ortadadır. Bu kapsamda çok zamanlı sınıflama için temin edilecek görüntülerin tarihlerinin doğru belirlenmesi sınıflamanın başarısını da etkilemektedir.

Çok zamanlı sınıflamaya uygun arşiv ve ziyaret süresine sahip olan LANDSAT uydusu görüntüsünün arşivi incelenerek çalışma alanını içine alan üç LANDSAT çerçevesinde (179/33, 179/34, 180/34) (Şekil 3.2) söz konusu dönemler için 184 görüntü gözden geçirilmiştir. Görüntülerin seçiminde; (i) belirlenen dönemler içinde, (ii) çerçeveler birbiri ile aynı ya da yakın tarihte, (iii) olası en eski ve en güncel

periyodik tarihlerde ve (iv) bulutluluk oranı %2'den az olma kriterlerine dikkat edilmiştir. Tüm bu kriterler doğrultusunda geçmiş ve güncel sınıflama çalışması için en uygun seçim olarak Çizelge 3.3'de tarihleri belirtilen görüntüler seçilmiştir. Seçilen görüntüler USGS'in (United States Geological Survey – Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Birimi) internet sitesi aracılığıyla ücretsiz olarak temin edilmiştir.



Şekil 3.6 : Çalışma alanını kapsayan LANDSAT çerçeveleri.

Çizelge 3.3 : Kullanılan LANDSAT görüntü tarihleri.

Dönem		179/33	179/34	180/34
Geçmiş	1	1986/11/18	1986/11/18	1986/10/08
	2	1987/05/29	1987/05/29*	1987/05/20*
	3	1987/06/30	1987/06/30	1987/06/21
	4	1987/08/01	1987/08/01	1987/08/08
Güncel	1	2002/02/07	2002/02/07	2003/01/16
	2	2003/05/01	2003/05/01	2003/05/08
	3	2003/08/13	2003/08/13	2003/07/19

* Bulut maskeleyme yapılmıştır.

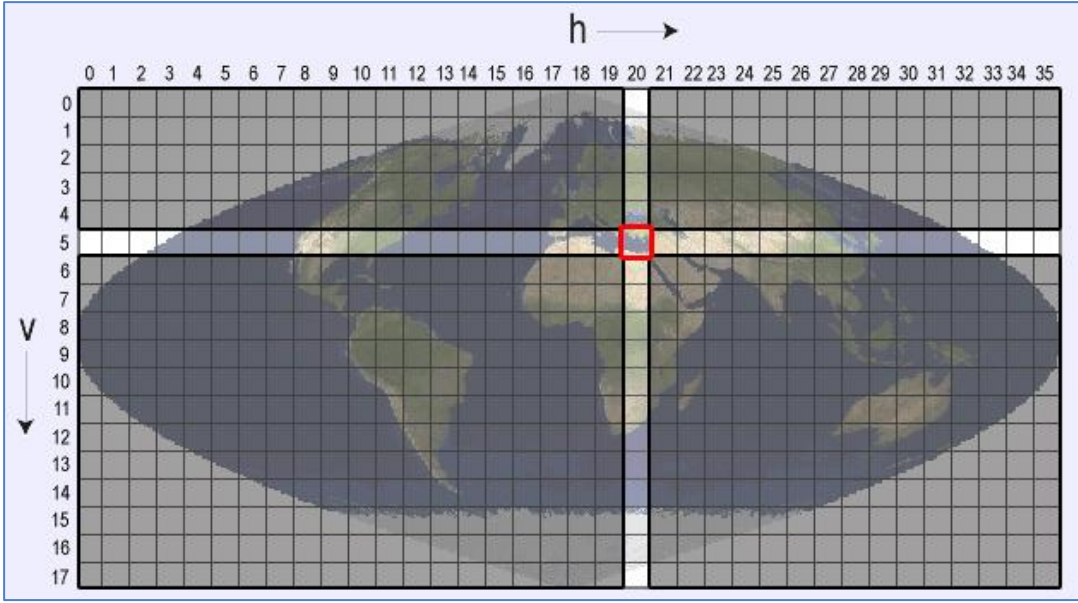
3.3.2 MODIS uydu görüntüsü

Özellikle geniş alanlarda deniz, karasal ve iklimsel çalışmalarda etkin sonuçlar veren MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) uydusu görüntüleri çalışmada kuraklık ve net birincil üretiminin modellenmesinde temel girdi bileşeni olarak kullanılacaktır. MODIS uydusu, Terra ve Aqua olmak üzere iki platformda

hizmet vererek 2.330 km tarama genişliğinde yeryüzünde aynı noktayı her bir-iki gün aralığında tekrar gözlemleyebilmektedir. Sensorleri 36 spektral bandda ve üç farklı çözünürlükte veri üretebilmektedir. Bu çözünürlükler band1-2 için 250 m; band 3-7 için 500 m ve band 8-36 için 1 km'dir (Çizelge 3.4) (MODIS, 2008). MODIS'in yörüngesine göre yeryüzünü referanslandırmasını gösteren harita Şekil 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 : MODIS uydu görüntüsü teknik özellikleri

MODIS UYDUSU TEKNİK ÖZELLİKLERİ			
Yükseklik	705km	Tarama genişliği	2330km
Yersel Çözünürlük	250 - 1000m	Tekrarlama Süresi	1-2 gün
Öncelikli Kullanım Alanı	Bant	Bant Genişliği (µm)	Yersel Çözünürlük
Arazi/Bulut Sınırları	1	0.620 - 0.670	250 m
	2	0.841 - 0.876	
Arazi/Bulut Özellikleri	3	0.459 - 0.479	500 m
	4	0.545 - 0.565	
	5	1.230 - 1.250	
	6	1.628 - 1.652	
	7	2.105 - 2.155	
Okyanus Rengi Fitoplankton Biojeokimya	8	0.405 - 0.420	1000 m
	9	0.438 - 0.448	
	10	0.483 - 0.493	
	11	0.526 - 0.536	
	12	0.546 - 0.556	
	13	0.662 - 0.672	
	14	0.673 - 0.683	
	15	0.743 - 0.753	
Atmosferik Su Buharı	16	0.862 - 0.877	1000 m
	17	0.890 - 0.920	
	18	0.931 - 0.941	
Yüzey / Bulut Sıcaklığı	19	0.915 - 0.965	1000 m
	20	3.660 - 3.840	
	21	3.929 - 3.989	
	22	3.929 - 3.989	
Atmosferik Sıcaklık	23	4.020 - 4.080	1000 m
	24	4.433 - 4.598	
Dağınık Bulut Durumu	25	4.482 - 4.549	1000 m
	26	1.360 - 1.390	
	27	6.535 - 6.895	
Su Buharı	28	7.175 - 7.475	1000 m
	29	8.400 - 8.700	
Ozon	30	9.580- 9.880	1000 m
Yüzey / Bulut Sıcaklığı	31	10.780 - 11.280	1000 m
	32	11.770 - 12.270	
Bulut yüksekliği	33	13.185 - 13.485	1000 m
	34	13.485 - 13.785	
	35	13.785 - 14.085	
	36	14.085 - 14.385	



Şekil 3.7 : MODIS Uydusu görüntü çerçeve diyagramı (MODIS, 2008).

Bu özellikleriyle çalışmanın amacına uygun görüntülerden biri olan MODIS uydu görüntüsünün çalışma alanını içeren h20v05 çerçevesi (Şekil 3.3) dahilinde LANDSAT görüntüleriyle de tarihleri uyuşması adına 2001-2006 yılları arası sekiz günlük 274 adet MOD 09 görüntüsü USGS'in internet sitesi aracılığıyla ücretsiz olarak temin edilmiştir. MODIS'in ürün paketlerinden biri olan yüzey yansımaya ürünü olarak isimlendirilmiş MOD 09; MODIS'in Level 1B (geometrik düzeltilmiş ve calibre edilmiş) karasal bandlarından 1 ile 7 arasındaki bandlarından elde edilmektedir. Bu ürün grubu, atmosferik dağılma yada emilime neden olacak koşullar haricinde her band için yüzey yansımaları içermektedir (MODIS, 2011).

3.3.3 DEM (digital elevation model - sayısal yükseklik modeli) görüntüsü

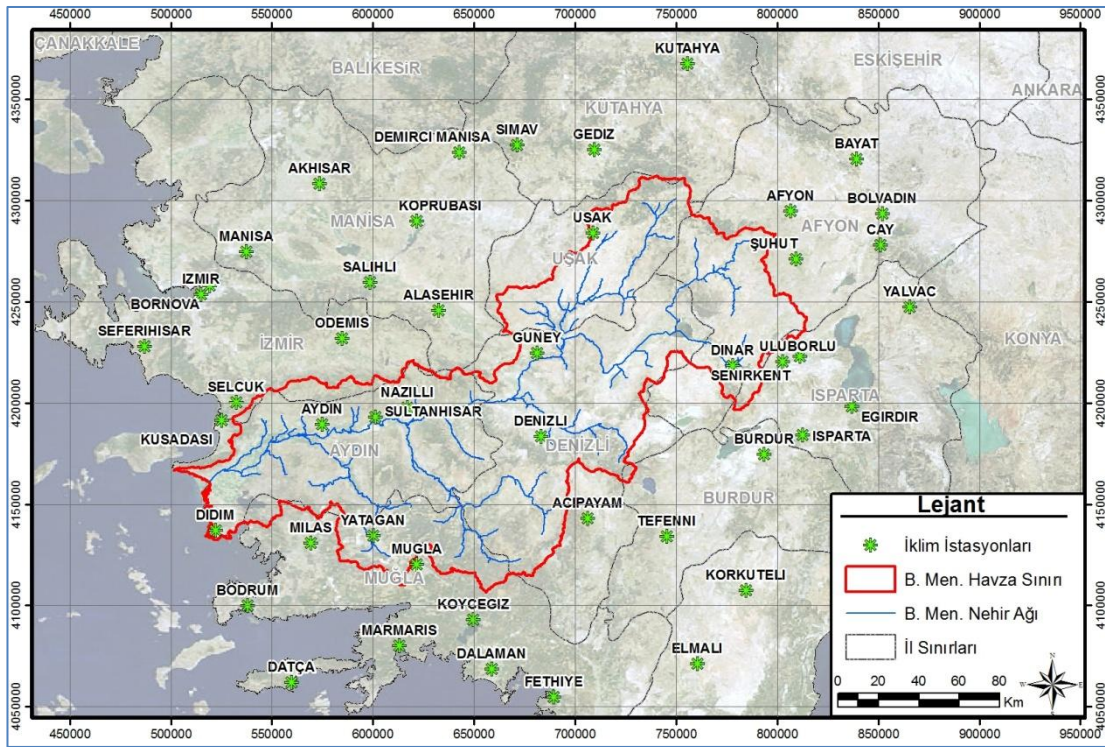
Topografya ile ilgili yükseklik, eğim ve bakı gibi faktörlerin hesaplanması için temel girdi verisi olan DEM görüntüsü için ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) görüntüsü kullanılmıştır. ASTER GDEM, Japonya Ekonomi, Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (METI) ve ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) ortaklaş bir projesi olup ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydusundan elde edilen verilerden üretilmektedir.

ASTER GDEM tüm dünya karasal alanını kapsayan yüksek çözünürlüklü tek DEM verisidir. DEM görüntüler; GeoTIFF formatında, 16 bit, derece dakika olarak koordinatlandırılmış, yaklaşık 30 m yersel çözünürlükte, 108x108 km çerçeve genişliğinde METI ve NASA'nın ortaklığında ERSDAC (Earth Remote Sensing Data

Analysis Center) isimli internet sitelerinden çalışma alanı sekiz çerçeve olarak temin edilmiştir.

3.3.4 İklim verileri

Çalışma kapsamında özellikle erozyon, kuraklık, yangın ve net birincil üretim riskinin modellenmesi aşamalarının hepsinde girdi verisi olarak iklim verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanı dahili ve yakın çevresinde yer alan iklim gözlem istasyonları tespit edilmiştir (Şekil 3.4). BMH ve çevresi uygun koşulları taşıyan 47 iklim gözlem istasyonu kapsamında 2000 ile 2010 yılları arası günlük ortalama maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, ortalama sıcaklık, yağış, oransal nem ve rüzgar hızı verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden talep edilerek tablo olarak temin edilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri gözlem istasyonlarınca ölçülmeyen solar radyasyon ise NASA resmi web sitesinden temin edilmiştir.



Şekil 3.8 : BMH ve çevresi iklim gözlem istasyonlarının konumları.

3.3.5 Diğer veriler

Çalışma kapsamında kullanılacak diğer veriler Çizelge 3.5'de verilmiştir. Çizelgede her veri için türü, ölçeği/detayı, çalışmada kullanılacak yeri, amacı ve temin edildiği kaynak belirtilmiştir.

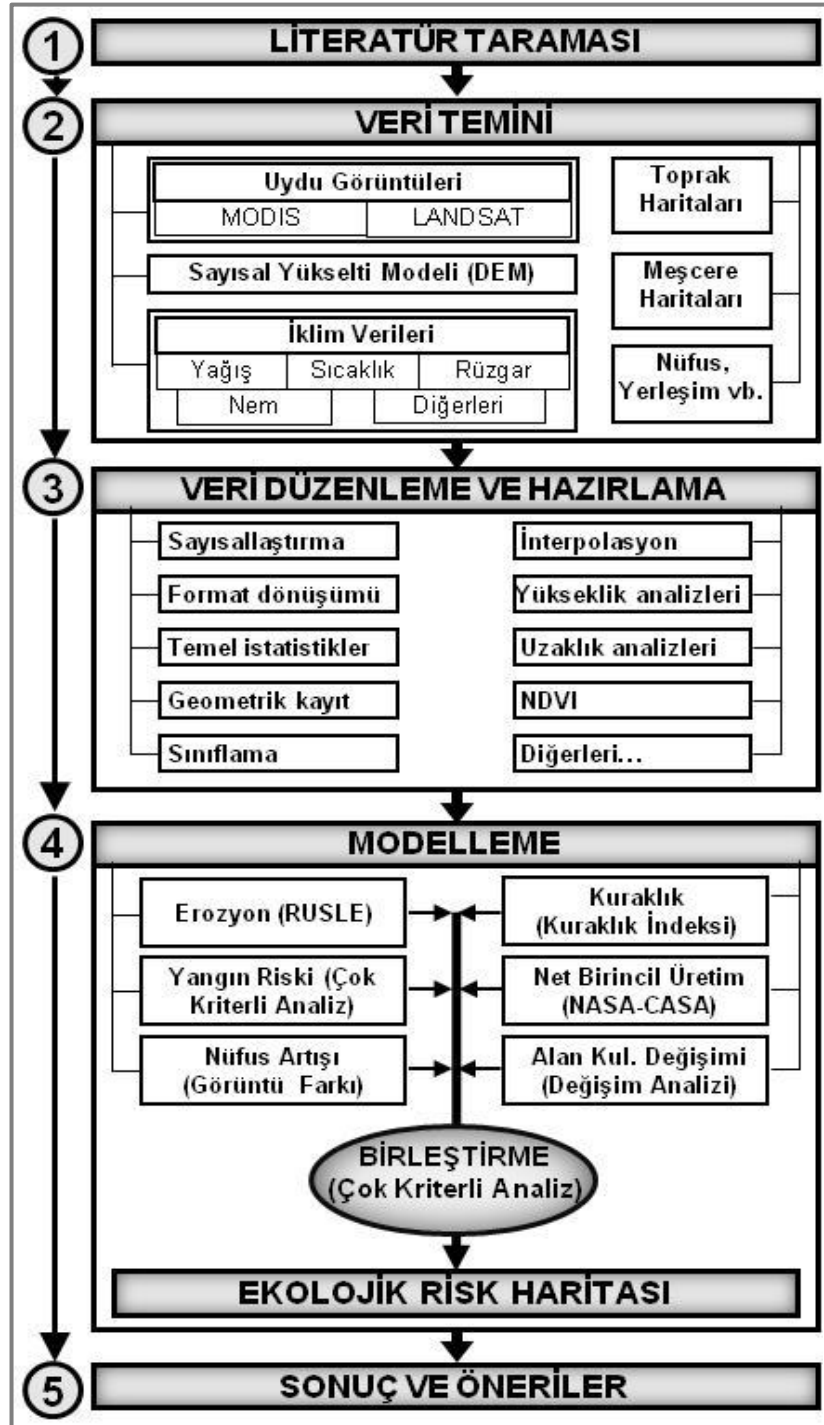
Çizelge 3.5 : Kullanılacak diğer veriler ve detayları.

Veri	Veri Türü	Ölçek/Detay	Kullanım		Kaynak
			Yeri	Amacı	
Toprak Haritası	Vektörel	1/25000	Net Birincil Üretim Tahmini	Büyük toprak grupları	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü
			Erozyon Modelleme	Toprak tekstürü	
Meşçere Haritası	Vektörel	1/25000	Arazi Örtüsü Sınıflaması	Örnek/Test verisi	Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü
			Kapalılık Yüzdesi Hesabı	Örnek/Test verisi	
Yerleşim Konumları	Tablosal	köy, bucak, ilçe, il	Orman Yangın Riski	Yerleşime uzaklık	Harita Genel Komutanlığı
			Nüfus Artışı	Nüfus interpolasyon	
Nüfus	Tablosal	1985 ve 2000 yılları; köy, bucak, ilçe, il	Orman Yangın Riski	Nüfus yoğunluğu	Türkiye İstatistik Kurumu
			Nüfus Artışı	Nüfus interpolasyon	

3.4 Yöntem

Hipotezi “UA ve CBS tabanlı ekolojik risk modelleme teknikleri, planlama kararlarının etkin şekilde geliştirilmesine katkıda bulunur” olan bu çalışmanın yöntemi beş temel aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.9). Çalışmanın ilk aşaması amaç ve kapsam dahilinde olası kaynakların gerekli literatür taraması yapılarak temin edilmesidir. İkinci temel aşama olan veri temini bölümünde çalışma için gerek duyulan verilerin belirlenmesi, potansiyel veri kaynaklarının listelenmesi ve bu kaynaklardan verilerin temininden oluşmaktadır. Veri temini aşamasını veri düzenleme ve hazırlama aşaması takip etmektedir. Bu aşamada temin edilen veriler çalışmanın modelleme kısmında ihtiyaç duyulacak şekilde özellikle uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ortamında hazırlanıp düzenlenecektir. Çalışmanın dördüncü bölümü; hazır hale getirilen verilerin altlık ve girdi olarak kullanılarak erozyon, kuraklık, yangın riski, NBÜ, nüfus değişimi ve alan kullanım değişiminin en uygun modelleme yöntemleri kapsamında tahmin edilmesini içermektedir. Modelleme aşaması olarak isimlendirilen bu üçüncü aşamanın devamında BMH için konumsal ve niceliksel olarak tahmin edilen söz konusu ekolojik risk tahminleri; literatür taraması, anket, uzman görüşleri veya verilerin karşılaştırılması yöntemlerinden bir veya birkaçı ile elde edilen uygun ağırlıklar doğrultusunda birleştirilerek, bütüncül bir konumsal ekolojik risk haritası elde edilecektir. Çalışma yönteminin beşinci ve son aşaması olan sonuç ve öneriler bölümünde elde edilen konumsal ve niceliksel BMH bütüncül ekolojik risk tahmini sonuçlarına göre

ekolojik planlama ilkeleri doğrultusunda peyzaj planlama kararları içeren öneriler geliştirilecektir.



Şekil 3.9 : Çalışma yöntemi akış diyagramı.

3.4.1 Literatür taraması ve veri temini

Yöntemin ilk aşaması Literatür taraması aşamasıdır. Bu aşamada çalışmanın konusu, kapsamı ve amacı göz önüne alınarak kitap, makale, yüksek lisans ve doktora tezleri gibi güncel ve geçerlilik kazanmış kaynaklardan yararlanılmıştır. Literatür taraması

sonuçları değerlendirildiğinde sonuca yönelik kullanılacak ideal yöntemler için ihtiyaç duyulacak veriler de tespit edilmiştir. Tespit edilen bu verilerin, çalışmaya uygun özelliklerde olmalarına dikkat edilerek ulaşımı en kolay ve güvenilir kaynaklardan temin edilmesi işleri ise çalışma yönteminin ikinci aşaması olarak belirtilen veri temini aşamasını oluşturmaktadır.

3.4.2 Veri düzenleme ve hazırlama

Veri düzenleme ve hazırlama aşamasında Elde edilen ham ve altlık haldeki verilerden baskı harita halde olanlar ilgili yazılımlar kullanılarak sayısal ortama oradan da sayısallaştırılarak CBS ortamına aktarılacaktır. Sayısallaştırma işlemi sadece tablosal olarak koordinatı tanımlanmış verilerin CBS ortamına aktarılmasıyla da yapılacaktır. Nokta bazlı verilerin geliştirilerek yüzey verisine çevrilmesi interpolasyon teknikleriyle gerçekleştirilecektir.

Bu aşama uydu görüntülerinin atmosferik ve radyometrik düzeltmeleri yapılarak normalize edilmesini, normalize edilmiş uydu görüntüleri birbirlerine göre geometrik düzeltmesi yapılarak gerek duyulanlar farklı ölçeklere örneklenmesini de içermektedir. Altlık uydu görüntüleri kullanarak çalışma alanı için arazi örtüsü haritaları sınıflanacak ve NDVI görüntüleri oluşturulacaktır. DEM görüntüsü kullanılarak eğim bakı vb. gibi topoğrafik değişkenler uzaklık analizleriyle elde edilecektir. Alan dahilinde sayısallaştırılmış önemli olarak belirlenen fiziki yapıların etkileme durumları belirlemek için uzaklık analizleri ile etki haritaları oluşturulacaktır.

Kendine has formatlarda elde düzenlenen ve hazırlanan veriler format dönüşümleri yapılarak modelleme sürecinde ihtiyaç duyulacak ve bir arada sorunsuz çalışacak formata getirilecektir. Verilerden ihtiyaç duyulanlarının, format dönüşümü ve öncesindeki hallerinden temel istatistikleri de CBS ortamında tespit edilecektir.

3.4.2.1 Görüntü sınıflama

Çok zamanlı arazi örtüsü sınıflaması, mevcut arazi örtüsünün yıllık döngüsü kapsamında birden fazla tarihten alınan görüntülerin kullanıldığı yaklaşımlardır (Lucas ve diğ., 2007). Bu yaklaşım ile spektral yansımalar dahilinde fenolojik değişimlerin de göz önüne alınmasıyla daha yüksek ayırt etme yeteneği ve doğruluk sağlanmaktadır (Yuan ve diğ., 2005; Lee ve Crawford, 2003; Xiao ve diğ., 2005)

BMH'nın özellikle yıl içinde birden fazla üren elde edilen tarım alanlarına sahip olması gibi özellikleri göz önüne alındığında çok zamanlı sınıflamanın arazi örtüsünün daha doğru bir şekilde belirlenmesinde katkıda bulunacağı açıkça ortadadır. Bu kapsamda çok zamanlı sınıflama için temin edilecek görüntülerin tarihlerinin doğru belirlenmesi sınıflamanın başarısını da etkilemektedir.

Çalışmada geçmiş ve güncel alan kullanım/arazi örtüsü görüntülerinin üretilmesi için temin edilen LANDSAT uydu görüntülerinin sınıflanmasında literatürde yaygınlığı ve başarı oranı kabullenilmiş olan maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Maksimum olabilirlik sınıflama 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). Maksimum olabilirlik yönteminde, bantlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır. Maksimum olabilirlik 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 atanmaktadır (Şatır, 2006).

Kappa İndeksi, arazi örtüsü haritası üretmek amacıyla yapılan görüntü sınıflama çalışmaları için yoğunlukla kullanılan doğruluk analizlerindedir. Kappa değerleri görüntüler arasındaki ilişkiye göre -1 ile +1 arasında değişim göstermektedir. Eğer iki görüntü arasındaki ilişki doğrusal ise yani değişim yoksa kappa '1' değerini, görüntülerden biri diğerine göre tamamen farklı ise kappa '-1' değerini, görüntülerin yarısı birbirine göre değişmiş ise Kappa '0' değerini almaktadır (Akın, 2011).

Kappa indeksi özellikle görüntüler arasındaki ilişkiyi bütün olarak değerlendiren bir yaklaşım olsa da aynı zamanda kategorik olarak da bir değerlendirme yapabilmektedir. Bu durumda iki tarih için kategoriler arasındaki ilişkinin uyumunu gösterir ve Denklem 3.1'deki eşitlikle hesaplanmaktadır (Eastman ve diğ., 2005).

$$K_i = \frac{P_{ij} - P_i P_{.i}}{P_i - P_i P_{.i}} \quad (3.1)$$

Burada;

P_i = Referans görüntüdeki sınıf i 'nin tüm görüntüdeki oranı,

P_{ii} = Kategori i 'nin her iki tarih için uyumunun tüm görüntüdeki oranı,

P_i = Referans olmayan görüntüdeki sınıf i 'nin tüm görüntüdeki oranıdır.

3.4.2.2 Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi (NDVI)

Bitki örtüsü indeksi, bitki örtüsünün yakın kızılötesi ve görünür kırmızı bantlarda oldukça farklı yansıtımına dayanmaktadır. Sağlıklı bir bitki örtüsü, görünür ışığı soğurup yakın kızılötesi ışının büyük bir bölümünü yansıtır, diğer yandan sağlıklı bir bitki örtüsü, görünür ışığı daha çok yansıtıp yakın kızılötesi ışınları daha az yansıtır. Görünür bantlardaki yansıtım bitki yapraklarındaki pigmentlere, yakın kızılötesi bölgesinde ise bitki hücre yapısına bağlıdır (Baker, 1987). Bu mantığa dayanarak geliştirilen bitki örtüsü indeklerinden en çok kullanılan indeks ise Normalleştirilmiş Vejetasyon Fark İndeksi'dir (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI).

NDVI, uydu görüntüsünün kırmızı bandının yakın kızıl ötesi bandtan çıkarılması ile kırmızı bandın yakın kızıl ötesi ile toplanmasının birbirine oranı ile hesaplanmıştır (Denklem 3.2) (Potter ve diğ., 1993, Townshend ve Justice, 1995).

$$NDVI = NIR-RED / NIR+RED \quad (3.2)$$

Burada;

NDVI : Normalleştirilmiş vejetasyon fark indeksi,

NIR : Yakın kızıl ötesi band değeri,

RED : Kırmızı band değeridir.

NDVI görüntüsünde sonuçlar bitki örtüsünün bulunduğu alanın durumuna göre -1 ve +1 değerleri arasında değişim gösterirler. Örneğin genellikle eğer elde edilen değer 0,1 veya daha düşükse kayalık alana; 0,2 ile 0,3 arasında ise çayır veya çimene; 0,6 ile 0,8 arasında ise sağlıklı bitki örtüsüne karşılık gelmektedir (Tunay ve Ateşoğlu, 2008).

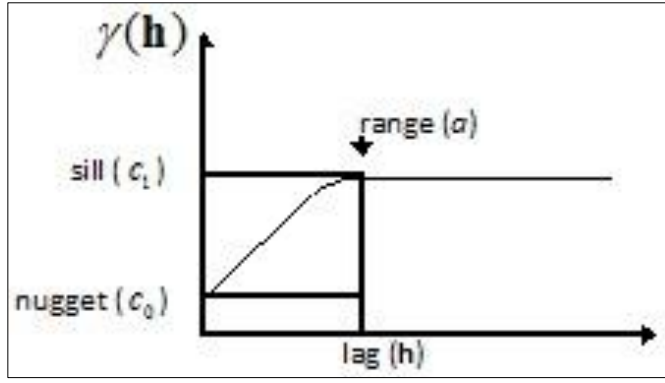
3.4.2.3 İnterpolasyon yöntemi

Konumsal interpolasyon için çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en çok bilinenleri Thiessen poligonu, ters uzaklık ve polinomsal interpolasyondur (Bloschl ve Grayson, 2001; Lloyd, 2007; Şen, 2008; 2009). Son yıllarda CBS teknolojisindeki gelişmelerle istatistiksel analizlerin de CBS'ye entegrasyonu sağlanmış ve istatistiksel interpolasyon yöntemleri konumsal veriler için klasik yöntemlere güçlü bir alternatif oluşturmuştur.

İstatistiksel interpolasyon yaklaşımlarında, klasik yöntemlerden farklı olarak, yüzey modellemede kestirimlerdeki hata ve belirsizlikler de dikkate alınır (Prasad ve diğ., 2007). İstatistiksel yöntemlerin en büyük avantajı, kestirimin hassasiyetini arttırmak için ilave verilerin interpolasyona dâhil edilebildiği çok değişkenli interpolasyon yaklaşımlarıdır (Kravchenko ve diğ., 1996; Hohn, 1999; Wackernagel, 2003). Çok değişkenli istatistiksel interpolasyonda hedef/birincil değişken yeteri kadar iyi örneklenmemiş ancak bu veriyle yüksek korelasyon gösteren yardımcı/ikincil veri/veriler daha iyi örneklenmiş ise ya da birincil değişken düşük konumsal otokorelasyon gösteriyorken ikincil değişken ise kısmen daha fazla süreklilik sergiliyorsa ve bu iki değişken arasında yüksek korelasyon varsa interpolasyonu geliştirmek için ikincil değişken kullanılır (Hohn, 1999; Wackernagel, 2002).

Çalışmada daha çok meteorolojik verilerin interpolasyonu yapılacağından meteorolojik veriler ele alındığında; başta sıcaklık olmak üzere yağış, nem gibi meteorolojik değişkenler ile topoğrafya arasında güçlü bir bağlantı olduğundan meteorolojik verilerin çok değişkenli istatistiksel yaklaşımla interpolasyonunda yardımcı veri olarak yükseklik, eğim ve bakı gibi topoğrafik değişkenlerin kullanılması interpolasyonun doğruluğunu ve hassasiyetini önemli ölçüde arttırmaktadır (De-Pauw, 2005). Meteorolojik veriler yersel istasyon bazında genellikle sınırlı sayıda örneklem noktaları için elde edilebilirken, topoğrafik değişkenler günümüzde uzaktan algılama ve CBS gibi teknolojiler ile tüm yüzey boyunca elde edilebilmektedir (Lanza ve diğ., 2001; Wackernagel, 2002; De-Pauw, 2005). Benzer şekilde meteorolojik uydu görüntüleri ve radar verileri de yersel meteorolojik ölçümleri destekleyen veri kaynaklarıdır (De-Pauw, 2005; Grimes, 2008).

İkincil değişkenin de kullanılabildiği en etkin interpolasyon yöntemi olan co-kriging kapsamında en yaygın olarak küresel modeli kullanılmaktadır (Şekil 3.6). Bu kapsamda veri setindeki nokta çiftleri arasındaki mesafe ve farklarını ifade eden grafiksel yapı olan variogramdaki patern bir matematiksel model ile genelleştirilerek ifade edilmektedir. Bu matematiksel yapıyı ifade eden model sill, nugget, range ve lag ismi verilen bileşenlerle ifade edilebilmektedir.



Şekil 3.10 : Matematiksel olarak modellenmiş variogram örneği.

Nugget variance, c_0 modelin y aksını kestiği noktadır. Range (a) semivaryance'ın üst limite ulaştığı ilk noktadır ve x ekseninde lag (h)'in bu noktaya gelen karşılığıyla ifade edilir, y eksenindeki karşılığı ise sill değeri ile ifade edilir. Range ve sill değerleri bir variogramın en önemli iki parametresidir. Range bir görüntüdeki tekstürün homojenliği (kaba veya ince tekstür) ve görüntüdeki objelerin büyüklüğü ile bilgi verir. Sill değeri ise objelerin bir alanı kapsama oranları ilgili bilgi verir.

3.4.3 Modelleme

Modelleme aşaması erozyon, kuraklık, yangın riski, NBÜ, nüfus artışı ve alan kullanım değişimi literatürdeki güncel çalışmalar, çalışma alanının özellikleri ve temin edilebilecek verilerin türü ve yapısı göz önüne alınarak belirlenen uygun yöntemler kullanılarak modellenmesini içermektedir. Çalışma yönteminin dördüncü aşaması olan modelleme aşaması her model sonucunun standardize edilip önem seviyesine göre ağırlık verilerek çok kriterli analiz mantığıyla birleştirilerek bütüncül ekolojik risk haritası elde edilmesiyle tamamlanacaktır.

3.4.3.1 Erozyon modelleme

Erozyonun niceliksel olarak ortaya konulabilmesi için öncelikle işleme sürecinin ve yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir. Su kaynaklı toprak erozyonu rölyef geometrisine ve yüzey özelliklerine bağlı olarak konumsal olarak çok dinamik bir yapı sergilemektedir (Jaoslav ve diğ., 1996). Genelde erozyonu etkileyen beş temel etken vardır: yağış, toprak yapısı, bitki örtüsü, alan kullanımı ve topoğrafya.

- Yağış: Hem yağmur damlalarının ayrıştırıcı etkisi hem de oluşturduğu yüzey etkisi nedeniyle yağmur yağışı toprak kaybına etki etmektedir (Mkhonta, 2000). Yağmurun erozyona neden olabilirdiği yağmurun düşme enerjisi ve

yoğunluğuyla ilişkilidir. Bu iki etken yağmur damlalarının toprak parçacıklarını çözme ve yüzey akışı oluşturma potansiyellerini belirler ve bunlara bağlı olarak toprak parçacıklarının ayrılması ve taşınması gerçekleşir. Yağışın miktarı ise toprağın genel su dengesine etki ederek yüzey akışının miktarını belirlemektedir (Nanna, 1996).

- **Toprak Yapısı:** Toprağın aşınmaya yani çözülme, kopma ve taşınmaya karşı göstereceği direnci yansıtan en önemli etmendir (Morgan, 1995). Erozyon tespit çalışmalarında K-faktör olarak isimlendirilen toprak aşınabilirlik indeksi arttıkça erozyon riski de artmaktadır. Toprak aşınabilirliği toprağın tekstür, yoğunluk, ayrılma direnci, organik madde içeriği, agregasyon, su tutma kapasitesi, kimyasal yapısı gibi karakteristiklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Mkhonta, 2000).
- **Bitki Örtüsü:** Bitki varlığı toprak kaybını azaltan kritik bir etkidir (Peter, 1992). Bitki kapalılığı arttıkça erozyon riski de azalmaktadır (Mkhonta, 2000). Bitki örtüsü yağmur damlalarının hızını keserek etkisini azaltması ile toprağın korumasını, su tutma kapasitesinin artmasını, toprak yüzey pürüzlülüğünün korunmasını, yüzey akış hızının azalmasını, toprağın tutulmasını böylelikle toprak özelliklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönden iyileşmesini sağlar (Peter, 1992). Bitki örtüsünün erozyona olan etkisi bitki örtüsü türüne, yoğunluğuna, orman altı örtüsüne ve döküntü miktarıyla değişkenlik göstermektedir (Nanna, 1996).
- **Alan Kullanımı:** Etkin bir planlamayla yönetilmeyen alan kullanım faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlarda özellikle tarımsal faaliyetlerin yüksek eğimli marjinal alanlarda gerçekleştirilmesi erozyonu tetiklemektedir.
- **Topoğrafya:** Eğim düzeyi ve eğim uzunluğu erozyon üzerine etkin olan başlıca topoğrafik faktörlerin başında gelmektedir (Nanna, 1996). Eğim düzeyi ve erozyon arasında üstel bir ilişki vardır. Eğim düzeyi arttıkça erozyonun çözme, koparma ve taşıma etkisi katlanarak artmaktadır (Hudson, 1995). Eğim uzunluğu ise arttıkça uzun akış yüzeyleri nedeniyle ivmelenme yüksek olacak buda toprak aşınımını arttıracaktır.

Toprak erozyonu miktarının tahmin edilmesine yönelik olarak geliştirilmiş tüm modeller içinde dünyada en yaygın kullanım alanı bulan yöntemlerden birisi; 1978 yılında Wishmeier ve Smith tarafından oluşturulmuş USLE (Universal Soil Loss

Equation) yöntemidir. Yöntem yukarıda detayları verilen erozyona etki eden faktörler ile erozyon miktarı arasındaki ilişkilerin bir çarpım ile ifade edilmesi esasına dayanmaktadır (Wishmeier ve Smith, 1978). Aşınmayı oluşturan faktörler bu yöntemde yağış aşındırma riski faktörü, toprak aşınma faktörü, eğim uzunluğu faktörü, eğim derecesi faktörü, bitki örtüsü faktörü ve toprak koruma faktörü olarak detaylandırılarak ele alınmaktadır. 1991 yılında Renard ve diğ. tarafından ortaya konan, USLE yönteminin geliştirilmiş bir versiyonu olan ve doğruluğu daha yüksek sonuçlar ortaya koyan RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi deneysel bir modele sahip olup uzun vadede yamaçlardan taşınarak kaybedilen ortalama yıllık toprak miktarını ortaya koymaktadır (Üstüntaş, 2000).

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) yöntemi erozyonu t/ha/yıl (ton/hektar/yıl) birimi cinsinden altı temel faktörden oluşan bir denklem (Denklem 3.3) yardımıyla tahmin etmektedir (Renard ve diğ, 1997).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (3.3)$$

Burada;

A : Erozyon miktarı (t/ha/yıl),

R : Yağmur aşındırma faktörü,

K : Toprak aşınabilirlik faktörü,

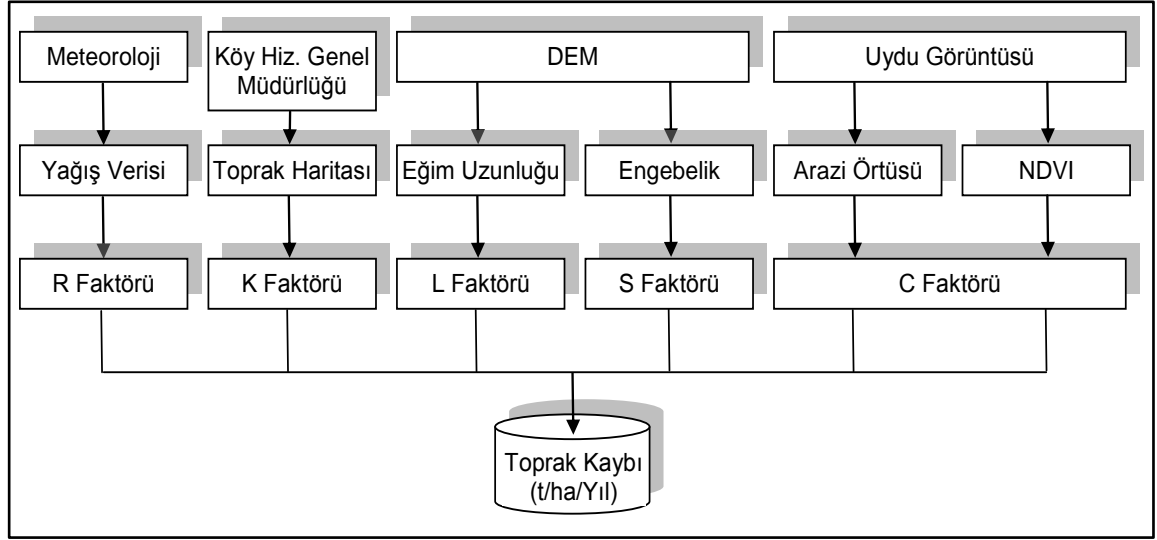
L : Eğim uzunluk faktörü,

S : Eğim engebelik faktörü,

C : Arazi örtüsü ve alan kullanım faktörü,

P : Erozyon kontrol faktörüdür.

Çalışmada RUSLE yöntemi kapsamındaki faktörlerin hesaplanmasında kullanılacak veriler bu verilen kaynakları ve temel aşamalar Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.11 : RUSLE Yöntemi akış diyagramı.

Yağmur aşındırma faktörü

Yağmur aşındırma (R) faktörü yağışın akışa dönüşmesiyle oluşturduğu toprağı taşıma etkisidir. RUSLE diğer faktörler sabit kalması koşulunda yağmur şiddeti ve toprak kaybı arasında doğru orantı olduğunu kabulünü benimsemektedir. Yağmur aşındırma faktörü, yağış şiddeti (E) ve maksimum 30 dakika yağış derinliğinin (I_{30}) yıl boyunca olan tüm yağışlar için toplanmasıyla elde edilir. Bu işlemde yağmur damlalarının düşmesi ve akışı sırasında oluşan hareket ettirme etkisi hesaplanır (Wishmeier ve Smith, 1978). Fakat gelişmekte olan birçok ülkede gözlem istasyonlarınca yağmur şiddeti ölçülmemektedir. Bu nedenle yağmur şiddeti verisi bulundurmayan çalışma alanları için bu ilişkiyi yıllık ortalama yağışı kullanarak tahmin eden eşitlikler kullanılmaktadır. Bu eşitliklerden en yaygın olarak kullanılan Denklem 3.4'de verilmiştir (Arnoldus, 1977).

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{1.5 \text{Log} p_i^2 / P - 0.8188} \quad (3.4)$$

Burada;

p_i : Aylık ortalama yağış,

P : Yıllık ortalama yağıştır.

Toprak aşınabilirlik faktörü

K faktörü, toprağın doğal aşınabilirlik potansiyelinin RUSLE standart grafiğini kullanarak toprağın yapısal özelliklerini kullanarak hesaplanmasıyla elde edilir

(Renard ve diğ., 1997). K faktörü toprağın yağmura karşı gösterdiği parçalanma, taşınma ve aşınma direncini temsil etmektedir. K faktörü, Wischmeier ve Smith (1978) tarafından geliştirilen toprağın silt+çok ince kum (%), kum (%), organik madde (%), strüktür ve geçirgenlik parametresini dikkate alan bir nomograf kullanılarak bulunmaktadır.

Halihazırda çalışma alanı için toprak verisine ulaşılmamış olduğu için K faktörü, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı Türkiye Büyük Toprak Grupları "K" Faktörleri raporundan (Doğan ve diğ., 2000) faydalanılarak da elde edilebilir. Bu raporda her il için köyler bazında alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucunda tespit edilen K faktör değerleri çalışma alanı ve çevresindeki yerleşimler baz alınarak bir veri tabanında toplanmıştır. Google Earth ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) kaynaklarından yararlanılarak söz konusu yerleşimlerin koordinatları tespit edilerek CBS ortamına aktarılabilir. Yerleşimler bazında oluşan noktasal K faktörü değerleri kriging yöntemiyle tüm alan için interpolate edilerek K faktörü elde edilebilecektir.

Topografik faktörler

Eğim uzunluk faktörü (L) ve eğim engebelik faktörü (S) RUSLE yönteminde topografik etkileri yansıtmaktadır. Eğim uzunluğu eğimin değişmeden sabit bir aralıkta kaldığı bölgelerin eğim yönünde sahip olduğu maksimum mesafeyi (Wishmeier ve Smith, 1978), eğim engebelik faktörü ise eğimin erozyon üzerindeki etkisini vermektedir (Lu ve diğ., 2004). RUSLE eğim için engebelik ve uzunluk faktörünü aşağıdaki eşitliklerle hesaplamaktadır.

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \quad (\text{Eğim} < \%9) \quad (3.5)$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.50 \quad (\text{Eğim} \geq \%9) \quad (3.6)$$

$$L = (\lambda / 22.12)^m \quad (3.7)$$

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad \beta = (\sin \theta / 0.0896) / (3.0(\sin \theta)^{0.8} + 0.56) \quad (3.8)$$

Burada;

λ : Eğim uzunluğu (m),

θ : Eğimdir (derece).

Eğim uzunluk (L) ve engebelik (S) faktörü için gereken duyulan temel veri olan konumsal eğim değerleri CBS ortamında eğim analizi ile DEM görüntüsü

kullanılarak elde edilebilmektedir. Eğim uzunluk (L) faktörünün hesaplanabilmesi için gerekli olan diğer değişken olan eğim uzunluğu (λ), eğim verisi CBS ortamında doğal kırılma noktaları (natural breaks) yöntemi kullanılarak sınıflanabilmektedir. Eğim uzunluk (L) faktörü, hesaplanan bu değişkenlerin ana formülde uygulanmasıyla üretilebilmektedir.. Eğim engebelik (S) faktörü ise eğimin %9 altında ve üstünde olma durumuna göre sırasıyla Denklem 3.5 ve Denklem 3.6'daki eşitliklerdeki gerekli yerlere eğim verisi konularak hesaplanmaktadır.

Arazi örtüsü ve alan kullanım faktörü

C faktörü olarak formülde yer bulan arazi örtüsü ve alan kullanımları faktörü özellikle tarımsal faaliyetlerin ve doğal bitki örtüsünün erozyon üzerine etkilerini dikkate almaktadır. C faktörünün hesaplanması bir dizi alt faktörün (toprak kaybı oranı, öncül alan kullanım değeri, örtülülük oranı, yüzey örtüsü ve yüzey pürüzlülüğü) her birinin farklı eşitlik ile hesaplanıp birbiriyle çarpılmasıyla elde edilir. Fakat her bir alt faktörün hesaplanması için kullanılan eşitliklerde elde edilmesi gereken değişkenlere ait verilerin tespit edilmesi özellikle Büyük Menderes Havzası gibi büyük ölçekteki bir çalışmada büyük iş ve ekonomik güce zorunlu bırakmaktadır. Bu durumdan kaçınmak için Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI) olarak bilinen ve yeryüzünde örtülülük gösteren bitki örtüsünün varlığını niceliksel olarak veren uzaktan algılama verisi baz alınarak C faktörü tahmin edilebilmektedir (Denklem 3.9) (Van der Knijff ve diğ., 2000; Van Leeuwen and Sammons, 2004).

$$C = e^{(-\alpha (NDVI / (\beta - NDVI)))} \quad (3.9)$$

Burada; α ve β , NDVI ve C faktörüne ait eğriyi tanımlayan parametreler. Van der Knijff ve arkadaşları (2000) yapmış oldukları çeşitli denemeler sonunda α ve β için en uygun değerleri sırasıyla 2 ve 1 olarak bulmuşlardır.

Erozyon kontrol faktörü

Erozyon kontrol faktörü (P) çalışma alanı kapsamında erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik herhangi bir çalışmanın olup olmadığıyla ilgilendir. Küçük ölçekli çalışmalarda bu bilgilerin tespit edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Fakat Büyük Menderes Havzası ölçeğinde bu tür çalışmaların nadir olması ve olanlarında düzenli bir şekilde kayıt altında tutulmaması nedeniyle tespit edilmesi çok güçtür. Bu

durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmaktadır (Wachal ve diğ., 2007).

3.4.3.2 Kuraklık modelleme

Kuraklık olayları, kendisini meydana getiren yağış, yüzey akışı, evapotranspirasyon ve yer altı suyu depolanması gibi, hidrolojik olayların karşılıklı etkileşimlerinden ortaya çıkmaktadır (Şen, 2003). Bu hidrolojik olayların konumsal ve niceliksel olarak tespiti ve aralarındaki ilişkinin çözümlenmesi konuma bağlı kuraklık tahminlerini sağlayabilmektedir.

En yaygın kullanılan kuraklık değerlendirme ölçülerinden biri olan Kuraklık İndeksi (Kİ) temelde günlük ortalama yağışın (P) günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyona (ET_o) olan oranı ($Kİ=P/ET_o$) olarak ifade edilmektedir. Çizelge 3.6'da verilen bu indeks değerleri ve temel kuraklık sınıfları UNESCO tarafından 1979 yılında kurak alanların sınıflanmasında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Wolfe, 1997). Bu kapsamda ele alınacak olan günlük ortalama yağış ve günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyon verilerinin birimleri ise sırasıyla mm/ay ve mm/gün olmalıdır.

Çizelge 3.6 : UNESCO kuraklık indeksi sınıfları.

Kuraklık Sınıfı	Kuraklık İndeksi
Çok kurak	$P/ET_o < 0.9$
Kurak	$0.9 \leq P/ET_o < 6.0$
Orta kurak	$6.0 \leq P/ET_o < 15.0$
Az kurak	$15.0 \leq P/ET_o < 22.5$
Kurak değil	$22.5 \leq P/ET_o$

Kuraklık indeksi hesaplamasının ikinci girdisi olan potansiyel evapotranspirasyon (ET_o) özetle yeryüzünden atmosfere buharlaşma ve bitki solunumu yoluyla suyun transferidir. ET_o hidrolojik döngünün önemli bir parçasıdır çünkü yeryüzündeki su kaybını ifade eden en önemli olaylardan biridir. Bu kapsamda konumsal olarak su miktarının yani kuraklığın bilinmesi için ET_o ihtiyaç duyulmaktadır.

ET_o hesaplanabilmesi için üzerinde etkin olan faktörler bazında ele alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. ET_o'nun hesaplanmasını sağlayan yöntemler içinde en yaygın ve dolayısıyla en etkini olan Penman–Monteith (PM) yöntemidir. Sıcaklık, oransal nem, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi gibi verileri göz önüne alarak ET_o'yu hesaplayabilen bu yöntem John Monteith tarafından ortaya atılmış ve

1977 yılında FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu) tarafından düzenlenerek geliştirilmiştir (FAO, 1998). Kuraklık indeksi için ETo'nun hesaplanmasında PM yönteminin uygulaması ise yine FAO tarafından geliştirilen CROPWAT 8.0 programı kullanılarak her iklim gözlem istasyonu için nokta bazında hesaplanarak uygun interpolasyon tekniğiyle tüm çalışma alanına genelleştirilebilmektedir.

3.4.3.3 Yangın riski modelleme

Doğal alan yangın risk değerlendirmesinde etkin çok fazla ve çeşitli değişkenler bulunmaktadır. Vejetasyon su stresi, hava koşulları ve insan yerleşimleri, vejetasyon tipi vb. bu değişkenler arasında yer alabilmektedir. Diğer taraftan yanıcı madde, hava halleri ve topografik koşullar yangın davranışını belirleyen diğer etkenlerdendir. Yangın risk tahmini gibi çok sayıda etkenin durumlarına göre değişim gösteren yangın riskinin modellenmesinde yöntem olarak çok kriterli analizler sahip olduğu yapısıyla ideal bir yaklaşım olma özelliği taşımaktadır.

Çok kriterli analizlerin temel amacı, olası çözümlerin karşılaştırılmasında bir belirleyici olarak, karar verme sürecinde çoklu kriterlerin entegrasyonunun sağlanmasıdır. Farklı alternatiflerin oluşturulması oldukça geniş bir yelpazede olabilmektedir. Yöntemin uygulanmasında standardizasyon ve ağırlıklandırma olmak üzere iki temel basamak vardır. Standardizasyon farklı ölçeklerdeki veri setlerini aynı ölçeğe (0-1 ya da 0-255) getirmek için kullanılır. Standardizasyonda Fuzzy yaklaşımı kullanılabilir. Fuzzy ile Sigmoidal, J-shaped ve doğrusal fonksiyonlar değer ölçeğindeki en yüksek ve en düşük değerlerden elde edilen kontrol noktaları ile biçimlendirilebilmektedir. Ağırlıklandırma ise, belirlenen değişkenlerin, kendi aralarında önem derecelerine göre kıyaslanmasıyla elde edilen ve bu kıyaslamadan oluşan dereceleri ifade eden katsayılarıdır. Bu kapsamda çok kriterli analiz mantığının doğal alan yangın riskine uyarlanmış hali Denklem 3.10'da verilmiştir.

$$YRI = \sum_{i=1}^n \frac{AK_i \times SEF_i}{AK} \quad (3.10)$$

Burada;

YRI : Yangın Risk İndeksi,

AK : Ağırlık Katsayısı,

SEF : Standardize Edilmiş Faktördür.

Bu denklem dahilinde arazi örtüsü, toprak nemi, yanıcı madde nemi, oransal nem, yağış, sıcaklık, maksimum sıcaklık, eğim, baki, rüzgar hızı, nüfus yoğunluğu, yerleşime uzaklık, tarıma uzaklık ve NDVI gibi birçok faktör değerlendirmeye alınabilmektedir. Gerek duyulması halinde bu değişkenlerden bazıları çıkarılabilmekte yada yenileri eklenebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında yangın risk indeksinin hesaplanmasında kullanılması hedeflenen faktörler aşağıda maddeler halinde kısa açıklamalarıyla verilmiştir.

Değerlendirmeye alınan faktörleri temsil eden verilere ve kısa tanımlamaları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Toprak nemi: Ülkemiz kaynaklarında toprak neminin direk ölçümü mevcut değildir Bu nedenle küresel olarak üretilen toprak nemi görüntüleri bu eksikliği giderebilmektedir. Küresel ölçekte toprak nemi için üretilmiş en ideal verilerden biri ise ABD Ulusal Okyanus ve Atmosfer Kurumu'na (NOAA) bağlı bir birim olan İklim Tahmin Merkezi'nin (CPC) ürettiği toprak nemi verisidir. Bu veri seti 1948'den bu yana küresel olarak aylık periyotlarda toprak neminin tahmin değerlerini vermektedir. Toprak nemi tahmininde temel alınan yaklaşım Denklem 3.11'de verilmiştir.

$$dw/dt = P - E - R \quad (3.11)$$

Burada:

d_w/d_t : Belli bir yer ve zamandaki toprak nemi

P : Yağış

E : Evapotranspirasyon

R : Yüzey akışı

CPC'nin resmi web sitesinden temin edilen yıllık toplam ortalama toprak nemi verisi 44 km çözünürlükte olması nedeniyle çalışmanın ihtiyaç duyduğu 30 m çözünürlüğe interpolasyon teknikleriyle örneklenmiştir. Toprak nemi verisinin üretilmesinde halihazırda yağış verisinin kullanılmış olması nedeniyle yangın riski değerlendirilmesinde veri tekrarından kaçınmak için yağış verisi değerlendirmeye alınmamıştır.

- Yakıt nem indeksi: Vejetasyonların yanabilirliği bitki örtüsü altı biriken ölü bitki materyallerinin (yakıt) nemiyle yüksek oranda ilintilidir. Bu kapsamda yangın

riskinin tahmini için yakıt nem indeksinin büyük oranda önem taşımaktadır. Yakıt nem indeksinin hesaplanmasında kullanılan en etkin sonuçlar veren yöntemlerden biri de Sharples ve diğ. (2009) tarafından geliştirilen Yakıt Nem İndeksidir (Fuel Moisture Index - FMI). Sharples ve diğ.'nin (2009) yakıt nem indeksinin hesaplandığı eşitlik Denklem 3.12'de verilmiştir.

$$FMI = 10 - 0,25(T - H) \quad (3.12)$$

Burada;

FMI: Yakıt nem indeksi,

T : Sıcaklık,

H : Kısmi Nemdir.

Üretilen yakıt nem indeksi görüntüsünün hesaplanmasında sıcaklık ve nem verinin girdi veriler olarak kullanılıyor olması nedeniyle veri tekrarından kaçınmak için sıcaklık ve kısmi nem faktörleri çok kriterli analizde kullanılmamıştır.

- Eğim: Çalışmada daha önce üretilen ve diğer modelleme çalışmalarının bazılarında da kullanılan eğim verisi kullanılmıştır.
- Bakı: Çalışmada daha önce üretilen ve diğer modelleme çalışmalarının bazılarında da kullanılan bakı verisi kullanılmıştır. Bakı, yönler bazında kategorik değil 0-360 ve düz alanlar -1 olarak kullanılmıştır. Dairesel etkisi olan bu veri yapısını doğrusala çevirmek için doğu batı etkisini göz ardı edip sadece kuzey güney etkisi vurgulanacak şekilde dönüşüm yapılmıştır.
- Maksimum sıcaklık: Birçok yangın risk değerlendirmesinde en önemli faktörlerden biri olarak belirtilen bu faktör iklim gözlem istasyonları verileri kullanılarak co-kriging interpolasyon tekniği ile yüzeysel veriye dönüştürülmüştür.
- Rüzgar hızı: Yanabilirliği kolaylaştırması nedeniyle önem arz eden faktörlerden biri de rüzgar hızıdır. İklim gözlem istasyonları baz alınarak yıllık ortalama rüzgar hızı metre/saniye cinsinden tüm alan için interpolate edilmiştir.
- Nüfus potansiyeli: Nüfus potansiyeli kültürel ve sosyo-ekonomik değişkenleri içeren ve insan faaliyetleri ile fiziksel çevrenin etkileşim miktarını ortaya koyan bir yaklaşımdır. Bir yerin nüfus potansiyeli modeli, o yerin nüfusuna, çevredeki yerleşimlerin nüfusuna ve o yerleşimlere olan uzaklığa bağlıdır (Dökmeci, 2005).

Bu kapsamda bir alandaki her yerleşim için nüfus potansiyeli Denklem 3.13'deki (Dökmeci, 2005) gibi hesaplanmaktadır.

$$V_i = \sum_{j=1}^n \frac{P_j}{d_{ij}} \quad (3.13)$$

Burada;

V_i : "i" şehrinin nüfus potansiyeli,

P_j : "j" şehrinin nüfusu,

d_{ij} : "i" ve "j" şehirleri arası uzaklık,

n : Şehir sayısıdır.

Her yerleşim için Eşitlik 8 kullanılarak tespit edilen nüfus potansiyeli uygun interpolasyon teknikleriyle tüm alan için genelleştirilebilir ve yüzey görüntüsüne çevrilebilmektedir. Nüfus potansiyelinin hesaplanmasında yerleşimlere uzaklık bir girdi için halihazırda girdiği için yerleşimlere uzaklık verisi çok kriterli analize dahil edilmemiştir.

- Tarıma uzaklık: Özellikle anız yakılması nedeniyle tarım alanlarına olan mesafe yangın riskini de etkilemektedir. Bu kapsamda daha önce üretilen arazi örtüsü sınıfı baz alınarak tarım alanları çıkarılmış ve uzaklık analizlerinden öklit mesafesi uzaklık işlemi yapılarak yerleşimlere uzaklık verisi üretilmiştir.
- Arazi örtüsü: Çalışmanın daha önceki dönemlerinde 2002-2003 yılları kapsamında üç farklı döneme ait LANDSAT uydu görüntülerinin sınıflanmasıyla üretilen 11 sınıflık sınıflama verisidir. Sınıflama verisi kategorik olduğu için sınıfların yanabilirlik durumlarına göre uzman görüşleri doğrultusunda sınıflar ağırlıklandırılmıştır.
- NDVI: Bitkideki sağlıklı yeşil aksamın durumunu ortaya koyan NDVI sayesinde sağlıklı vejetasyonun tespiti dolayısıyla yangıncılığı yüksek alanlar da temsil edilebilmektedir. Bu kapsamda bu çalışma döneminde net birincil üretimin tahmininde kullanılan NDVI verisi kullanılmıştır.

3.4.3.4 Net birincil üretim modellemesi

Birim alan ve zamana düşen yeşil bitkilerin fotosentez (brüt birincil üretimden) ile ototrofik solunum değerleri arasındaki fark olarak tanımlanan (Sun ve diğ., 2001; Zhong ve diğ., 2002; Lu ve diğ., 2004) Net birincil üretimin (NBÜ) tahmin edilmesi

için üretilen modeller içinde kullanım kolaylığı ve yüksek başarı oranıyla NASA-CASA modeli gelmektedir.

NBÜ aylık olarak vejetasyon tarafından emilen net karbonun belirlenmesi ile NASA-CASA Modeli (Carnegie-Ames-Stanford-Approach) içerisinde ışık kullanım etkinliği baz alınarak hesaplanabilmektedir (Meydan, 2008). NASA-CASA Modeli, ekosistemdeki azot ve karbon dönüşümlerini üretmektedir. Besin alt tabaka varlığı, toprak nemi, sıcaklık, tekstür ve mikrobiyal aktiviteler gibi gaz akış kontrollerinin birbirleri ile ilişkilerini kapsamaktadır. Model, karbon tespiti, besin dağılımı, döküntü, toprak-azot mineralizasyonu, CO₂ değişimi, ek olarak N₂O ve NO üretimi, CH₄ tüketimini günlük ve mevsimsel olarak simüle etmek için tasarlanmıştır (Potter ve diğ., 2001). CASA Modeli, gün ışığı şiddeti, PAR (fotosentetik yönden aktif radyasyon-her ay için her metrekareye düşen megajoule cinsinden miktarı) ve NDVI (Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi) kullanarak *f*PAR verisini hesaplayarak aylara göre NBÜ değerlerini tahmin etmektedir (Denklem 3.14) (Hicke ve diğ., 2002).

$$NBÜ = f(NDVI)PAR \epsilon^* T \epsilon W \epsilon \quad (3.14)$$

Burada; ϵ^* , maksimum gün ışığı şiddetini; $T\epsilon$, sıcaklığı ve $W\epsilon$, yağışı temsil etmektedirler (Field ve diğ., 1995; Knyazikhin ve diğ., 1998). Modelin kalibrasyonu ve aşamalarında atmosferik CO₂'in yükselmesi ile birlikte ϵ^* değerinde oluşabilen yükselme, NBÜ değerinin yükselmesinde etkiye sahiptir. Sıcaklık ve yağış verileri ile de $T\epsilon$ ve $W\epsilon$ değerleri hesaplanmaktadır.

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

Ağaç kapalılık yüzdesinin tahmini için yapılan önceki çalışmalarda, Yansıma Karışım Analizi (Spectral Mixture Analysis) ve Geleneksel Doğrusal Regresyon (Linear Regression) tekniklerinden yararlanılmaktaydı (DeFries ve diğ., 2000). Bu

yöntemler, yansıma miktarı ve ağaç örtüsü arasındaki ilişkiyi yaklaşık olarak bulmak için doğrusal bir model kullanımına dayanır. Ancak, özellikle büyük alanlarda, diğer yüzey materyalleri ile birlikte ağaç örtüsünün yansıma değerlerinin değişkenliği ve geniş alanlara yayılması nedeniyle, Yansıma Karışım Analizi ve Doğrusal Regresyon Yöntemleri, kapalılığın istenen doğrulukta bulunması için yeterli olmamaktadır (Huang ve Townshend, 2007). Doğrusal olmayan regresyon teknikleri kullanılarak ağaç kapalılığının daha yüksek doğrulukla bulunması sağlanabilmektedir. Ağaç kapalılık yüzdesinin bulunmasında kullanılan ve doğrusal olmayan en etkin yöntem, regresyon ağacı yöntemidir. Bunun nedeni, regresyon ağacı yönteminin, doğadaki karışık ilişkilerin çözümlenmesinde, doğrusal yöntemlerden daha doğru ve etkin sonuçlar üretmesidir (Berberoğlu ve diğ., 2007b).

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

3.4.3.5 Nüfus değişimi

Nüfus artışı ve ekolojik bozulma arasında doğru orantılı güçlü bir bağ vardır. Bu noktadan hareketle nüfusta zaman içerisinde oluşan değişimin miktarı nüfusun ekosistem üzerinde yarattığı bozulma riski için niceliksel bir ölçüt oluşturmaktadır. Ekosistem üzerindeki bu baskı sadece direk insan sayısı ile değil belli bir birim alandaki nüfusun kümülatif ağırlığıyla daha iyi ifade edilebilmektedir. Bu kapsamda ekosistemin bir bileşeni olan arazi ve nüfus arasındaki etkileşimin miktarını veren nüfus yoğunluğu, nüfus değişiminin yarattığı risklerin ortaya konulmasında etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Birim alandaki insan sayısı olarak tanımlanan nüfus yoğunluğunun geniş alanlar için tek bir rakam olarak hesaplanması, bu çalışma gibi detay ölçekte yapılmak istenen çalışmalarda yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle konumsal bazda, yüksek çözünürlüklü

olarak hesaplanacak nüfus yoğunluğu verisi alandaki nüfusun dağılım oranını vererek konum bazındaki nüfus değişimini ifade edebilecektir. Yüksek çözünürlükte, konumsal olarak ifade edilebilen nüfus değişim verisi ise ekosistem üzerindeki riskler için bir ölçek ifade edecektir.

Konumsal nüfus yoğunluğunun üretilmesinde ilk aşama çalışma alanı dahilindeki il merkezinden köye kadar tüm yerleşimlerin konumsal olarak ifade edilerek CBS ortamına aktarılmasıdır. CBS ortamına aktarılan yerleşimler veri tabanı, hedef geçmiş ve güncel tarihleri dikkate alınarak her yerleşim birimi kendi nüfus bilgileriyle güncelleştirilir. Her yerleşimin geçmiş ve güncel tarihli nüfus bilgisine sahip olmasıyla her iki tarih nüfus verileri için kernel yoğunluk yöntemiyle konumsal nüfus yoğunlukları hesaplanabilmektedir.

Kernel yoğunluk yöntemi, her konum için belli bir tarama mesafesinde olan belirli konumların değerlerini kullanarak birim alandaki yoğunluğu vermektedir. Bu yaklaşım CBS ortamında, grid yapısındaki verinin her pikseli için yakınındaki noktasal verilerin değer ve mesafelerini temel alarak çalışmaktadır.

Kernel yaklaşımında her girdi noktası için nokta üstünde en yüksek, uzaklaştıkça giderek azalan değerler alan ve tarama çap sınırından itibaren ise sıfır değeri alan yüzey katmanları oluşturulur. Her nokta için oluşturulan bu katmanlar toplanarak her piksel için yoğunluk değeri bulunmuş olur (ESRI, 2011). ArcGIS programı dahilinde yapılan bu kernel uygulaması için Silverman (1986) tarafından geliştirilen kuadratik kernel denklemi temel alınmaktadır (Denklem 3.15).

$$\tilde{f}(x) = \left[\frac{1}{(nh^2)} \right] \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{(x - X_i)}{h} \right\} \quad (3.15)$$

Burada; $f(x)$, tahmin edilen yoğunluğu ifade ederken K , her nokta için üretilen değerler dağılımının yapısını ifade eden hesaplamadır. Kernelin tarama yarıçapını ve genişliğini kontrol eden yumuşatma faktörü ise h ile belirtilmiştir. Hesaplama sürecinde girdi verisi olarak kullanılan konumları ifade eden noktaların sayısı ise n ile temsil edilmiştir. Tahmin edilen konumun hesaplama sırasında kullanılan noktaya olan uzaklığı x ile ifade edilirken, X_i ile de tüm diğer noktalara olan mesafesi temsil edilmiştir.

Kernel ile geçmiş ve güncel nüfus yoğunluklarının görüntü olarak üretilmesiyle CBS ortamında temel matematiksel işlemler kullanılarak nüfus yoğunluğundaki değişim yüzde cinsinden tespit edilecektir. Üretilen nüfus yoğunluğu yüzde değişim görüntüsü temel alınarak nüfus değişiminin, konumsal olarak yarattığı ekolojik riskler niceliksel olarak ölçeklendirilerek ortaya konulacaktır.

3.4.3.6 Alan kullanım/arazi örtüsü değişimi tespiti

Alan kullanım/arazi örtüsündeki (AKAÖ) değişimlerin tespit edilmesi ve bu değişimlerin ekosistem üzerine yarattığı baskıların konuma bağlı niceliksel olarak belirlenmesi için öncelikle olarak geçmiş ve güncel AKAÖ sınıflamalarının üretilmesi gerekmektedir. AKAÖ değişim çalışmalarında doğruluğu daha yüksek sınıflanmış verilerin kullanılması daha doğru değişim tespitini getireceğinden, çalışmada veri düzenleme ve hazırlama bölümünde anlatılan çok zamanlı görüntülerin kullanıldığı maksimum olabilirlik sınıflaması kullanılması daha etkin sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.

Geçmiş ve güncel AKAÖ sınıflamalarının çok zamanlı görüntüler kullanarak maksimum olabilirlik ile sınıflanmasıyla elde edilen sınıflama görüntüleri çapraz sınıflama (cross-tab) yapılarak sınıflama sonrası değişim analizi uygulanabilmektedir.

Sınıflanmış iki görüntü üzerinden değişim tespitinin en geçerli ve yaygın yolu çapraz sınıflamadır. Çapraz sınıflama iki sınıflamadaki bütün olası kombinasyonlar için mantıksal 'VE' değerlerini hesaplamaktadır. İki görüntünün iki tarih üzerinde aynı kategorik bilgiyi temsil ettiği durumlarda yöntem, alanların her iki tarihte aynı sınıfa mı düştüğünü, yoksa alanların yeni bir sınıfa mı değiştiği üzerine bilgi vermektedir. Bu çapraz sınıflama matrisi ile ifade edilmektedir. Bu matris her iki tarih üzerinde her bir olası sınıfa düşen piksel sayılarından oluşmaktadır. Çapraz sınıflama tablosu ya da diğer bir adıyla hata matrisi köşegende bulunan hücreleri köşegen dışına düşen hücrelerle kıyaslamaktadır. Burada köşegenlerde bulunan hücreler değişim olmayan alanları, köşegen dışındaki hücreler ise değişim olan alanları temsil etmektedir.

Çapraz sınıflama tablosu ile elde edilen değişim matrisi bazında olası değişimlerin tümünün yarattığı risk olasılıkları için geliştirilen katsayılar değişim görüntüsüne uygulanarak göreceli, niceliksel ve konumsal AKAÖ değişim risk görüntüsü

oluşturulmaktadır. Kullanılacak AKAÖ değişim risk katsayıları literatür, uzman veya uzman görüşleri baz alınarak üretilebilmektedir.

3.4.4 Sonuç ve önerilerin geliştirilmesi

BMH için elde edilen sonuç bütünleşik ekolojik risk haritası ve analizi çıktıları temel alınarak alandaki ekolojik risk değerleri yüksek odak alanlar tespit edilerek, nedenleri sonuç ve öneriler bölümünün ilk aşamalarında sorgulanacaktır. Elde edilen çıktılar bazında ekolojik risk değerleri yüksek alanlarda bu riskin azaltılmasına yönelik çalışma alanı ve çevresinin ekolojik yapısının sürdürülebilirliğini sağlamak için fiziksel ve sosyo-ekonomik planlama öneri ve kararları geliştirilecektir.

4. TEMEL VERİ DÜZENLEME VE HAZIRLAMA

Çalışma kapsamında uygulanacak modellerin girdi verisi olarak kullanılacak aynı zamanda çalışma alanı genel durumunu ifade eden temel verilerin düzenlenmesi ve hazırlanması sürecinde elde edilen bulgular bu bölümde sunulmuştur.

4.1 Alan Kullanım/Arazi Örtüsü

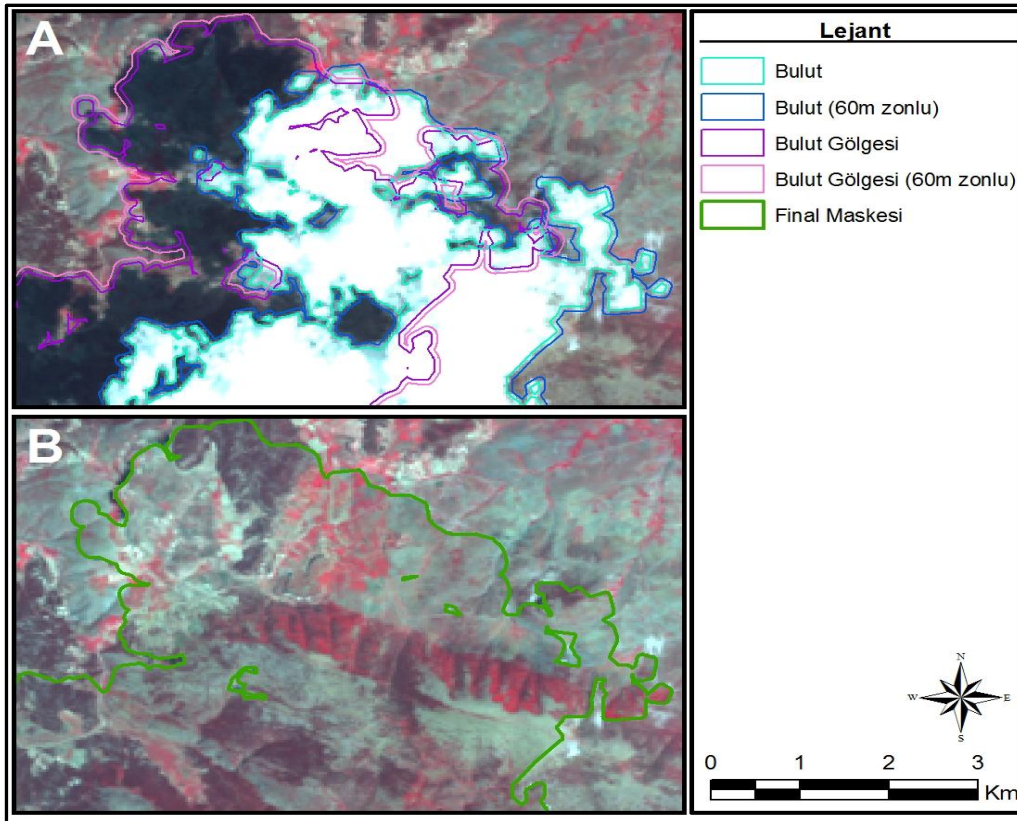
Çalışmada özellikle yangın, net birincil üretim ve alan kullanım/arazi örtüsü değişimi modellemeleri süreçlerinde girdi olarak ve de modelleme ve sonuç risk görüntüsünün peyzaj bileşenleri bazında değerlendirilmesinde kullanılmak üzere Alan Kullanım/Arazi Örtüsü (AKAÖ) görüntüsü üretilmiştir. Görüntünün elde edilmesi için materyal bölümünde detayları ve geçmiş ve güncel olmak üzere tarihleri verilen (Çizelge 3.3) LANDSAT uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.3'de belirtilen tarihler için elde edilen uydu görüntüleri incelenerek görüntülerde kullanımı engelleyici sorunlar taranmıştır. Bu kapsamda geçmiş tarihli görüntülerden 179/34 ve 180/34 kodlu çerçevelere ait 1987/05/29 görüntülerde bulutluluk tespit edilmiştir. Bulut ve oluşturdukları gölgelere ait alanların tespit edilmesi, görüntülerden çıkarılması ve yerinin en yakın tarihli görüntüden tamamlanması içeren bulut maskeleyme işlemi bu iki görüntüde uygulanmıştır. Öncelikle görüntülerden bulutlu alanlardan örnek alanlar toplanarak her band için bu örneklerin sahip olduğu değer aralıkları tespit edilmiştir. Bu istatistikler uygun değer aralıkları olarak düzenlenerek Çizelge 4.1'de verilen değerler kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 : LANDSAT örnek bulutlu alanlar yansıma değerleri.

Bandlar	Minimum	Maksimum
Band 1	120	255
Band 2	70	255
Band 3	70	255
Band 4	80	255
Band 5	80	255
Band 6	80	120
Band 7	40	230

Belirlenen bulutlu alanlara ait yansıma değerleri kullanılarak her görüntünün her bandı için maskeler oluşturulmuştur. Bu maske görüntüleri kesişimi alınarak her görüntü için bulut alanlara ait alanlar belirlenmiştir. Bulut alanlarının çeperlerinde kalan yoğunluğu düşük alanların da maskelenebilmesi için tespit edilen bulut alan sınırına iki piksel olacak şekilde 60m'lik tampon alan eklenmiştir. Tamponlu bulut alanlarını ifade eden vektörel dosya kopyalanarak bulut alanlarının üzerine denk getirilerek konumu kaydırılmıştır. Gölge için oluşturulan bu alan yine 60m'lik bir tampon alanla genişletilmiş ve bulut için final maskesi oluşturulmuştur. Son olarak bulut final maskesi ve bulut gölgesi final maskesi alansal olarak birleştirilerek final maske alanları bulunmuştur. Her iki bulutlu görüntü için tespit edilen final maskeleri kullanılarak bu alanlar görüntüden çıkarılarak yerlerine aynı çerçevelere ait en yakın tarihli görüntüler olan 1987/06/30 tarihli görüntülerden doldurulmuştur. Bu süreci yansıtan örnek alan Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Bulut Maskeleyme örneği; A: Maskeleyme öncesi ve süreci;
B: Maskeleyme sonrası görüntü.

Bulut ve oluşturdukları gölgelerin söz konusu iki görüntüden maskelenmesi sürecinde; 179/33 numaralı çerçevenin %4,8'ini oluşturan 1672 km²'lik alanı bulut ve gölgesi olarak belirlenmiş ve yakın tarihli diğer görüntüden yamanmıştır.

Maskelenen söz konusu bu alan çalışma alanının da %5,5'ini oluşturmaktadır. Maskeleme sürecinde 179/34 numaralı çerçevenin ise %3,5'i olan 1226 km² ve bu alan içinde çalışma alanına düşen 522 km²'lik alan yakın tarihli görüntüden yamanarak, bulutlar görüntülerden uzaklaştırılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Bulut maskeleme alansal sonuçları.

ALANLAR	179/33		179/34	
	Alan (km ²)	Yüzde (%)	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Görüntü tam çerçevesi	35000	100,00	35000	100,00
Tüm görüntüde bulut maskesi	1672	4,78	1226	3,50
Görüntüde çalışma alanı	9040	25,83	13281	37,95
Çalışma alanında bulut maskesi	501	5,54	522	3,93

Bulutlu görüntülerden bulutların maskelenmesiyle Çizelge 3.3'de verilen tarihler kapsamında tüm LANDSAT bantları tarih sıralamasına göre bir araya getirilerek her LANDSAT çerçevesi olarak geçmiş ve güncel görüntüleri şeklinde birleştirilmiştir. Oluşan görüntülerden 179/33 ve 179/34 çerçevelerine ait tarihlerin aynı olması nedeniyle bu çerçeveler mozaiklenerek tek görüntü olarak 180/34 çerçevesi ise yalnız olarak ele alınmıştır. Bu görüntüler baz alınarak sınıflama işlemi için gerek duyulan referans (yer gerçek) verileri üretilmiştir.

Uzaktan algılama kapsamında AKAÖ sınıflama işlemi için zorunlu olan referans verileri daha çok arazi çalışmaları ile elde edilmektedir. Fakat sınıflama yapılacak alanın büyüklüğü arttıkça referans verisi için yapılacak arazi çalışmalarının maliyeti artmakta ve zamansal süreç uzamaktadır. Bu nedenle havza ölçeği gibi geniş alanlar için arazi çalışmalarının yapılmasında yaşanan güçlükler nedeniyle referans verilerinin toplanmasında arazi çalışmasıyla elde edilecek verilerin yerini tutması için bilgi verebilen ilgili tüm kaynakların kullanılmasıyla referans veri üretilebilmektedir. Bu sürece çok kaynaklı (multi-souce) referans veri örnekleme ismi verilmektedir (Lieng ve diğ., 2005)

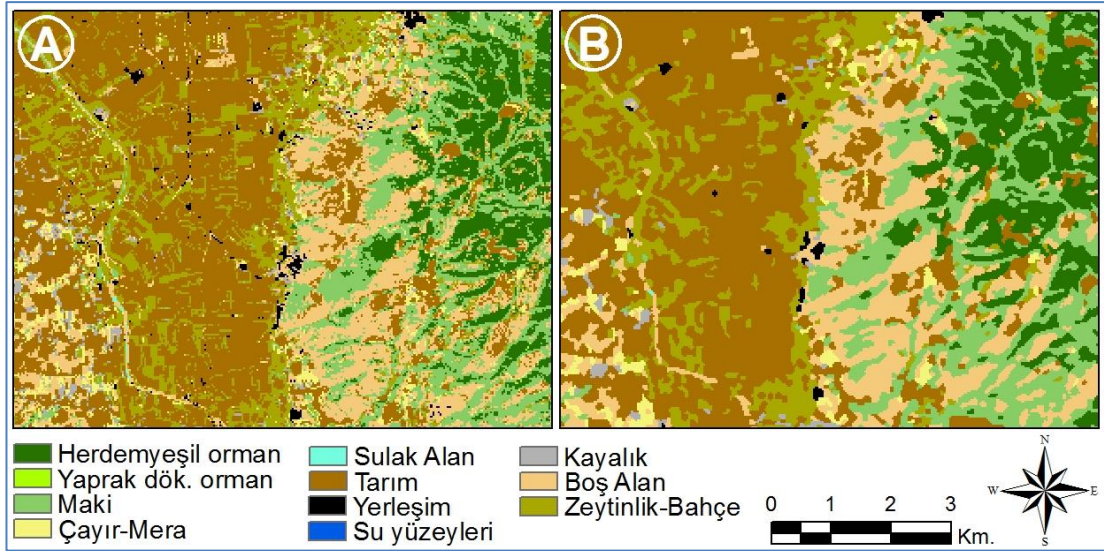
Çalışmada AKAÖ verisinin girdi olarak kullanılacağı konular göz önüne alınarak verinin içeriğini oluşturacak sınıflar belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Çok zamanlı sınıflamada, aynı alanda bir sezonda farklı zamanlarda farklı tarım uygulamalarının yapıyor olması nedeniyle tarım alanları erken ve geç ekim yapılma durumuna göre birincil ve ikincil tarım olanları olarak iki farklı sınıfta sınıflanmıştır. Daha sonra bu iki sınıf birleştirilerek tarım sınıfı oluşturulmuştur. BMH'nın sahip olduğu yüzölçümü ve çalışma süreci göz önüne alındığında referans veri üretilmesi için çok

kaynaklı örnekleme yapılması daha uygun bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Bu kapsamda dört farklı kaynak; (i) LANDSAT görüntüleri, (ii) 1/25.000 meşcere haritası, (iii) Google Earth ve (iv) NDVI görüntüleri değerlendirilerek hem geçmiş hem de güncel sınıflama için referans veri seti oluşturulmuştur. Üretilen referans veri setlerinin çerçeveler ve geçmiş güncel sınıflamalar bazında her sınıf için adet ve piksel sayısı Çizelge 4.3'de verilmiştir.

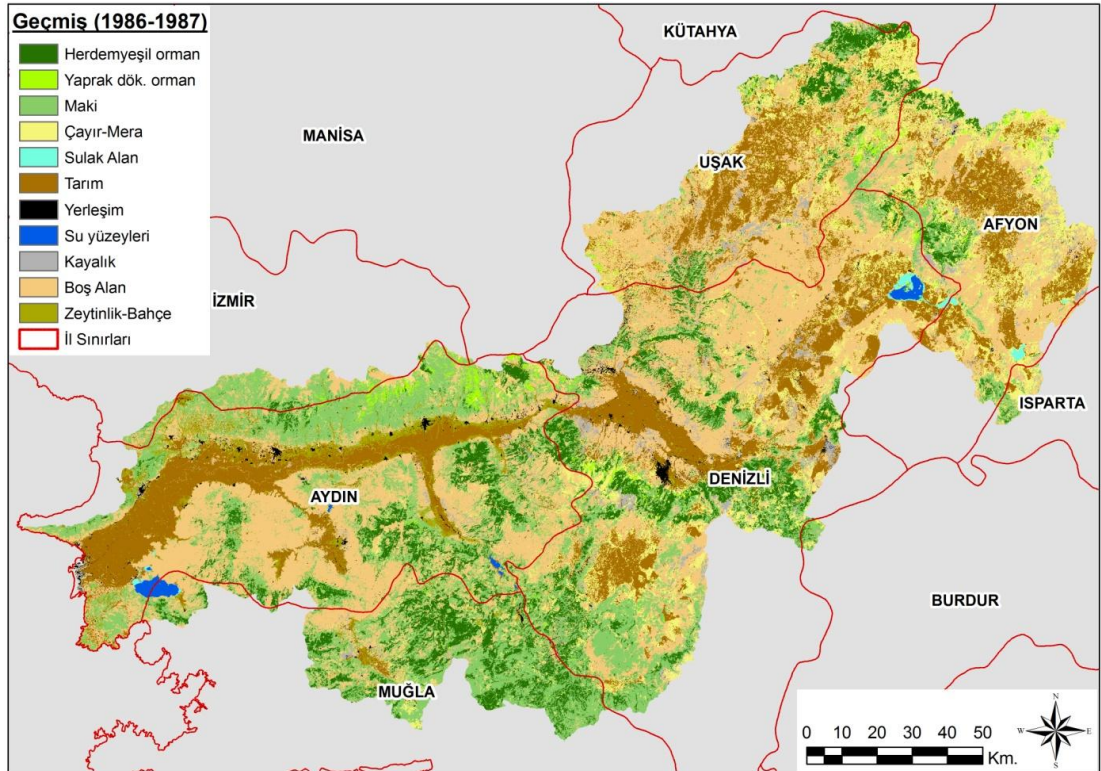
Çizelge 4.3 : Referans verileri istatistikleri.

SINIFLAR	179/33-34				180/34			
	Geçmiş		Güncel		Geçmiş		Güncel	
	Adet	Piksel	Adet	Piksel	Adet	Piksel	Adet	Piksel
Herdemyesil Or.	24	4721	16	4094	20	8559	23	4448
Yaprak dökken Or.	17	4707	22	1797	19	5050	19	3636
Maki	8	1820	15	1824	13	1712	17	1309
Çayır-Mera	18	1232	10	409	12	920	13	580
Sulak alan	5	446	5	794	7	395	5	123
Tarım (birincil)	29	17746	17	1998	29	6934	30	4666
Tarım (ikincil)	27	7230	16	9288	23	10406	30	10473
Yerleşim	3	235	3	250	8	377	8	377
Su yüzeyleri	7	6218	5	7747	6	41904	6	41904
Kayalık alan	9	494	9	382	5	203	8	223
Boş alan	20	4644	16	3811	20	13457	26	5105
Zeytinlik-Bahçeler	13	409	15	425	27	1566	11	302
Toplam	180	49902	149	32819	189	91483	196	73146

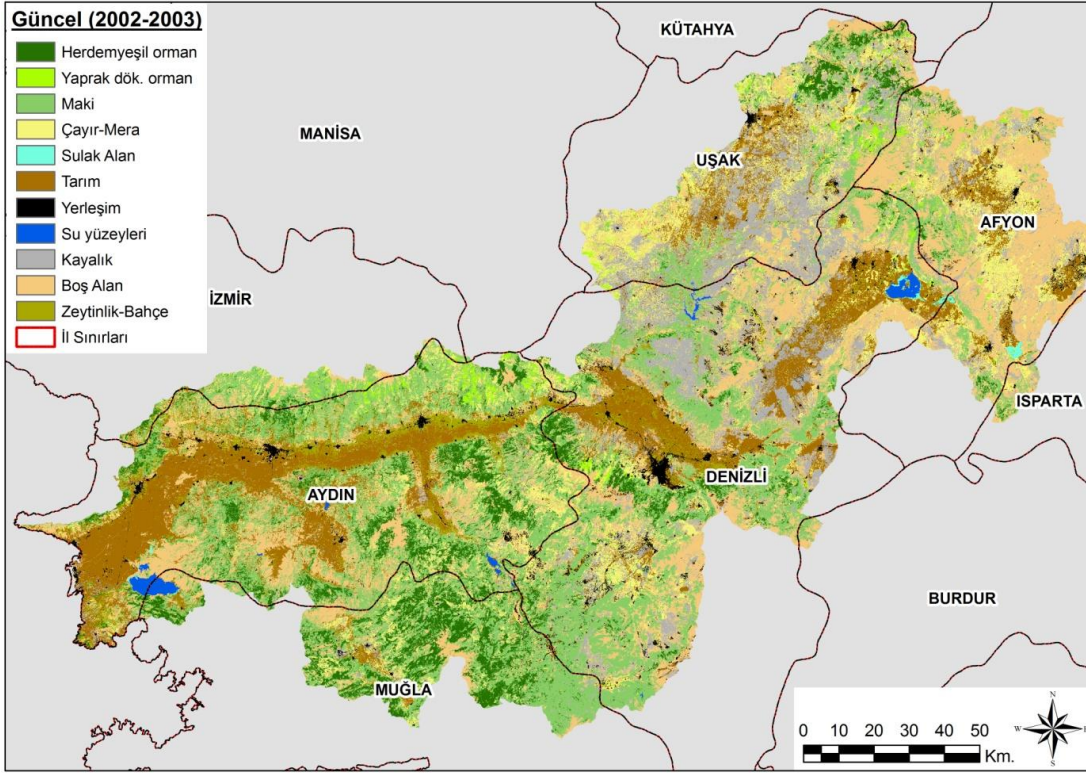
LANDSAT uydu görüntülerinin ve referans verilerin hazır hale getirilmesiyle sınıflama işlemi için maksimum olabilirlik yöntemi uygulanmıştır. Geçmiş ve güncel sınıflamalar, hazırlanan referans veri setlerinin rastgele seçilen %20'si doğruluk için ayrılarak %80'i kullanılarak, uydu görüntüleri üzerinden maksimum olabilirlik yöntemi ile ENVI programı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Hem geçmiş hem de güncel sınıflaması için 179/33 ve 178/34 çerçeveleri bir arada 180/34 çerçevesi ise ayrı olarak sınıflanmış ve daha sonra mozaik işlemleri ile birleştirilmişlerdir. Sınıflama sonrası elde edilen ilk sonuçlar, homojenliği bozan küçük sınıf alanlarının giderilmesi için; üç pikselden küçük alanların komşusu olan en büyük alana sahip sınıfa birleştirilerek elenmesi ve 5x5 kernel uygulanmasıyla keskin sınırların giderilmesi işlemleriyle (Şekil 4.2) düzenlenmiş ve AKAÖ sınıflama kesin sonuçları üretilmiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.).



Şekil 4.2 : Pikel eleme ve kernel uygulaması örneği; A) Sınıflama orijinal sonucu, B) Eleme ve kernel uygulanmış sınıflama sonucu.



Şekil 4.3 : Geçmiş sınıflama görüntüsü.



Şekil 4.4 : Güncel sınıflama görüntüsü.

Elde edilen AÖAK sınıflama görüntüleri değerlendirildiğinde geçmişte çalışma alanında en hakim arazi örtüsünün %34 oran ile boş alan sınıfına ait olduğu görülmektedir. Geçmiş AÖAK sınıflamasında en fazla yayılımı boş alandan sonra maki, tarım ve çayır-mera sınıfları göstermektedir. Güncel sınıflama sonuçları göz önüne alındığında en yaygın sınıfın %26 ile maki olduğu, hemen arkasından %23 oranıyla boş alanlar ve %14 ile tarım alanları gelmektedir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Geçmiş ve Güncel AÖAK sınıflaması alansal dağılımı.

SINIFLAR	Geçmiş (1986-1987)		Güncel (2002-2003)		Geçmiş-Güncel Fark (%)
	Alan (km ²)	Alan (%)	Alan (km ²)	Alan (%)	
Boş alan	8776,57	33,91	6044,70	23,36	-33,97
Kayalık alan	615,21	2,38	2899,62	11,20	28,41
Maki	5373,94	20,77	6611,47	25,55	15,39
Tarım	4397,65	16,99	3746,55	14,48	-8,10
Herdemyesil orman	2338,82	9,04	1866,40	7,21	-5,87
Yerleşim	209,23	0,81	479,82	1,85	3,37
Zeytinlik-Bahçeler	588,62	2,27	750,53	2,90	2,01
Çayır-Mera	3176,62	12,28	3022,83	11,68	-1,91
Yaprak dökten orman	259,02	1,00	295,15	1,14	0,45
Su yüzeyleri	92,48	0,36	122,43	0,47	0,37
Sulak alan	50,50	0,20	38,92	0,15	-0,14
TOPLAM	25878,65	100,00	25878,41	100,00	0,00

Geçmiş ve güncel sınıflama sonuçları birlikte değerlendirildiğinde geçmişte en hakim arazi örtüsünün olan boş alanın güncel sınıflamada %34 azaldığı ve maki alanlarının %15 artarak güncel sınıflamada hakim sınıf olduğu görülmektedir. Çalışma alanında en fazla alansal değişimin ise boş alan sınıfında olduğu görülmektedir. En fazla alansal değişim gösteren diğer sınıflar ise kayalık alanlar ve maki sınıflarıdır ve bu sınıflardaki değişim artış yönündedir. Tarım ve herdem yeşil ormanlar ise değişimin azalma olarak ortaya çıktığı diğer sınıflardır.

Geçmiş ve güncel sınıflama sonuçları, eğitim veri setinden ayrılan rastgele seçilmiş %20'lik bölüm kullanılarak kappa indeksi yöntemi ile doğruluk analizi yapılmıştır. Bu kapsamda; -1 hiç uyum yok, 1 ise tam uyumlu olma durumunu ifade edecek şekilde bu rakamlar arasında değerler alan Kappa indeksi, BMH güncel sınıflaması için 0,68 ve geçmiş sınıflaması için 0,62 değerlerini almıştır. Literatürdeki benzer çalışmalar göz önüne alındığında her iki kappa değeri de kabul edilebilir sınırlar dahilinde yer almıştır. Kappa indeksi doğruluk analizi ile genel sınıflama doğruluk değerlerine ek olarak her sınıf için de birer değer üretilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 : AÖAK sınıflamaları doğruluk değerleri (Kappa indeksi).

SINIFLAR	Sınıflama Doğruluk (Kappa Değeri)	
	Geçmiş	Güncel
Herdemyesil Orman	0,71	0,89
Yaprak döken Orman	0,49	0,55
Maki	0,73	0,63
Çayır-Mera	0,58	0,65
Sulak alan	0,88	0,92
Tarım (birincil)	0,74	0,82
Tarım (ikincil)	0,74	0,89
Yerleşim	0,80	0,90
Su yüzeyleri	0,94	0,98
Kayalık alan	0,40	0,43
Boş alan	0,67	0,81
Zeytinlik-Bahçeler	0,53	0,46

Sınıflama sonucunda elde edilen geçmiş ve güncel arazi örtüsü tahmin sınıfları doğrulukları, kappa indeksine göre değerlendirildiğinde; su yüzeyleri geçmiş sınıflamasında 0,94 ve güncel sınıflamasında 0,98 kappa değerleri ile en yüksek doğrulukla tahmin edilen sınıflar olmuştur. Yüksek tahmin doğruluğunda her iki dönem sınıflamasında da su yüzeylerini sulak alanlar ve yerleşim sınıfları takip

etmektedir. En düşük doğruluk oranları ise kayalık alan, yaprak döken orman ve zeytinlik-Bahçeler sınıflarında örülmüştür.

4.2 NDVI

Uydu görüntüsünün kırmızı bandının yakın kızıl ötesi bandtan çıkarılması ile kırmızı bandın yakın kızıl ötesi ile toplanmasının birbirine oranı ile hesaplanabilen NDVI çalışma kapsamında LANDSAT uydu görüntülerinden üretilmiştir. LANDSAT görüntüsünde kırmızı ve kızıl ötesi bandları band 3 ve band 4 temsil etmektedir. Bu nedenle, NDVI verisi LANDSAT için Denklem 4.1'deki formülle hesaplanmaktadır.

$$NDVI = (Band\ 4 - Band\ 3) / (Band\ 4 + Band\ 3) \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'deki eşitlik kullanılarak NDVI verisi, beş farklı döneme ait Çizelge 4.6'da tarihleri verilen LANDSAT TM ve ETM uydu görüntüleri kapsamında her farklı dönem için hesaplanmış ve görüntülerin genel ortalaması alınarak üretilmiştir.

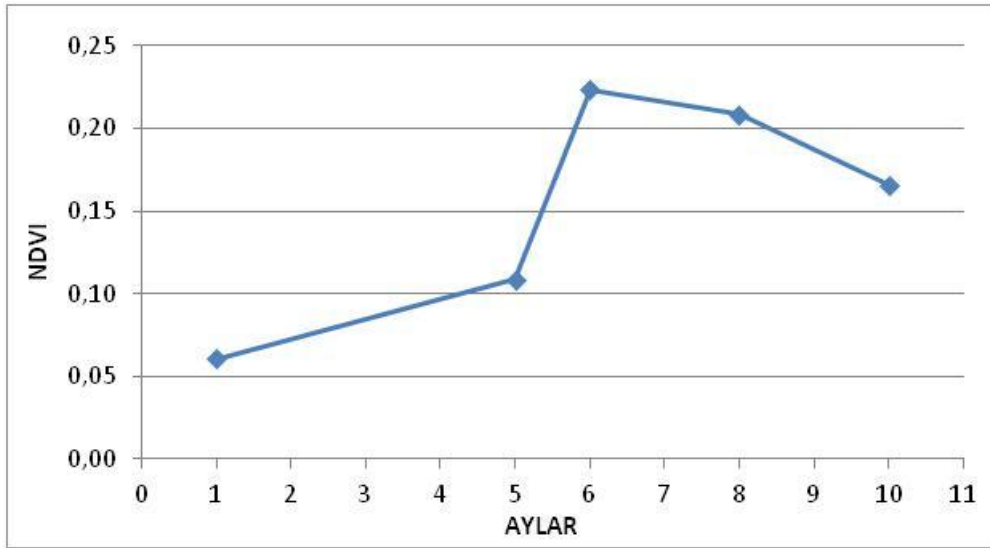
Çizelge 4.6 : NDVI üretilen LANDSAT görüntüsü tarihleri.

Dönem	179/33	179/34	180/34
1	2002/02/07	2002/02/07	2003/01/16
2	2003/05/01	2003/05/01	2003/05/08
3	2002/06/07	2002/06/07	2002/06/14
4	2003/08/13	2003/08/13	2003/07/19
5	2003/10/16	2003/10/16	2003/10/07

Özellikle vejetasyonun bir yıl içinde değişim gösterdiği farklı dönemleri ifade eden tarihlerdeki NDVI görüntülerinin çalışma alanı kapsamında almış oldukları değerler Çizelge 4.7'de verilmiştir. Kış mevsimine ait bilgi veren birinci dönem görüntü en düşük NDVI değer ortalamasına sahiptir. Özellikle tarım faaliyetler sonucunda ürünlerin büyümeye başladığı zamanlara denk gelen mayıs, haziran ve ağustos dönemleri ise yüksek NDVI değerleri vermektedir (Şekil 4.5). Bu dönemler arasında en yüksek NDVI değeri tarım alanlarının kullanımının maksimuma ulaştığı haziran dönemine aittir. Haziran döneminde değerlerin maksimuma ulaşması, tarım alanlarına benzer şekilde alanda az da olsa yaprak döken bitki örtüsünde vejetatif aktivitenin en yüksek seviyesine bu dönemde ulaşmasındandır.

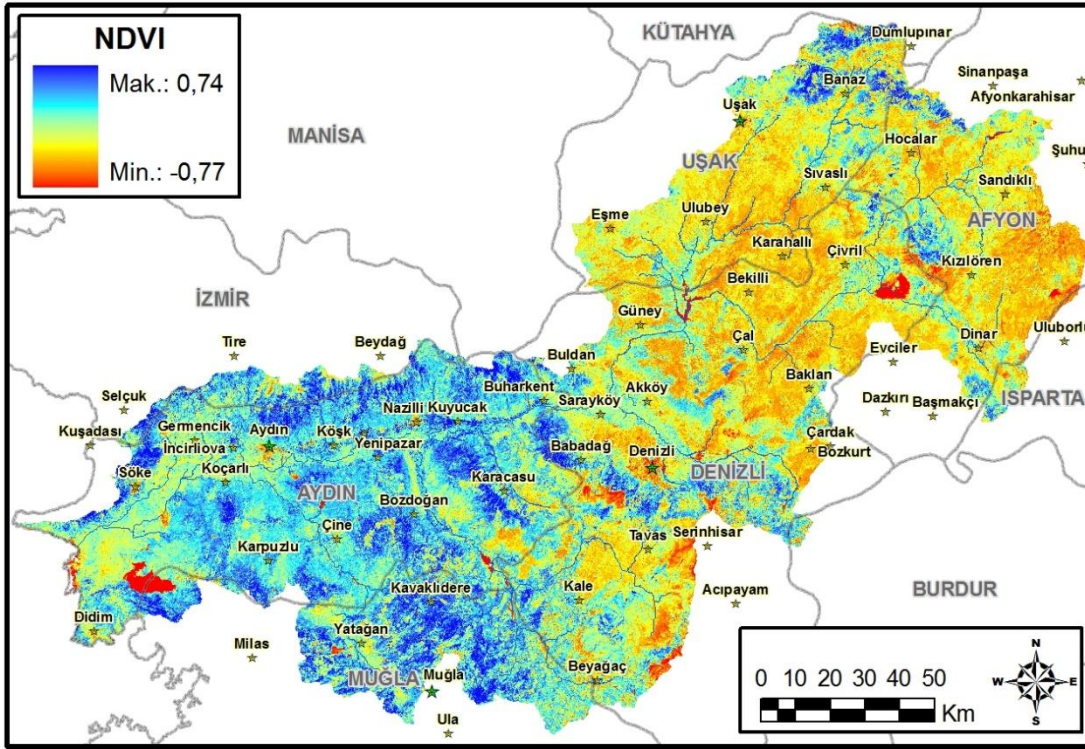
Çizelge 4.7 : NDVI dönemleri temel istatistikleri.

Dönem	Ay	Temel İstatistikler			
		Ortalama	Minimum	Maksimum	Std. Sapma
1	Ocak-Şubat	0,0608	-0,5802	0,6216	0,1356
2	Mayıs	0,1089	-0,6947	0,7143	0,1204
3	Haziran	0,2235	-0,9922	0,8214	0,1177
4	Ağustos	0,2084	-0,9815	0,7907	0,1508
5	Ekim	0,1661	-0,5882	0,7568	0,1279
Ortalama		0,1536	-0,7674	0,7410	0,1305



Şekil 4.5 : Ortalama NDVI değerleri dönemsel değişimi.

Bir sezon göz önüne alınarak beş farklı dönem için üretilen NDVI görüntülerinin ortalaması alınarak BMH için yıllık ortalama NDVI görüntüsü üretilmiştir (Şekil 4.6). Çalışma alanı dahilinde yıllık ortalama NDVI en yüksek 0,74 ve en düşük -0,77 olmak üzere ortalama 0,15 değerini almaktadır.

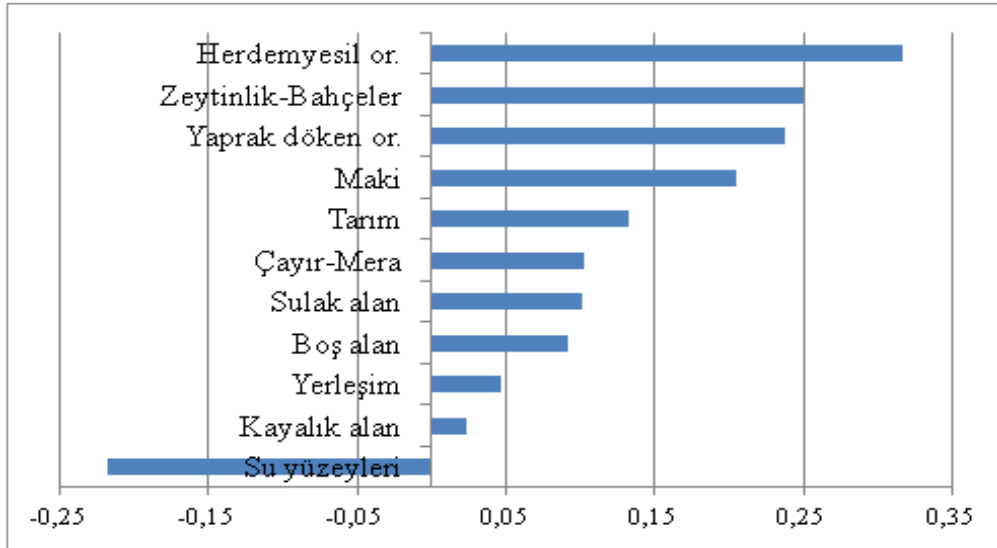


Şekil 4.6 : Yıllık ortalama NDVI görüntüsü.

Çalışma alanı dahilinde NDVI değerleri AKAÖ sınıfları bazında değerlendirildiğinde en yüksek ortalama değere herdemyeşil ormanların sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.7). Bu sınıfın hemen arkasından birbirlerine yakın değerler ile zeytinlik-bahçeler, yaprak döken ormanlar ve maki sınıfı NDVI değerlerinde üst sıralarda yer almaktadırlar. En düşük NDVI değeri su yüzeylerinde tespit edilirken kayalık, yerleşim ve boş alan sınıfları, sıfır değerinin hemen üstünde yer alarak alandaki en düşük NDVI değerlerini ortaya koymuşlardır.

Çizelge 4.8 : AKAÖ sınıflarına göre NDVI değeri istatistikleri.

SINIFLAR	ALAN (km ²)	NDVI Değerleri			
		Ortalama	Min.	Maks.	Std. Sapma
Herdemyeşil or.	2675	0,32	-0,20	0,74	0,06
Zeytinlik-Bahçeler	1139	0,25	-0,18	0,59	0,09
Yaprak döken or.	448	0,24	-0,14	0,49	0,08
Maki	4363	0,20	-0,34	0,57	0,08
Tarım	3681	0,13	-0,39	0,55	0,08
Çayır-Mera	2876	0,10	-0,33	0,53	0,07
Sulak alan	37	0,10	-0,27	0,44	0,11
Boş alan	9801	0,09	-0,45	0,51	0,08
Yerleşim	516	0,05	-0,36	0,56	0,08
Kayalık alan	201	0,02	-0,46	0,47	0,05
Su yüzeyleri	122	-0,22	-0,77	0,27	0,06



Şekil 4.7 : AKAÖ sınıflarına göre ortalama NDVI grafiği.

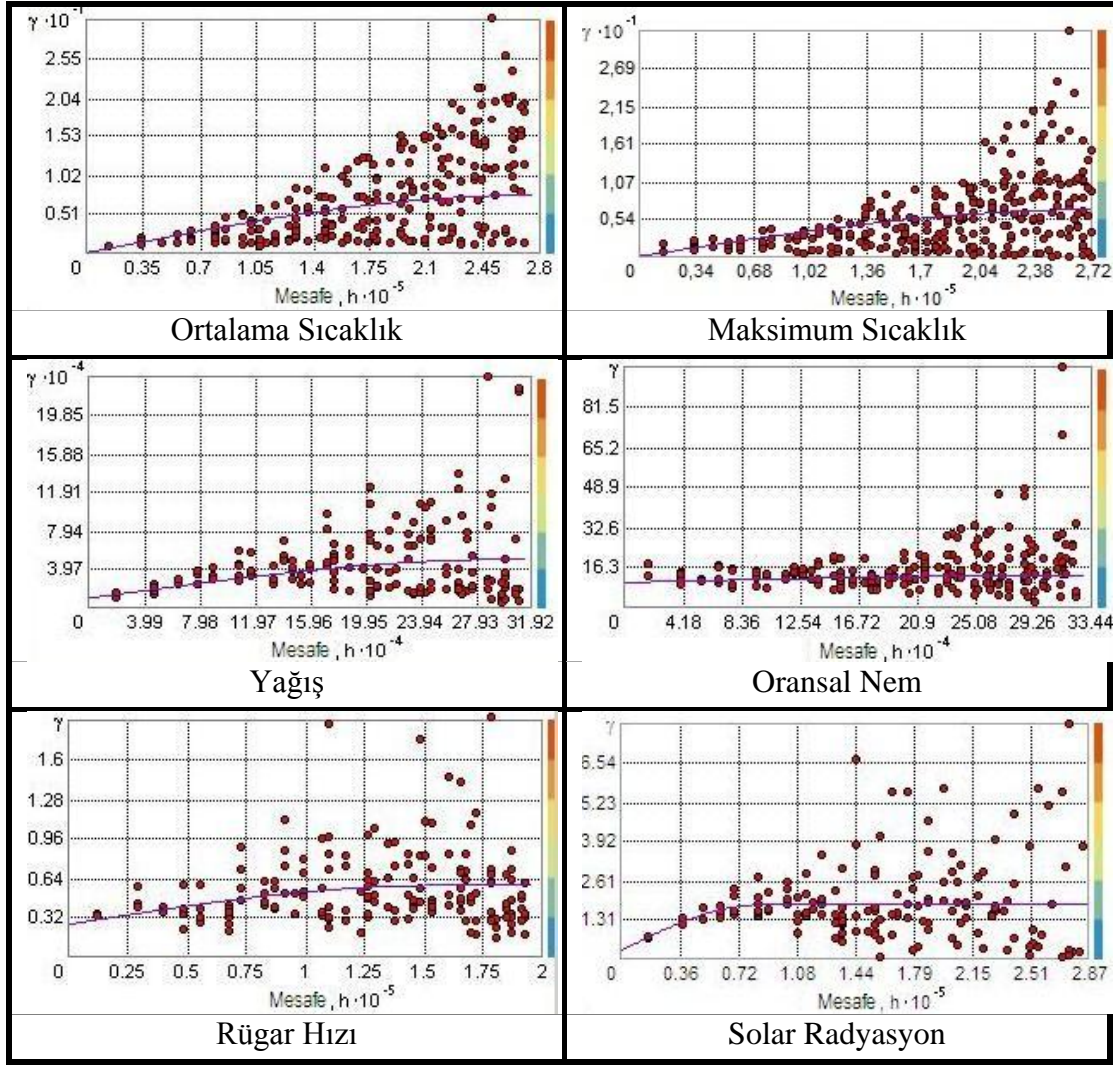
4.3 İklim

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen BMH'sı ve çevresi uygun koşulları taşıyan 47 iklim gözlem istasyonuna ait 2000 ile 2010 yılları arası günlük ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, yağış, oransal nem ve rüzgar hızı radyasyon verileri CBS ortamında kullanılabilir hale getirilmek üzere interpolasyon işlemleri yapılmıştır. Solar radyasyon verisi ise NASA kaynaklarından temin edilmiş ve yine interpolasyon yöntemleri ise daha yüksek çözünürlüklü hale getirilmiştir.

Meteorolojik verilerin interpolasyonunda en yaygın kullanım alanına sahip olan kriging ve co-kriging yöntemleri verinin yapısına bağlı olarak seçilmiştir. Kriging yaklaşımı rüzgar hızı ve solar radyasyonun; co-kriging ise yükseklik yardımıyla ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, yağış ve oransal nemin interpolasyonunda kullanılmıştır. Yıllık ortalama olarak, ordinary kriging ve co-kriging yaklaşımları dahilinde küresel semi-variogram modeli uygulanarak LANDSAT çözünürlüğü olan 30m çözünürlükte üretilen iklim verilerin interpolasyonlarına ait parametreler Çizelge 4.9'da ve semi-variogramları ise Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.9 : İklim verileri kriging ve co-kriging uygulama parametreleri.

İKLİM VERİLERİ	Nugget	Range	Lag	Lag sayısı	Sill
Ort. Sıcaklık	0,00	272625	20000	12	7,51
Maks. Sıcaklık	0,07	271246	20896	13	6,65
Yağış	9417,80	305627	31559	10	40309
Oransal nem	10,01	325965	27500	12	2,80
Rüzgar hızı	0,26	154359	19600	10	0,32
Solar Radyasyon	0,27	84744	23933	12	1,53



Şekil 4.8 : İklim verileri kriging ve co-kriging semi-variogramları.

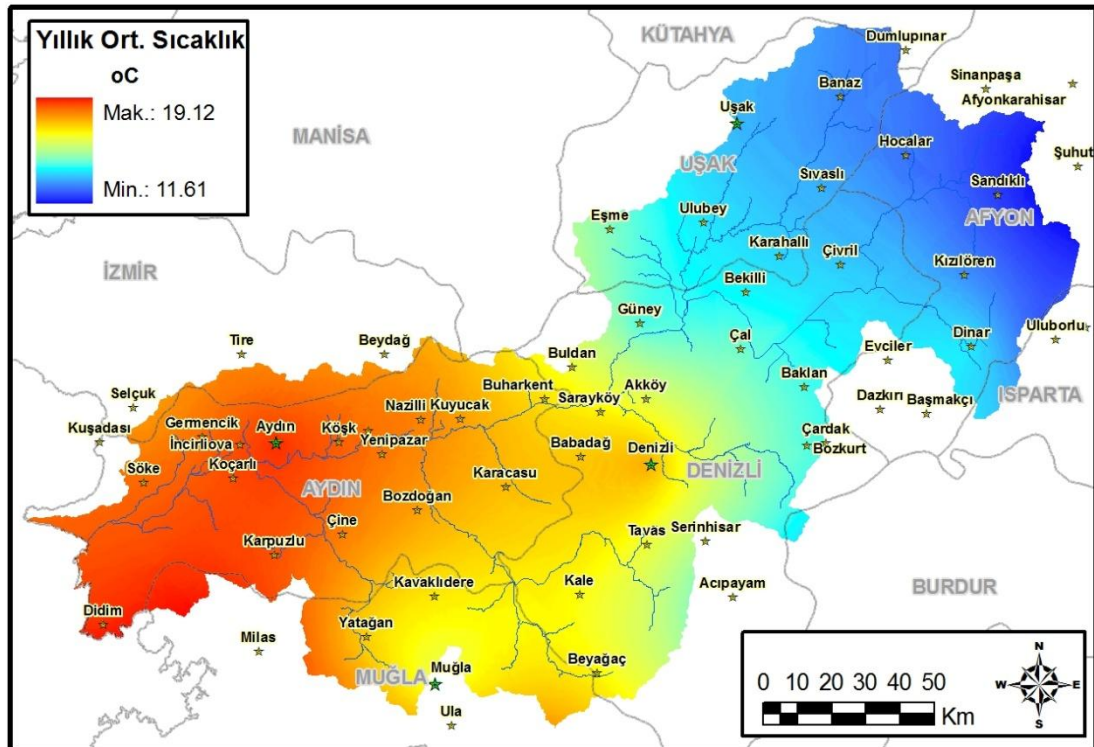
Ordinary kriging küresel semivariogram modeli parametreleri, farklı değerlerde denemeler yapılarak her iklim verisi için en düşük hata istatistiği veren Çizelge 4.9'daki parametreler elde edilmiştir. Elde edilen bu parametreler kapsamında ulaşılan hata istatistikleri ise Çizelge 4.10'da verilmektedir. Modelde tahmin işlemi için kullanılan nokta verilerinin her biri sırayla göz ardı edilerek modelin çalıştırılması ve göz ardı edilen o nokta için üretilen tahmin ve gerçek değer arasındaki etkileşime bakarak üretilen bu hata istatistiklerinden hatanın ortalaması ve ortalama standart sapması direk verinin almış olduğu özgün değerlere bağlı olarak oluşmaktadır. Fakat standardize ortalama ve standardize kök ortalamanın karesi hata istatistikleri standardize edilmiş olması nedeniyle diğer modellerle karşılaştırmada kullanılabilir. Standardize ortalama; sıfıra, standardize kök ortalama karesi ise bire ne kadar yakın olursa model o kadar başarılı olmuştur. Bu kapsamda burada değerlendirilen iklim veri karakterleri birbirleriyle ne kadar farklı olsa da

interpolasyonları arasında bir karşılaştırma yapıldığında en başarılı modelin rüzgar hızı ve oransal nem verisine ait olduğu görülmektedir. Solar radyasyon modeli istatistikleri, verinin aslının diğerlerinden farklı bir kaynaktan gelmesi nedeniyle bu karşılaştırma dışında tutulmuştur.

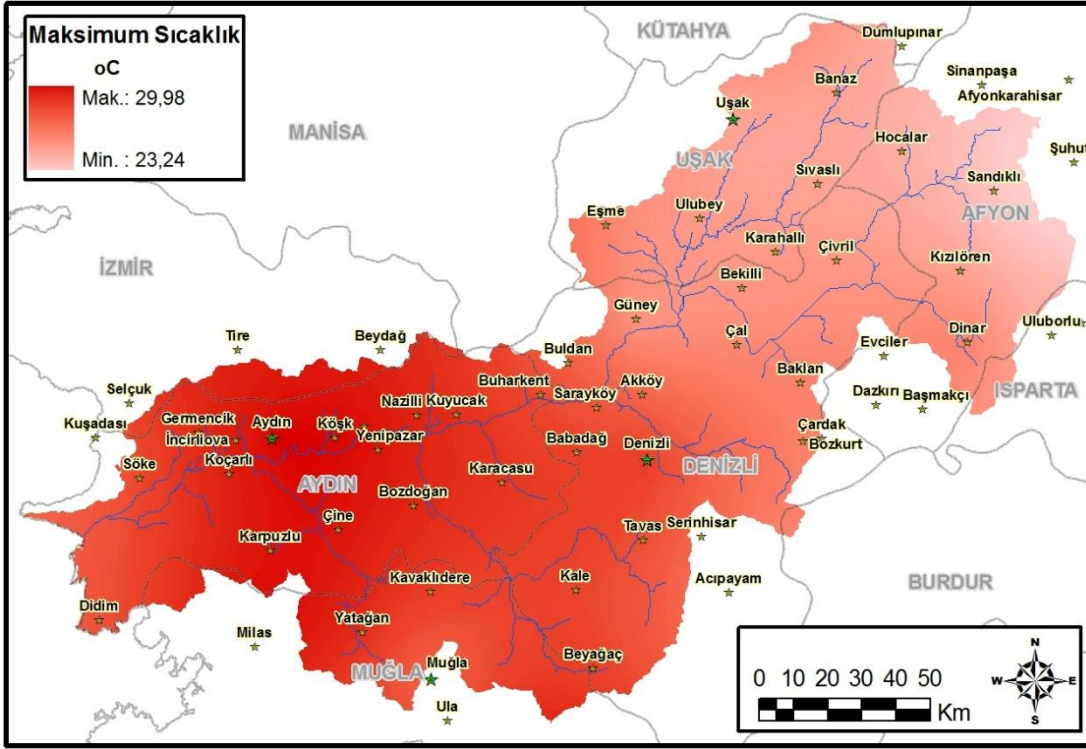
Çizelge 4.10 : İklim verileri kriging ve co-kriging hata istatistikleri.

İKLİM VERİLERİ Yıllık Ortalama (2000-2010)	Kriging ve Co-kriging Hata İstatistikleri			
	Ortalama	Ortalama Std. Sapma	Standardize Ortalama	Standardize Kök Ort. Karesi
Ort. Sıcaklık	0.0225	1.2000	0.0089	0.8708
Maks. Sıcaklık	0.0673	1.1710	0.0373	1.1360
Yağış	2.8110	137.9000	0.0096	0.8142
Oransal nem	0.0201	3.4020	0.0042	1.0850
Rüzgar hızı	-0.0163	0.6601	-0.0180	1.0580
Solar Radyasyon	-0.0001	0.5384	-0.0001	0.3230

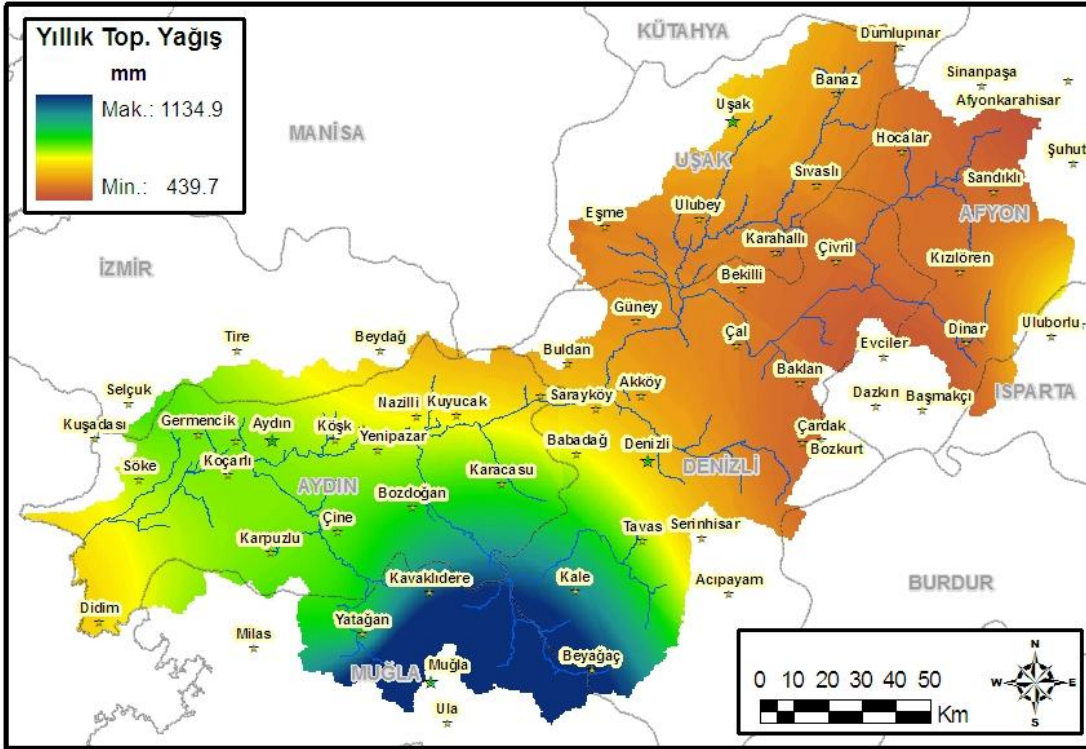
İklim verileri interpolasyonları için belirlenen uygun modeller ile her iklim verisinin çalışma alanı dahilinde yüzey görüntüleri üretilmiştir (Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14).



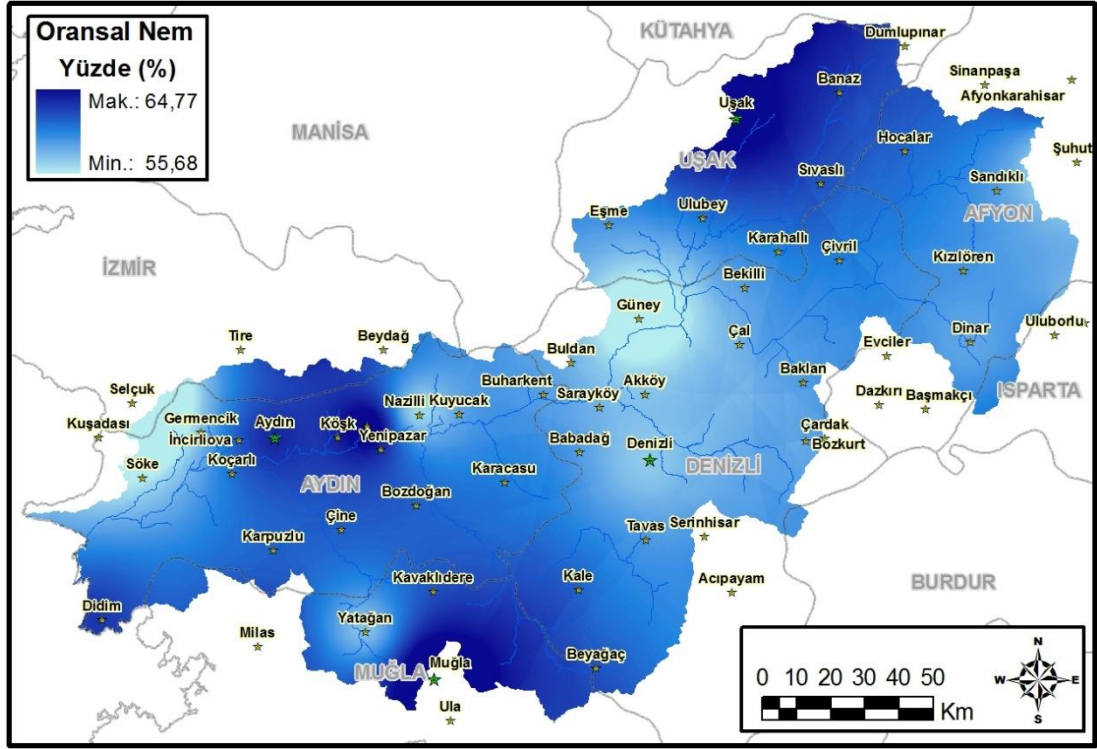
Şekil 4.9 : BMH yıllık ortalama sıcaklık (2000-2010).



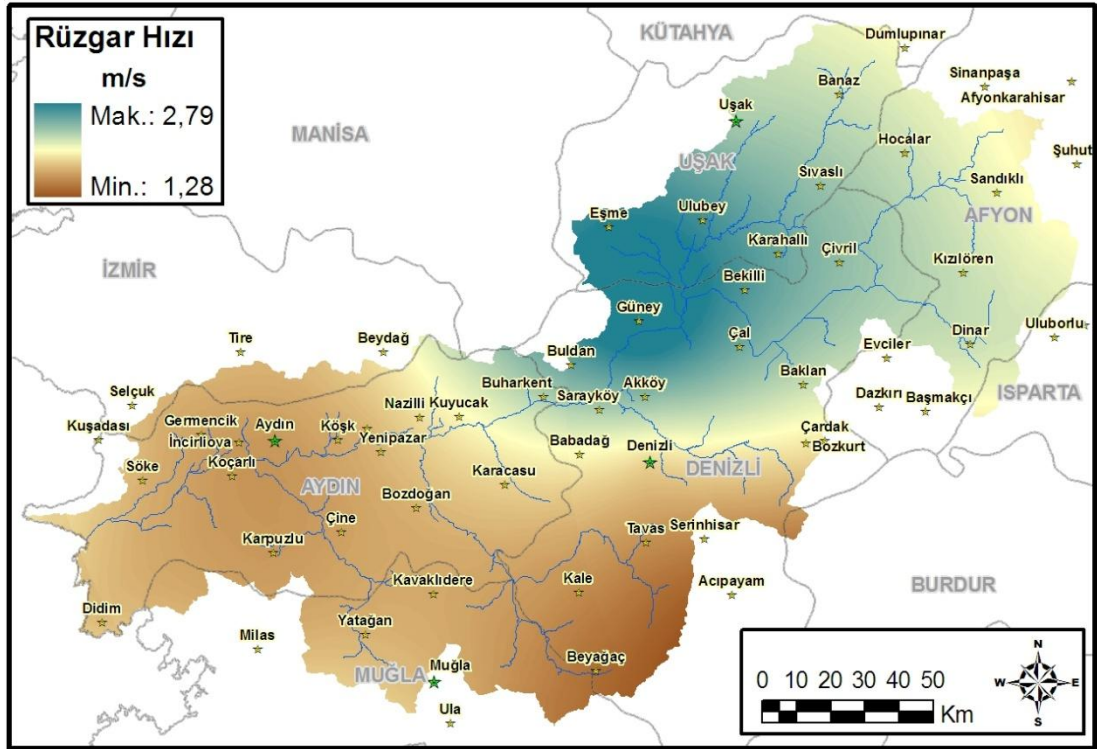
Şekil 4.10 : BMH yıllık maksimum sıcaklık (2000-2010).



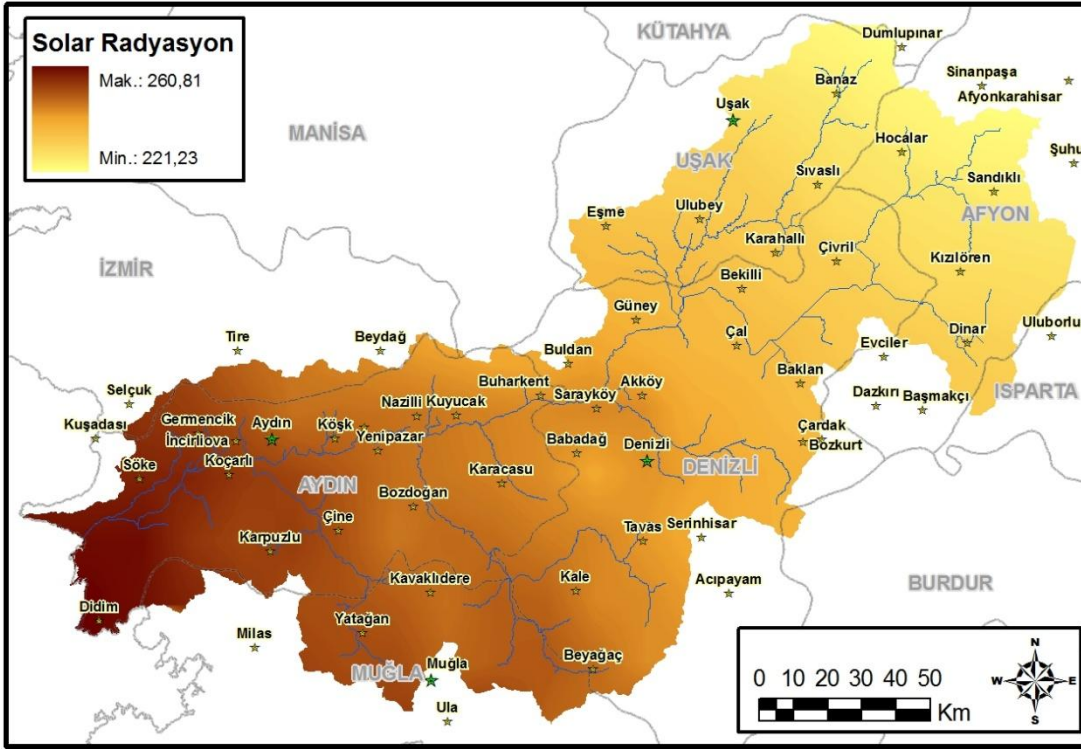
Şekil 4.11 : BMH ortalama yıllık toplam yağış (2000-2010).



Şekil 4.12 : BMH yıllık ortalama oransal nem (2000-2010).



Şekil 4.13 : BMH yıllık ortalama rüzgar hızı (2000-2010).



Şekil 4.14 : BMH yıllık ortalama solar radyasyon (2000-2010).

iklim verilerinin BMH sınırları dahilinde interpolasyonu sonucunda tüm alan için elde edilen verilerin ortaya koyduğu temel istatistikler her iklim verisi için Çizelge 4.11'de verilmiştir. BMH'da ortalama sıcaklık en düşük $11,6^{\circ}\text{C}$, en yüksek $19,1^{\circ}\text{C}$ olmak üzere ortalama $15,8^{\circ}\text{C}$ olarak gözlemlenmektedir. Alanda ortalama sıcaklık, deniz kıyısından uzaklaştıkça ve de yükseklik ve enlem arttıkça düşmektedir (Şekil 4.9). Benzer durum maksimum sıcaklık verisinde de gözlenmekte olup (Şekil 4.10) alanda maksimum sıcaklık yıllık ortalama olarak en fazla 30°C 'ye kadar yükselerek tüm alanda ortalama $27,3^{\circ}\text{C}$ olmaktadır.

Çizelge 4.11 : BMH iklim verileri temel istatistikleri.

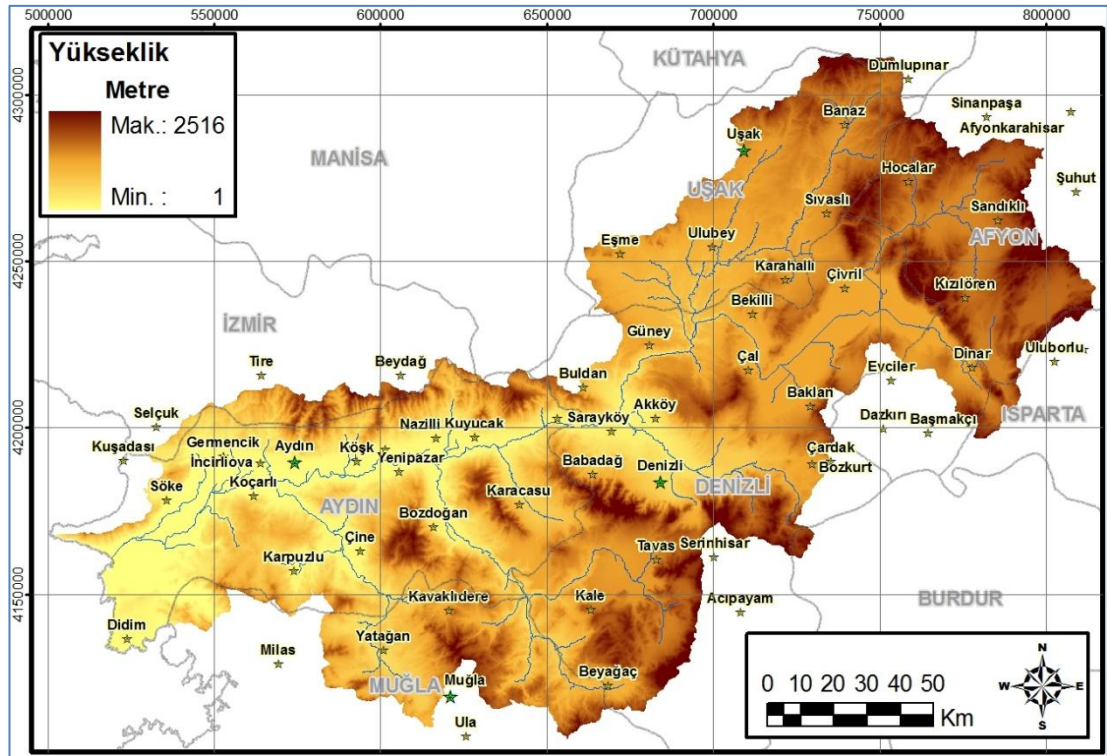
İklim Verileri	Birim	Ortalama	Min.	Maks.	Std. Sapma
Ort. Sıcaklık	$^{\circ}\text{C}$	15,78	11,61	19,12	2,12
Maks. Sıcaklık	$^{\circ}\text{C}$	27,28	23,24	29,98	1,86
Yağış	mm	607,10	439,66	1134,87	131,73
Oransal nem	yüzde	61,16	55,68	64,77	1,07
Rüzgar hızı	m/sn	1,90	1,29	2,79	0,33
Sol. Radyasyon	kJ	241,11	221,24	260,81	9,79

Toplam yağış yıl içinde BMH için ortalama 607,1 mm seviyesine en düşük 439,6 mm ve en yüksek 1134,9 mm yağış görülen konumlarla ulaşmaktadır. Yıllık toplam yağışın özellikle alanın güneyine doğru arttığı görülmektedir (Şekil 4.11). Alandaki

oransal nem yıl içerisinde %56-65 bandında değişim göstermekte ve yıllık ortalama olarak %61,2 seviyelerine kadar ulaşmaktadır (Şekil 4.12). Rüzgar hızı BMH göz önüne alındığında 1,29 ile 2,79 m/sn değerleri aralığında tüm alan ortalaması olarak 1,9 m/sn yıllık ortalama alanda gözlemlenebilmektedir. BMH'nda rüzgar hızı, en yüksek değerlerine alanın üst bölgelerinde özellikle de üst kuzey batı bölgesinde ulaşmaktadır (Şekil 4.13). Solar radyasyon verisi bazında alanda yıllık ortalama 241,1 kilojoule (Kj) değerleri, gözlemlenen en düşük 221,2 kJ ile en yüksek 260,8 kJ değerleriyle ortaya çıkmaktadır. Solar radyasyon verisi alanda güneyden kuzeye ve batıdan doğuya doğru azalan bir grafik izlemektedir (Şekil 4.14).

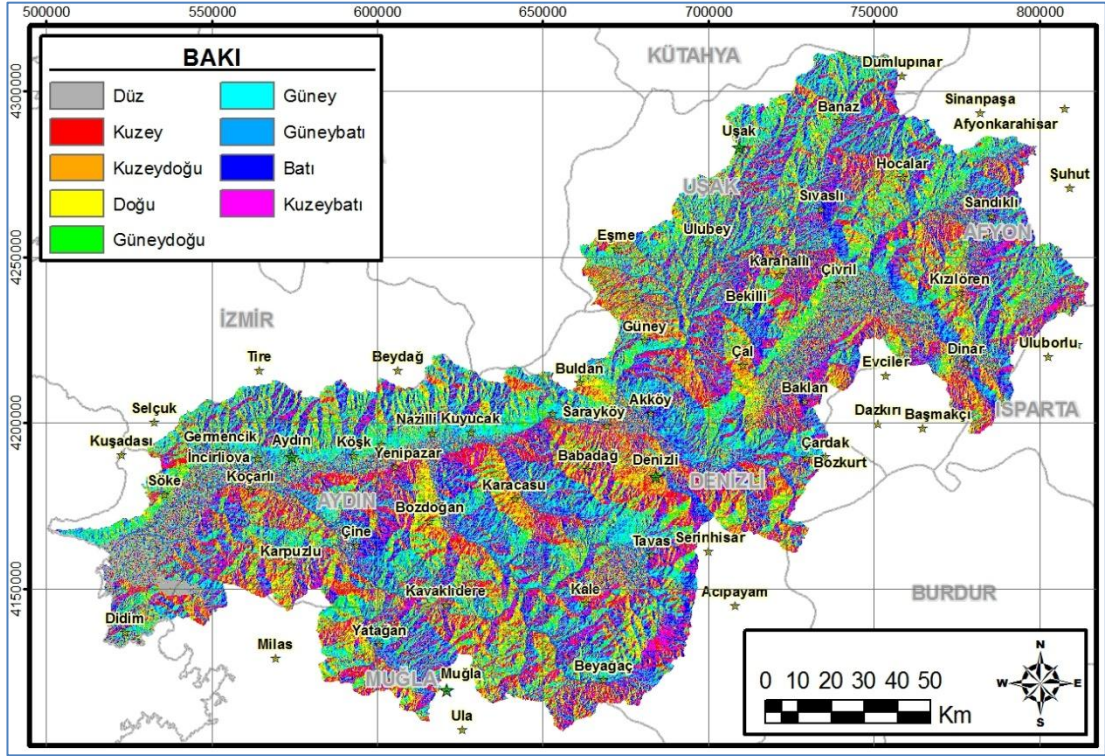
4.4 Topografya

Topografya ile ilgili yükseklik, eğim ve baki gibi faktörlerin hesaplanması için temel girdi verisi olan DEM görüntüsü için ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) görüntüsü kullanılmıştır. Bu kapsamda temin edilen 30 m çözünürlüklü geoTIFF formatında çalışma alanına denk gelen sekiz ASTER GDEM görüntüsü mozaiklenip çalışma alanı sınırları ile kesilerek BMH yükseklik görüntüsü üretilmiştir (Şekil 4.15). BMH sınırları dahilinde en yüksek nokta 2516 m yükseklikte olup alanda ortalama yükseklik 804 metre'dir.



Şekil 4.15 : BMH yükseklik görüntüsü.

Yüzey analizlerinden faydalanarak DEM görüntüsünden elde edilen BMH'na ait baki görüntüsü Şekil 4.17'de verilmiştir. Üretilen baki görüntüsüne göre havzada tüm bakıların birbirine alansal olarak yakın dağılışı gösterdiği görülmektedir. Bu rağmen doğu bakılı alanlar havzada %15'lik bir alan ile en yaygın baki yönüdür. Doğunun hemen arkasından batı ve güney bakıları gelmektedir. Çalışma alanında tam düz (eğimi sıfıra eşit olan) alanlar ise %3,6 oran ile en düşük yayılımı göstermektedir (Çizelge 4.13).



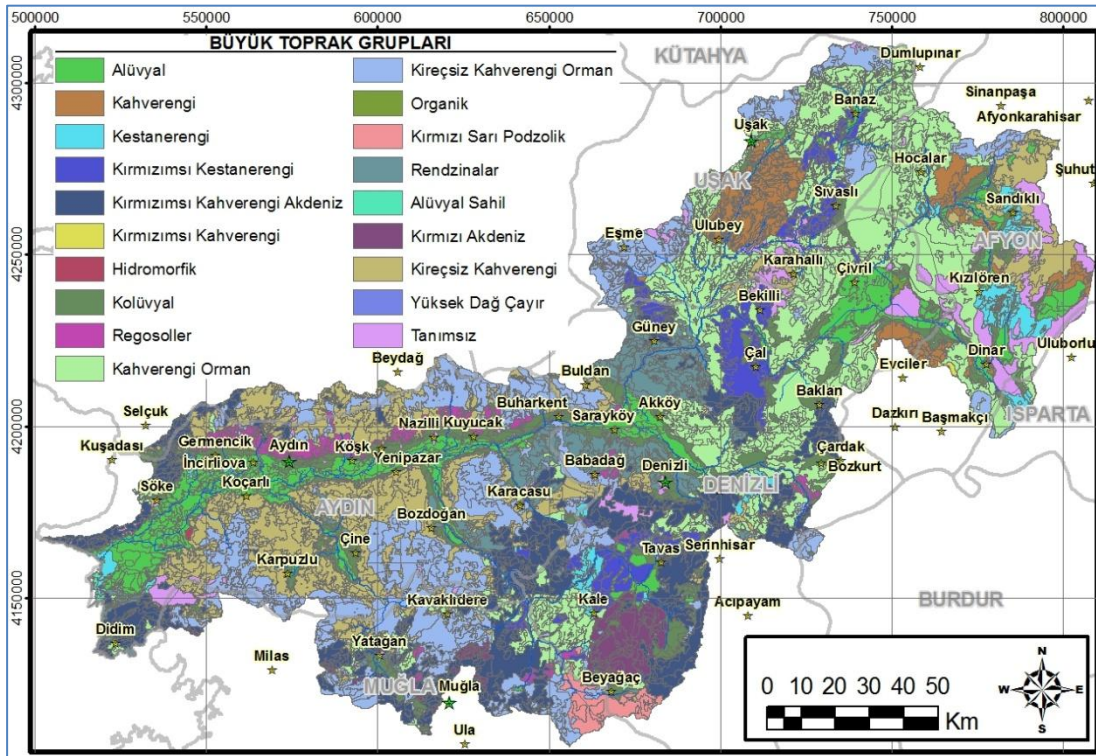
Şekil 4.17 : BMH baki durumu.

Çizelge 4.13 : BMH bakıları alansal dağılımı.

BAKI	Alan	
	km ²	Yüzde (%)
Doğu	3891,50	14,95
Batı	3708,90	14,25
Güney	3547,56	13,63
Kuzeybatı	3117,33	11,98
Güneybatı	3104,48	11,93
Kuzey	2758,90	10,60
Kuzeydoğu	2581,75	9,92
güneydoğu	2378,82	9,14
Düz	932,74	3,58

4.5 Toprak

Çalışma alanına olan BMH'na ait toprak yapısını ortaya koyan toprak haritası 1/25000 ölçekli ve sayısal vektör formatında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden temin edilmiştir. İl bazında parçalardan oluşan toprak verisi birleştirilerek tek dosyaya dönüştürülerek, çalışma alanı sınırlarına göre kesilmiş ve BMH toprak haritası elde edilmiştir. Çalışma alanı özelinde son hali verilmiş toprak haritası büyük toprak gruplarına göre Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.18 : BMH toprak haritası..

Büyük toprak gruplarının alandaki alansal dağılımı Çizelge 4.14'de rakamsal olarak ifade edilmiştir. BMH'nda tanımlanmış 19 farklı büyük toprak grubu bulunmaktadır. Bu gruplardan kahverengi orman toprağı %23,7 oranıyla havzanın dörtte birine yakın kısmını kapsamaktadır. Bu toprak grubu daha çok alanın orta kısmından başlayarak en üst kısmına kadar olan alanda sıklıkla görülmektedir. Havzadaki alansal hakimiyette bu toprak grubunu %17 oran ile kireçsiz kahverengi orman toprağı ve %13 oran ile kırmızı kahverengi orman toprağı grupları takip etmektedir. Bu toprak gruplarından kireçsiz kahverengi orman toprağı havzanın orta ve alt kısımlarında daha çok da dış sınırlarına yakın alanlarda yaygındır. Havzada en yaygın üçüncü büyük toprak grubu olan kırmızı kahverengi orman toprağı ise havzanın orta ve orta

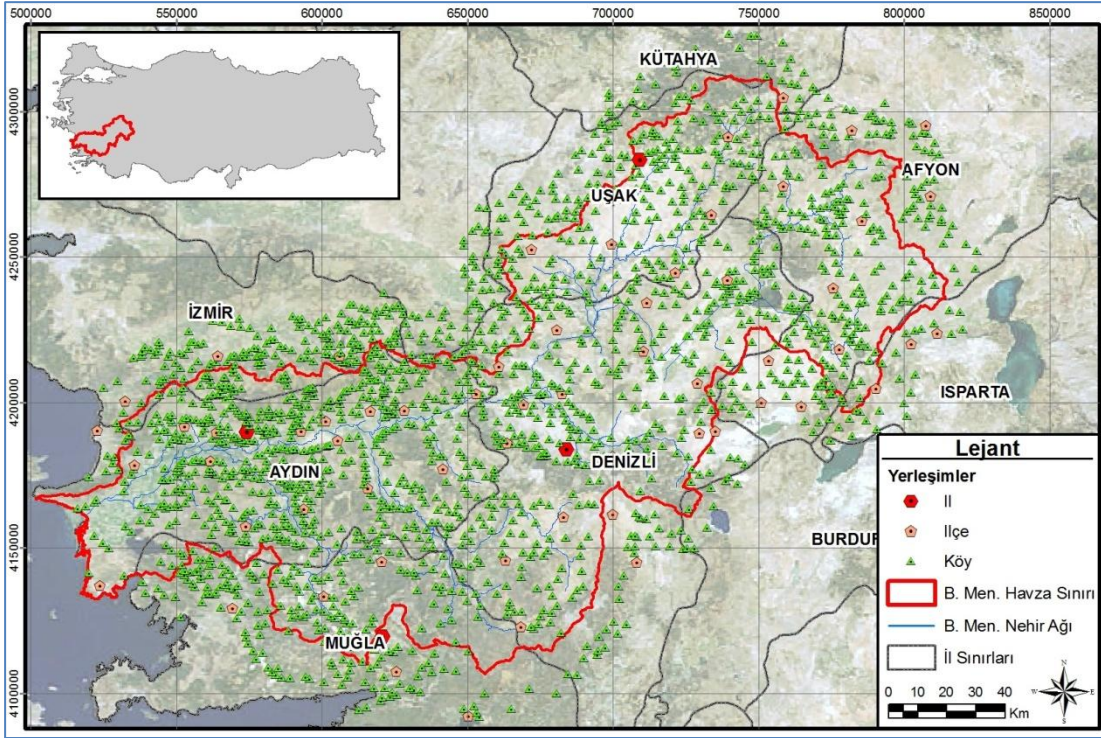
kuzey kesimlerinden başlayarak hemen kıyı yakınlarına kadar uzaman alanda görülmektedir. Diğer büyük toprak grupları ise %10'un altında alansal dağılım göstermektedirler.

Çizelge 4.14 : BMH büyük toprak grupları alansal dağılımı.

BÜYÜK TOPRAK GURUPLARI	ALAN	
	Km ²	Yüzde (%)
Kahverengi Orman Toprakları	5480,56	23,72
Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları	3868,19	16,74
Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprakları	2953,54	12,78
Alüvyal Topraklar	2215,18	9,59
Kolüvyal Topraklar	1903,25	8,24
Rendzinalar	1258,62	5,45
Tanımsız	1213,11	5,25
Kırmızımsı Kestanerengi Topraklar	1026,90	4,44
Kahverengi Topraklar	943,62	4,08
Kestanerengi Topraklar	565,15	2,45
Regosoller	483,48	2,09
Kırmızı Akdeniz Toprakları	449,25	1,94
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	449,25	1,94
Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	229,84	0,99
Alüvyal Sahil Toprakları	25,65	0,11
Organik Topraklar	20,43	0,09
Kırmızımsı Kahverengi Topraklar	8,68	0,04
Hidromorfik Topraklar	9,72	0,04
Yüksek Dağ Çayır Toprakları	0,17	0,01<

4.6 Nüfus

BMH dahilinde yer alan nüfusun, geçmiş ve güncel tarihlerde tespit edilmesi için öncelikle havza dahilinde yer alan yerleşimler merkez noktaları bazında tespit edilerek CBS ortamında tanımlanmıştır. Bu kapsamda Harita Genel Komutanlığı resmi web sitesinden ücretsiz olarak temin edilen Türkiye ve çevresi coğrafi ad dizini isimli tablosal verisi kullanılmıştır. Bu veri kapsamında tüm Türkiye'de yer alan yerleşimlerin merkezlerinin konumları koordinatlarıyla birlikte bulunmaktadır. Bu koordinatlar ise yerleşim merkezlerinin CBS ortamında tanımlanmasını sağlamıştır. Bu veri setinden yararlanarak hazırlanmış BMH ve yakın çevresi il ilçe, bucak ve köy merkezlerini içeren harita Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19 : BMH ve yakın çevresi il ilçe, bucak ve köy merkezleri.

Sadece havza içi değil yakın çevresinin de dahil edildiği yerleşim merkezleri veri setine geçmiş ve güncel nüfus verilerinin de eklenmesiyle nüfusa dair interpolasyonların daha yüksek doğrulukta yapılabilmesini sağlamaktadır. Sadece havza içi yerleşim merkezlerinin oluşturduğu alt veri seti, havzadaki genel nüfus yapısını veren istatistiklerin tespit edilmesinde kullanılmıştır.

On ilin sınırları dahilinde alanı bulunan BMH kapsamında üçü il merkezi, 39'u ilçe merkezi ve 1167'si bucak ve köy merkezi olmak üzere toplam 1209 yerleşim merkezi tespit edilmiştir (Çizelge 4.15). Aydın, Denizli ve Uşak havza dahilinde il merkezi bulunan yerleşimler olup Manisa ve Kütahya'nın havza sınırları içindeki topraklarında ise hiçbir yerleşim merkezi dolayısıyla hiçbir nüfusu bulunmaktadır.

Çizelge 4.15 : BMH il bazlı yerleşim ve nüfus istatistikleri.

İller	Yerleşim Merkezi Sayısı			Nüfus (2010)	
	İl	İlçe	Bucak-Köy	Adet	Yüzde
Aydın	1	15	473	863.714	39,89
Denizli	1	13	289	787.108	36,36
Uşak	1	5	159	306.144	14,14
Afyon	0	4	132	118.711	5,48
Muğla	0	2	82	76.181	3,52
İzmir	0	0	28	11.246	0,52
Isparta	0	0	3	1671	0,08
Burdur	0	0	1	243	0,01
Kütahya	0	0	0	0	0,00
Manisa	0	0	0	0	0,00
TOPLAM	3	39	1167	2.165.018	100

2010 adrese dayalı nüfus sayımı verilerine göre havza sınırları içinde yaşayan toplam 2.165.018 kişilik nüfusun %40'ının barındıran Aydın, havzanın en yüksek nüfusuna sahip ilidir. Havza nüfus oranlarında Aydın'ı %36 oranla Denizli ikinci sırada izlemekte olup diğer illerin nüfus oranları bu iki ilin çok gerisinde kalmaktadır.

5. BMH EKOLOJİK RİSK MODELLEME BULGULARI

Gerekli olan girdi verilerinin hazırlanması ile modelleme aşamasında erozyon, kuraklık, yangın riski, NBÜ, nüfus artışı ve alan kullanım değişimi her biri için yöntem bölümünde belirlenen yaklaşımlar kullanılarak modellenmiştir.

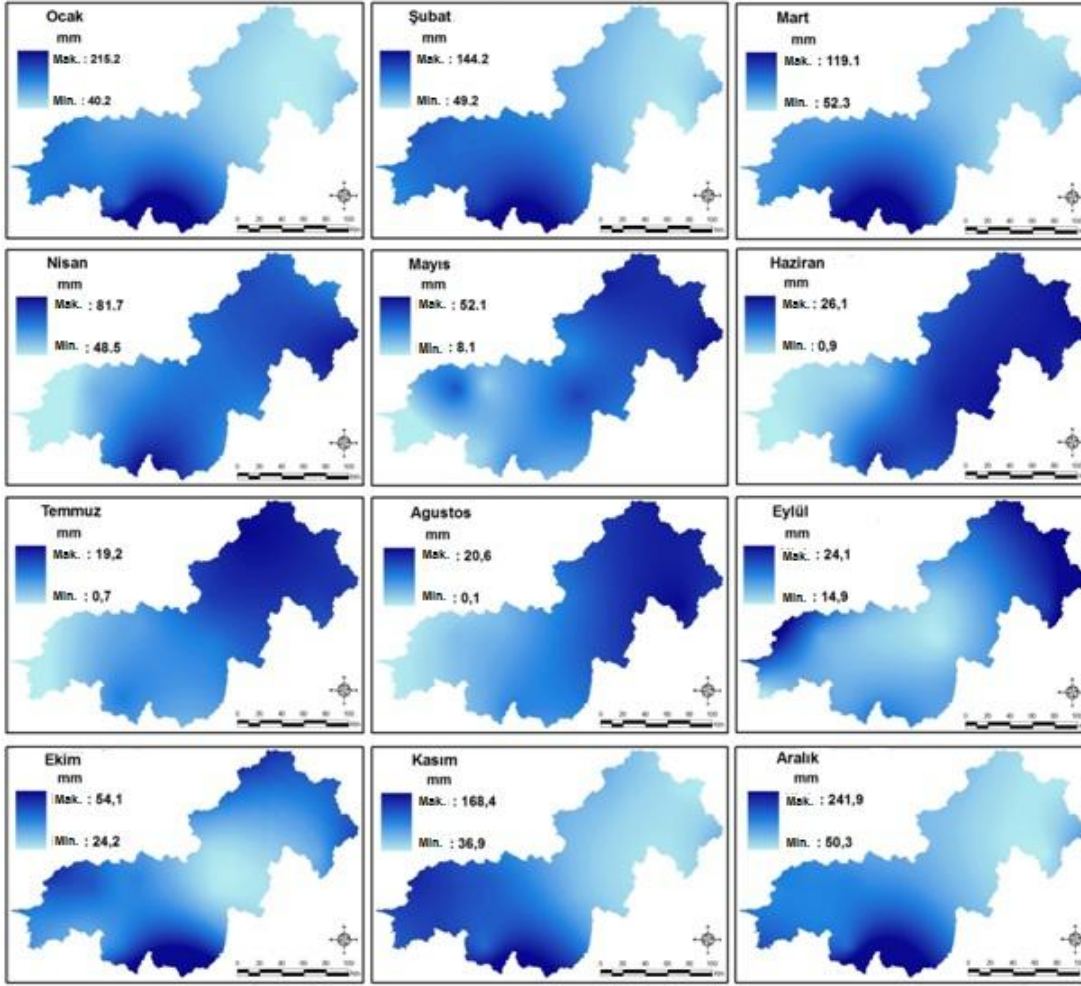
5.1 Erozyon Modelleme

Bu çalışmada, uzun vadede yamaçlardan taşınarak kaybedilen ortalama yıllık toprak olarak erozyonu hesaplayan RUSLE yöntemi BMH için uygulanmıştır. Çalışma alanındaki erozyon RUSLE yöntemi ile t/ha/yıl (ton/hektar/yıl) birimi cinsinden altı temel faktörün tek tek üretilerek sonuç görüntülerinin birbirleriyle çarpılmasıyla tahmin edilmiştir.

5.1.1 Yağmur aşındırma (R) faktörü

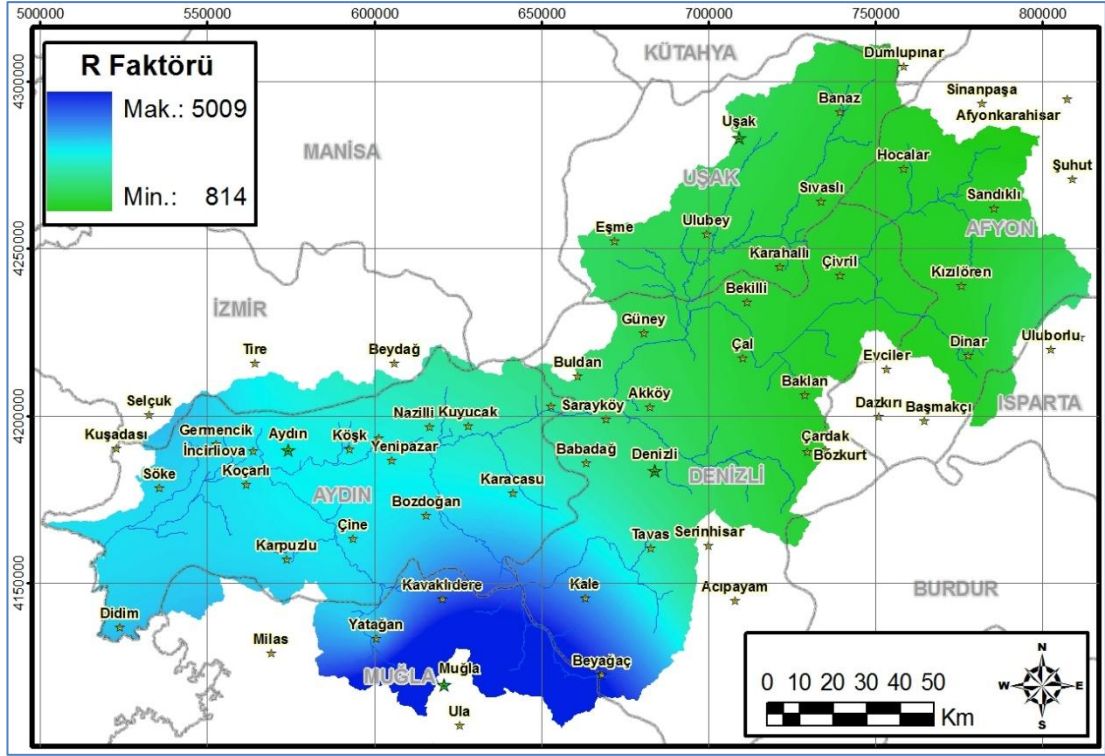
Temelde yağmur şiddeti ölçüm verileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Fakat ülkemiz meteoroloji istasyonlarınca ölçülmeyen bu verinin eksik olduğu alanlarda ortalama aylık toplam yağış verisini kullanarak R faktörünün hesaplayan eşitlikler üretilmiştir. İlgili literatür (Arnoldus, 1977; Arnoldus, 1980; Lo, 1985; Renard ve Frenium 1994; Yu ve Rosewell, 1996) kapsamında bu eşitlikler değerlendirildiğinde hem çalışma alanlarının benzer yapıda olması hem de daha yaygın kullanımı nedeniyle R faktörünün hesaplanması için Arnoldus (1977) tarafından geliştirilen eşitlik kullanılmıştır (Denklem 3.4).

Yağmur aşındırma (R) faktörünün tespit edilmesi için gerekli olan uzun yıllar aylık ortalama toplam yağış verisinin konumsal dağılımı her ay için 2000-2010 yılları kapsamında çalışmanın ön hazırlık ve veri hazırlama bölümü, iklim interpolasyon çalışmaları kapsamında DEM verisi eşliğinde co-kriging yöntemi uygulanarak üretilmiştir (Şekil 5.1). Uzun yıllar yıllık ortalama toplam yağışa görüntüsü ise çalışmanın veri hazırlama bölümünde yine DEM eşliğinde co-kriging yöntemiyle üretilmiş ve çalışmada araştırma bulguları, iklim temel verileri başlığı altında detayları verilerek Şekil 4.11'de sunulmuştur.



Şekil 5.1 : BMH uzun yıllar (2000-2010) aylık ortalama toplam yağış görüntüleri.

Elde edilen uzun yıllar aylık ve yıllık ortalama toplam yağış görüntüleri kullanılarak coğrafi bilgi sistemleri ortamında Denklem 3.4'de verilen eşitliğin uygulanmasıyla yağmur aşındırma (R) faktörü üretilmiştir (Şekil 5.2). Elde edilen sonuca göre R faktörü BMH'nın güney bölgesinde en yüksek değere ulaşırken kuzey ve doğuya doğru gidildikçe daha fazla olmak üzere alanın diğer bölgelerine doğru azalmaktadır. Bu durum ortalama aylık ve yıllık toplam yağış görüntüleri ile paralellik göstermektedir.



Şekil 5.2 : BMH RUSLE Yağmur Aşındırma (R) Faktörü görüntüsü.

5.1.2 Toprak aşınabilirlik (K) faktörü

Renard ve diğ. (1997) tarafından geliştirilen sadece toprağın tekstür (kil, silt ve kum oranları) verisini kullanarak K faktörünü hesaplayan eşitlikler RUSLE yöntemi kapsamında tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır (Denklem 5.1 ve Denklem 5.2).

$$K = 0.0034 + 0.045 \times \exp \left[-0.5 \left(\frac{\log D_g + 1.659}{0.7101} \right)^2 \right] \quad (5.1)$$

$$D_g = \exp \left(\sum f_i \ln \left(\frac{d_i + d_{i-1}}{2} \right) \right) \quad (5.2)$$

Burada;

D_g : Kil, silt ve kum sınıfları için parça çaplarının geometrik ortalaması,

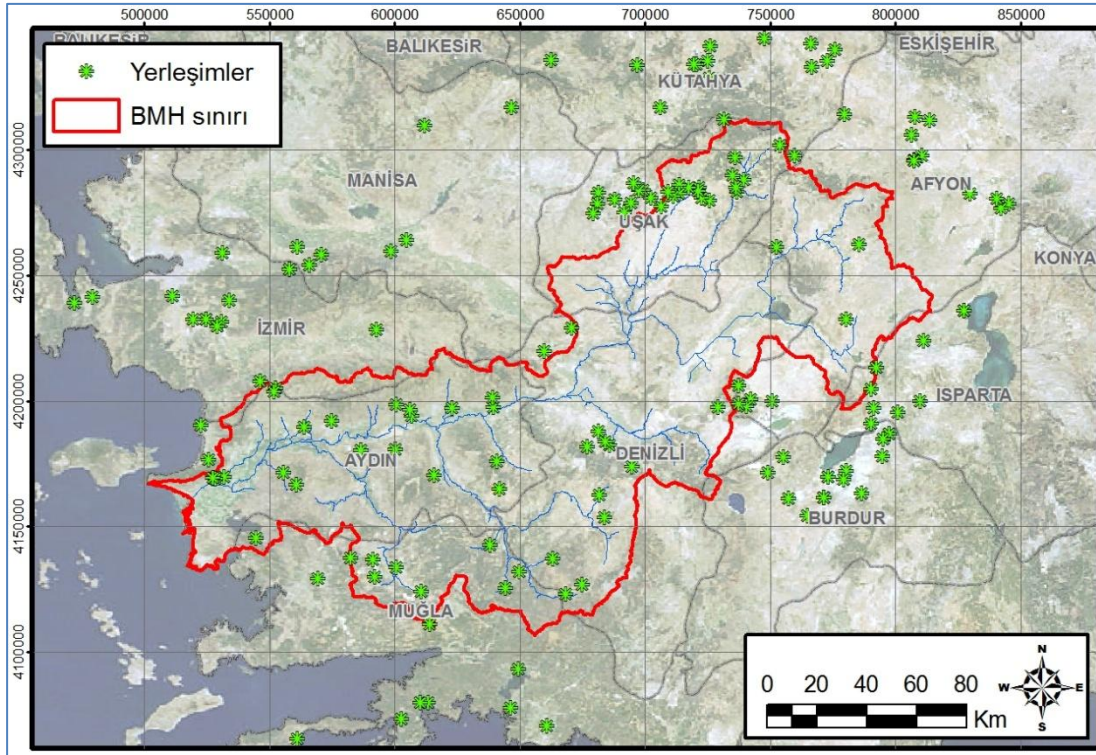
d_i : her sınıf için maksimum çap,

d_{i-1} : her sınıf için minimum çap,

f_i : her sınıf için yüzde parça boyutudur.

Ülkemiz toprakları için üretilen toprak verileri dahilinde tekstür bilgilerinin bulunmaması nedeniyle çalışma alanı için temin edilen toprak verisinde de tekstür

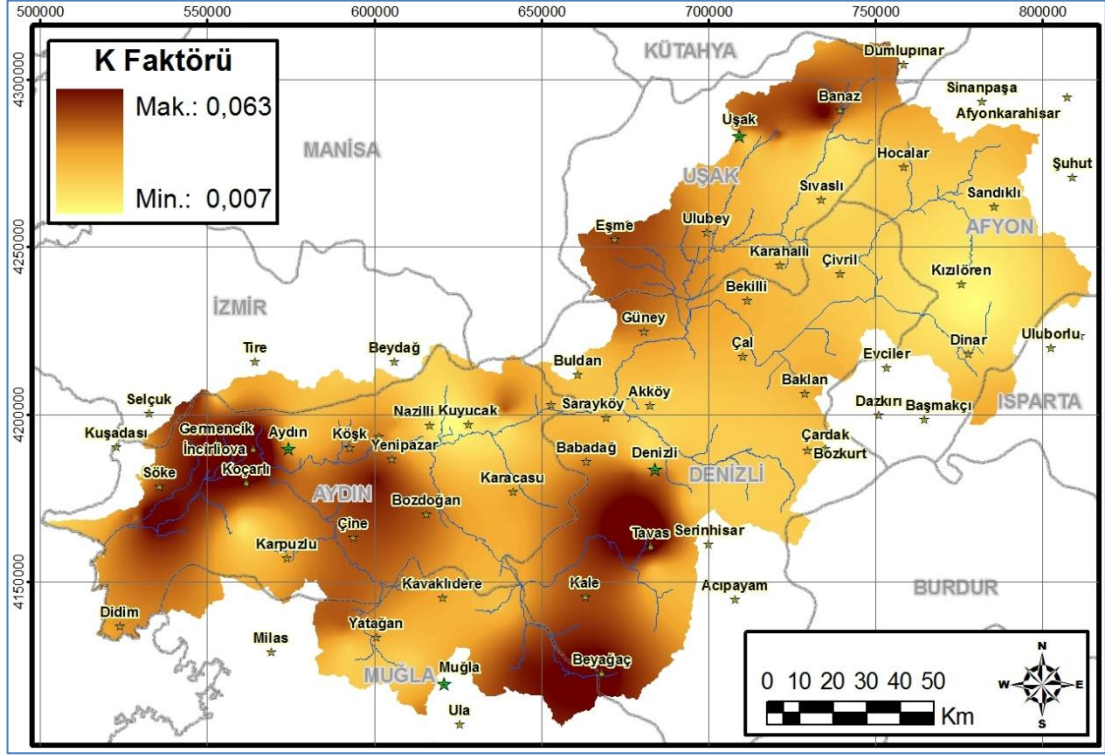
bilgisi bulunmamaktadır. Bu nedenle K faktörü, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı Türkiye Büyük Toprak Grupları "K" Faktörleri raporundan (Doğan ve diğ., 2000) faydalanılarak elde edilmiştir. Bu raporda her il için belli başlı köyler bazında alınan toprak örneklerinin, laboratuvar analizleri sonucunda tespit edilen K faktör değerleri, BMH ve çevresindeki yerleşimler baz alınarak bir veri tabanında toplanmıştır. Google Earth ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) kaynaklarından yararlanılarak söz konusu yerleşimlerin koordinatları tespit edilerek CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : BMH Toprak Aşınabilirlik (K) faktörü ölçülmüş yerleşimler.

Çalışma alanı içinde 60, yakın çevresinde ise 100 olmak üzere toplamda 160 yerleşimler bazında oluşan noktasal K faktörü değerleri kriging yöntemiyle tüm alan için interpolate edilerek K faktörü görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 5.4). K faktörü değerleri BMH genelinde en düşük 0,007 en yüksek 0,063 olmak üzere ortalama 0,025 değerini almaktadır. Havza dahilinde K faktör değerleri farklılık gösterse de havzanın orta güney bölümünde yer alan Denizli İli Beyağaç ve Tavas ilçeleri; havza kuzeybatısında yer alan Aydın İli Germencik, Koçarlı ve İncirliova ilçeleri ve de Uşak İli Banaz İlçesi dahilindeki topraklar yüksek K faktör değerleri göstermektedir. Bu durumun aksine havzanın en doğusunda yer alan Afyon İli Kızılören İlçesi ve

havzada orta kuzey bölgesinde bulunan Aydın İli Nazilli İlçesi ve çevresi toprakları ise düşük K faktörü değerlerine sahiptirler.



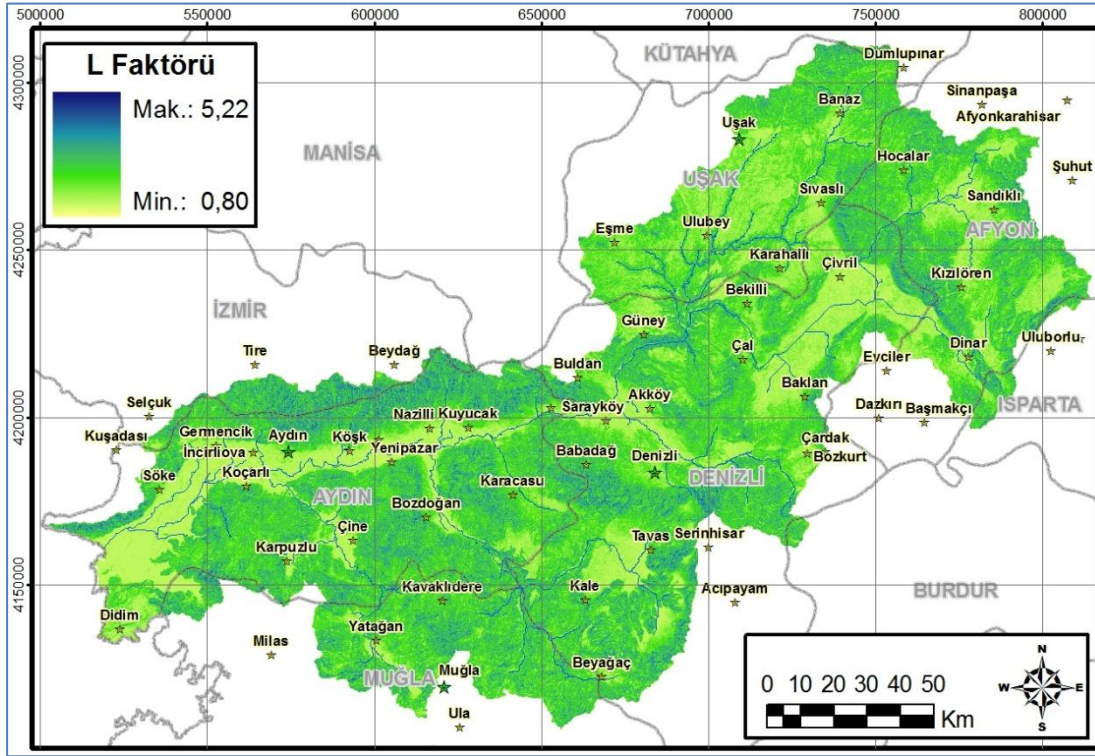
Şekil 5.4 : BMH Toprak Aşınabilirlik (K) faktörü görüntüsü.

5.1.3 Topografik faktörler

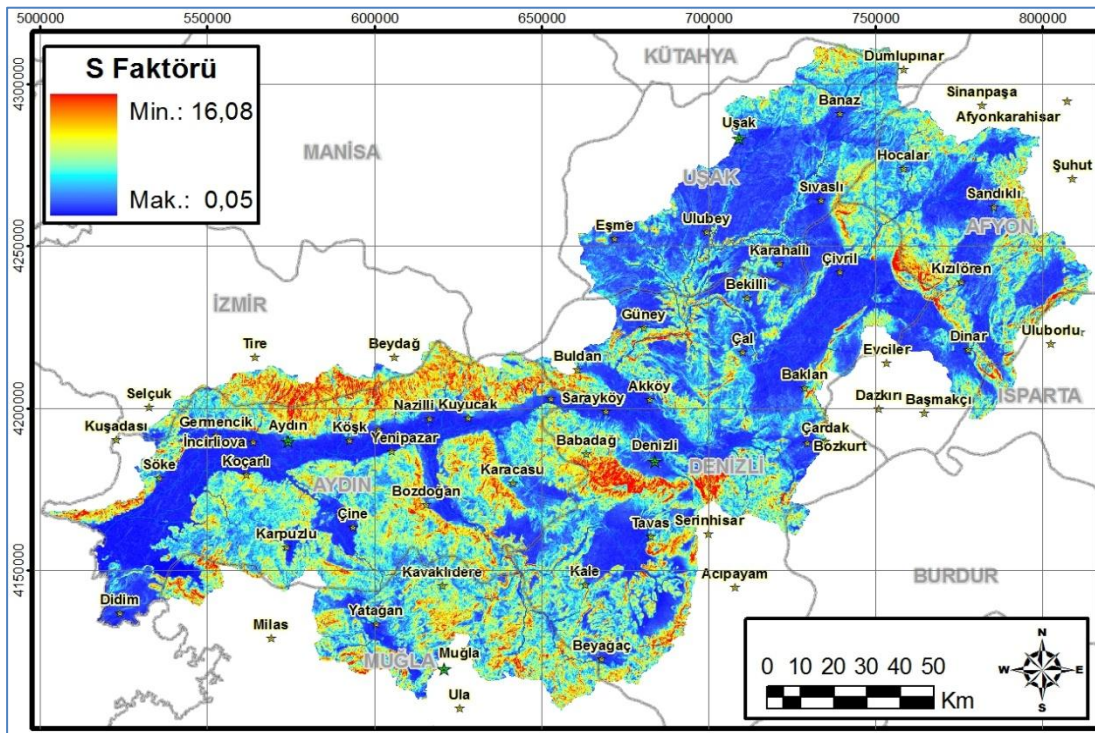
RUSLE yöntemi dahilinde eğim uzunluk (L) faktörü ve eğim engebelik (S) faktörü topografik etkileri yansıtan faktörlerdir. Bu faktörlerin BMH için hesaplanmasında Van Remortel ve diğ. (2004) tarafından geliştirilen ve yazılan algoritma kullanılmıştır. Bu algoritma alanın DEM görüntüsü girdi olarak kullanarak ArcINFO programı dahilinde algoritmayı içeren kod dosyasının çalıştırılmasıyla L ve S faktörlerini üretilmiştir (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6).

Havza dahilinde eğim uzunluk faktörü en yüksek 5,22 ve en düşük 0,8 değerlerini alarak ortalama 1,35 değerine sahiptir. Büyük Menderes nehri yatağı ve yakın çevresi hariç alan genelinde eğim uzunluğunun birbirine yakın ve ortalama değerlerde olduğu görülmektedir. Alandaki eğim engebelik faktörü ise ortalama 2,38 değerinde olup en düşük 0,05'ten en yüksek 16,08 değerine kadar bir aralıkta yer almaktadır. Genel olarak nehir yatağı ve çevresi düşük S faktörü değerleri vermekte, alanda geri kalan bölgeler ortalama engebelik değerlerine sahip olsa da özellikle havzanın orta kuzey sınırında Aydın/Germencik'ten Denizli/Buldan'a kadar uzanan

bölge ve havzanın orta kesiminde yer alan Denizli/Babadağ etrafı yüksek eğim engelibelik faktörü değeri göstermektedir.



Şekil 5.5 : BMH eğim uzunluk (L) faktörü görüntüsü.

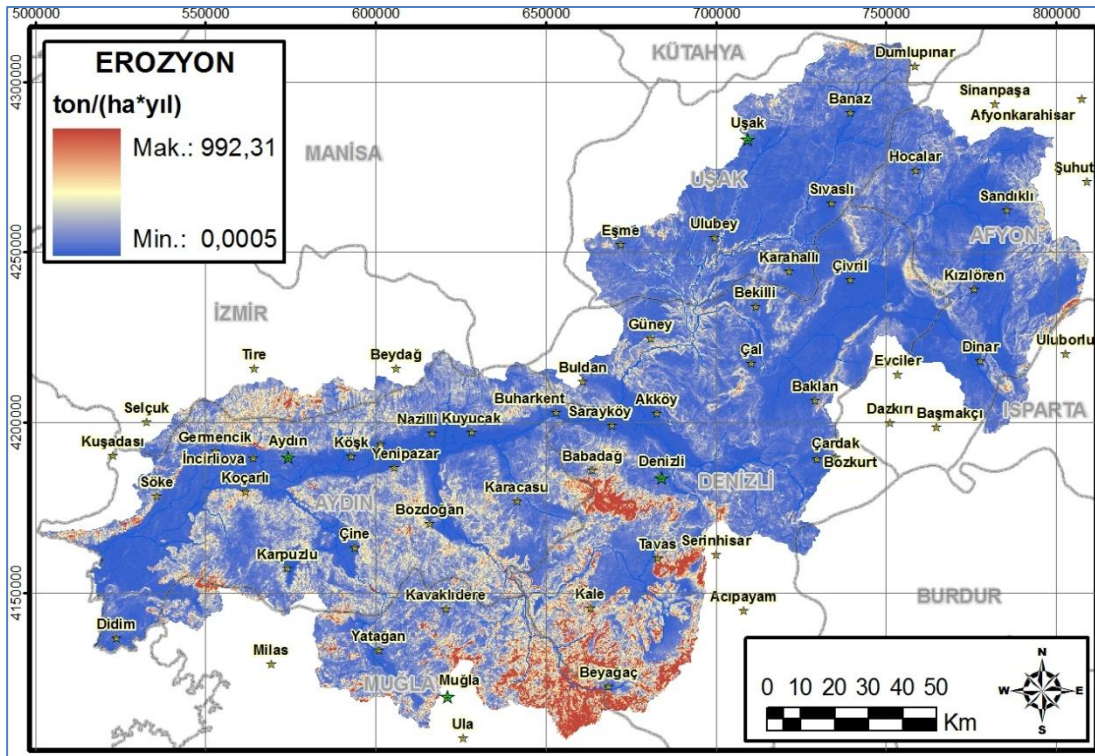


Şekil 5.6 : BMH eğim engelibelik (S) faktörü görüntüsü.

düzenli bir şekilde kayıt altında tutulmaması nedeniyle tespit edilmesi zor olmaktadır. Bu durumun gözlemlendiği benzer çalışmalarda bu faktörün etkisini ortadan kaldırmak için bu faktörün değeri tüm alanlar için 1 olarak alınmaktadır (Wachal ve diğ., 2007). Bu çalışmada da benzer durum gözlemlendiği için erozyon kontrol faktörü için 1 değeri atanmıştır.

5.1.6 RUSLE sonuçları

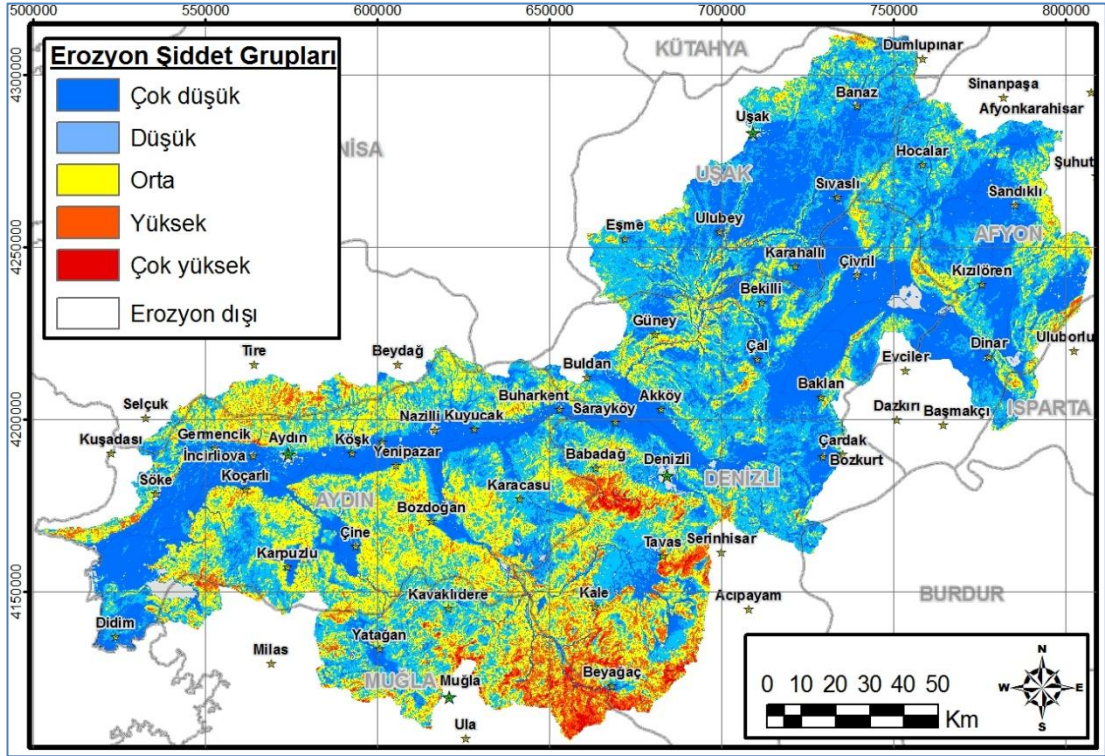
RUSLE yöntemi dahilinde ihtiyaç duyulan tüm faktörlerin BMH için hazır hale getirilmesiyle CBS ortamında RUSLE eşitliği uygulanarak A faktörü yani yılda hektar başına düşen tahmini erozyon miktarı ton cinsinden (ton/ha*yıl) her piksel için tahmin edilmiştir (Şekil 5.8). BMH kapsamında erozyon 0 ile 992 ton/ha*yıl arasında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tüm alan için birim alandaki ortalama erozyon 9,87 ton/ha*yıl değerine ulaşırken standart sapma ise 19,03 ton/ha*yıl olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.8 : RUSLE erozyon tahmin haritası.

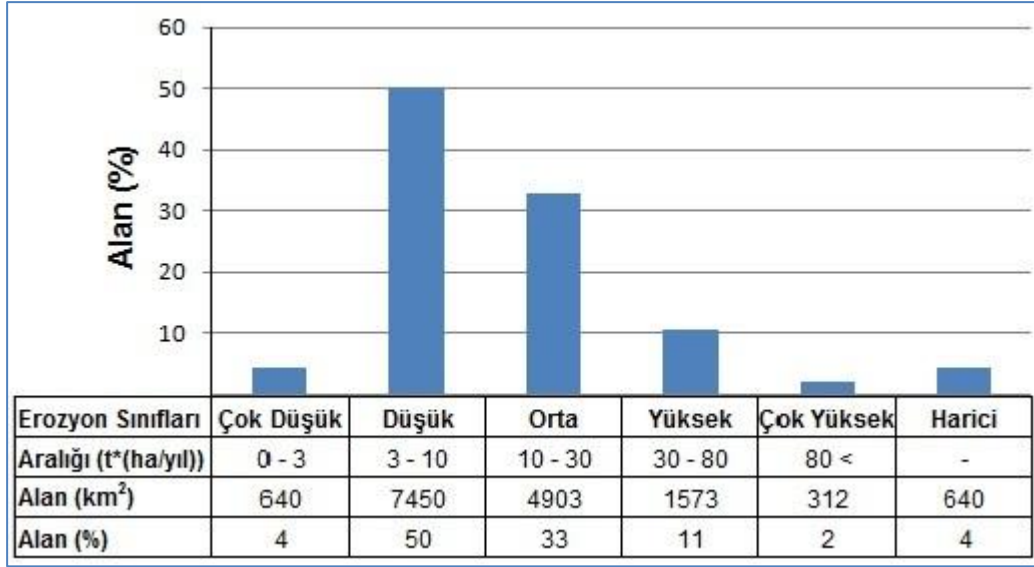
Elde edilen erozyon sonuç görüntüsünden erozyonun oluşmayacağı arazi sınıfları maskelenerek, literatürdeki benzer çalışmalar (Wishmeier ve Smith, 1978, Millward ve Mersey, 1999, Renard ve diğ., 1997) baz alınarak erozyon şiddet sınıfları oluşturulmuştur. Erozyon harici alanlara ek olarak tahmin edilen erozyon miktarı çok

düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olacak şekilde beş şiddet sınıfına ayrılmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : RUSLE erozyon şiddet grupları görüntüsü.

Erozyon şiddet gruplarına göre BHM'nın yarısı 3-10 ton/ha*yıl aralığını ifade eden düşük erozyon grubunda yer almaktadır. Havzanın %33'ünde orta derecede erozyon gözlenirken, %11'i ise erozyon şiddeti yüksek alanlardan oluşmaktadır. Yılda hektarda 3 ton'dan az erozyon görülen alanlar olan çok düşük erozyon sınıfı ise alanda sadece %4 oranında görülmektedir. Çok yüksek olarak isimlendirilen erozyon şiddet grubu 80 ton/ha*yıl değerinin üstünde erozyon görülen alanları ifade etmekte ve havzada sadece %2 oranında yer almaktadır. Su yüzeyleri, sulak alanlar ve yerleşim alanları erozyonun görülmediği erozyon harici alanlar olarak erozyon sonuç görüntüsünden maskelenmiş ve bu alanların havzadaki oran ise %4 olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 : RUSLE erozyon şiddet grupları detayları.

BMH sınırları dahilinde üretilen 30 m çözünürlüklü erozyon tahmin görüntüsü düzenlenerek ton/ha*yıl biriminden tüm havza alanı için bir yılda kaybedilen toplam toprak kaybı ton cinsinden hesaplanmıştır. Buna göre BMH'nda erozyon ile yılda toplam 25128185 ton toprak taşınmaktadır. Alandaki erozyon dışı olarak kabul edilen alanlar (su yüzeyleri, sulak alanlar ve yerleşimler) hariç tutulduğunda havzada yılda ortalama kilometrekarede 1619 ton erozyon görülmektedir.

Havzada özellikle eğimin yüksek olduğu ve bitki örtüsünün zayıf olduğu bölgelerde erozyonun çok şiddetli olarak tespit edildiği görülmüştür. Bu alanların başlıcaları, Denizli Beyağaç ilçesi batısında (Şekil 5.11), Denizli Babadağ ilçesi güneyinde (Şekil 5.12) Aydın İncirova ilçesi kuzeyinde (Şekil 5.13) ve Afyonkarahisar Dinar ilçesi kuzey doğusunda (Şekil 5.14) kalan bölgelerdir. Bu bölgelerden sadece Denizli Beyağaç yakınlarındaki erozyon bölgesinde ağaçlandırma ile erozyon önleme çalışması yapılmaktadır.



Şekil 5.11 : Denizli Beyağaç ilçesi batısı erozyon alanı.



Şekil 5.12 : Denizli Babadağ ilçesi güneyi erozyon alanı.



Şekil 5.13 : Aydın İncirova ilçesi kuzeyi erozyon alanı.

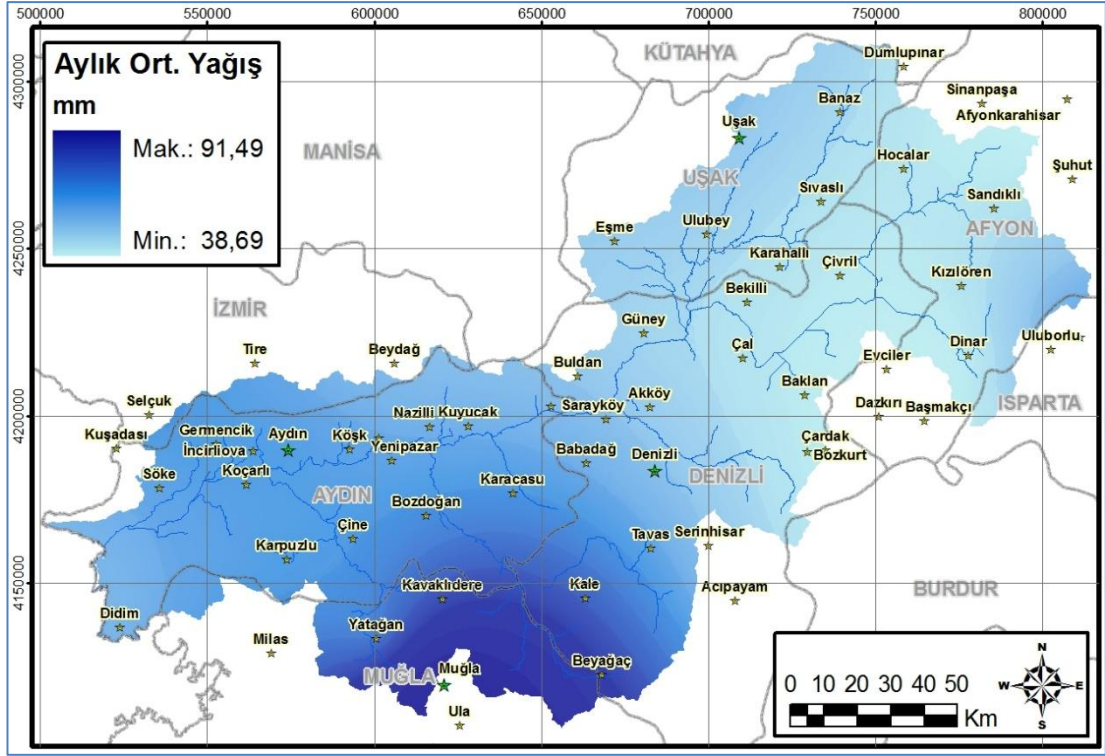


Şekil 5.14 : Afyonkarahisar Dinar ilçesi kuzey doğusu erozyon alanı.

5.2 Kuraklık Modelleme

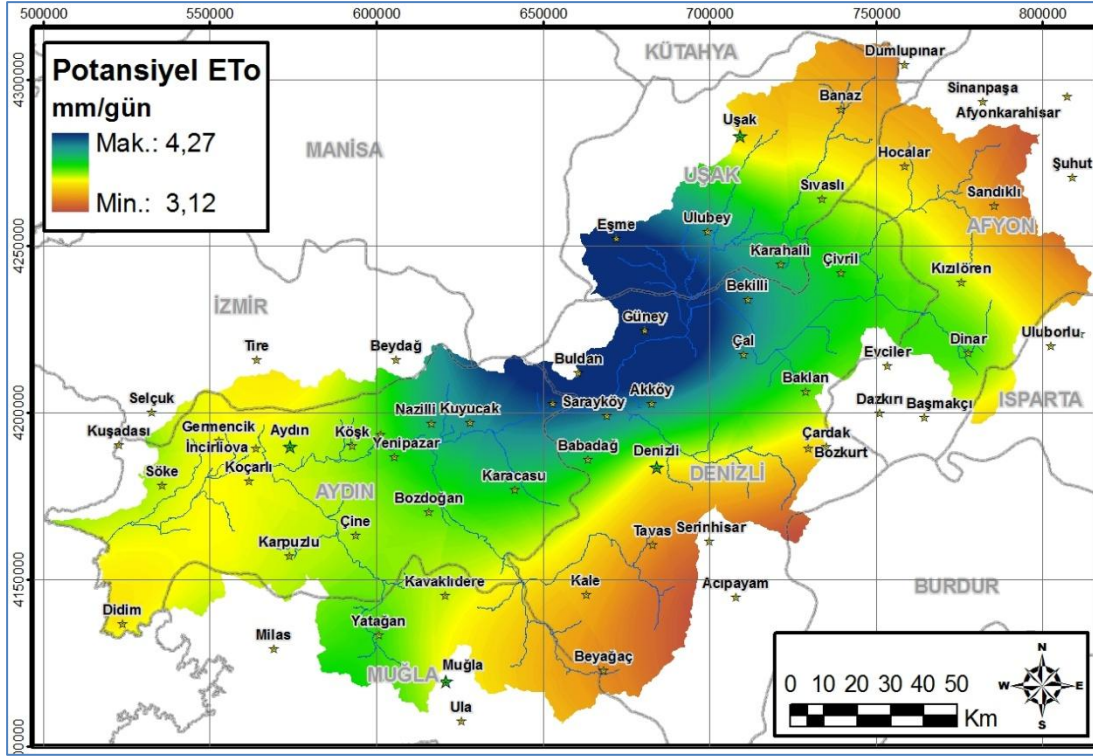
BMH dahilinde kuraklık durumunun konumsal olarak tespit edilmesinde CBS ortamında Kuraklık İndeksi (Kİ) yöntemi uygulanmıştır. Ortalama aylık toplam yağışın (P) günlük ortalama potansiyel evapotranspirasyona (ET_o) oranlanmasıyla ifade edilen Kİ'nin konumsal olarak tahmin edilmesi için öncelikle girdi verilerin yüzey görüntüleri şeklinde oluşturulması gerekmektedir.

Kuraklık indeksi için ihtiyaç duyulan uzun yıllar ortalama aylık yağış görüntüsü, çalışmanın ön hazırlık bölümünde üretilen uzun yıllar ortalama yıllık toplam yağış görüntüsünün CBS ortamında aylık ortalama dönüştürülmesiyle üretilmiştir (Şekil 5.15). Havza genelinde 2000 ile 2010 yılları arası ortalama aylık toplam yağış en yüksek 91,5 mm en düşük 38,7 mm olarak tespit edilirken alan geneli ortalaması ise 50,3 mm'dir.



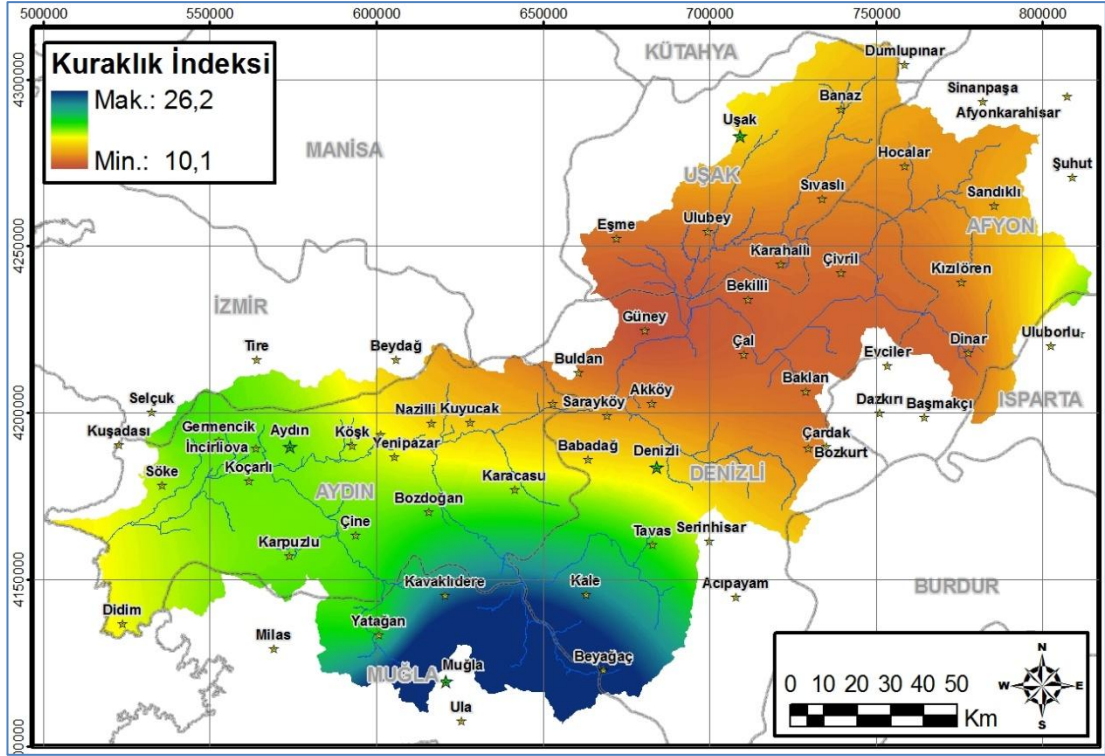
Şekil 5.15 : Uzun yıllar aylık ortalama yağış görüntüsü.

İklim verilerinden maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, oransal nem, rüzgar hızı ve güneşlenme süresi girdi olarak kullanılarak, CROPWAT 8.0 programı aracılığıyla Penman–Monteith (PM) yöntemi ile ETo her iklim istasyonu için noktasal olarak üretilmiştir. Üretilen nokta bazlı ETo değerleri kriging interpolasyon tekniğiyle tüm çalışma alanı için tahmin edilerek genelleştirilmiştir (Şekil 5.16). Buna göre havza genelinde ETo ortalama günlük en düşük 3,12mm, en yüksek 4,27mm olurken alan geneli ortalama ise 3,57mm olarak tespit edilmiştir. Alanda en yüksek ETo havzanın orta kuzey kesimlerinde yer alırken en düşük ETo değerleri havzanın özellikle orta güney, üst kuzeydoğu ve alt kesimlerinde görülmektedir.



Şekil 5.16 : Yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyon görüntüsü.

Üretilen uzun yıllar aylık ortalama yağış verisi, elde edilen günlük ortalama ETo verine bölünerek BMH için kuraklık indeksi değerleri üretilmiştir (Şekil 5.17). Sonuç görüntüsünde tüm havza için verilen kuraklık indeksi değerleri büyükten küçüğe gittikçe daha kurak alanları ifade etmektedir. Üretilen bu değerler, UNESCO'nun genelleştirme oranı kaba ve küresel ölçeği dikkate alarak belirlediği kuraklık sınıflarına (Çizelge 3.6) göre gruplandırıldığında havzada çok kurak ve kurak alanların bulunmadığı fakat %64 orta kurak, %33 az kurak ve %3 ise kurak olmayan alanların olduğu görülmüştür. Kuraklık risk sınıflarına göre BMH'nin orta güney bölgesi kuraklık riski çok az olan bölgeler olarak belirlenmiştir. Havzanın üst orta kesimini oluşturan Denizli'nin kuzeyi ve Uşak'ın güneyi olan bölge ise kuraklık riskinin en yüksek olduğu bölge olarak ortaya konulmuştur (Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20).



Şekil 5.17 : Kuraklık indeksi görüntüsü.



Şekil 5.18 : Uşak Karahallı İlçesi güneyi örnek kurak alan.



Şekil 5.19 : Denizli Çivril İlçesi güneybatısı örnek kurak alan.



Şekil 5.20 : Denizli Çal İlçesi kuzeydoğusu örnek kurak alan.

5.3 Yangın Risk Modelleme

Yangın riskinin tahmin edilmesinde kullanılacak çok kriterli analiz temelinde çalışan yangın risk indeksi yöntemi için bu çalışma alanı karakteristikleri göz önüne alınarak yangın oluşma ihtimali üzerinde etkin faktörler belirlenmiştir. Bu kapsamda değerlendirmeye alınan yangın riskine etkin faktörler ve bu faktörlerin çalışma alanı dahilinde ortaya koyduğu temel istatistikler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

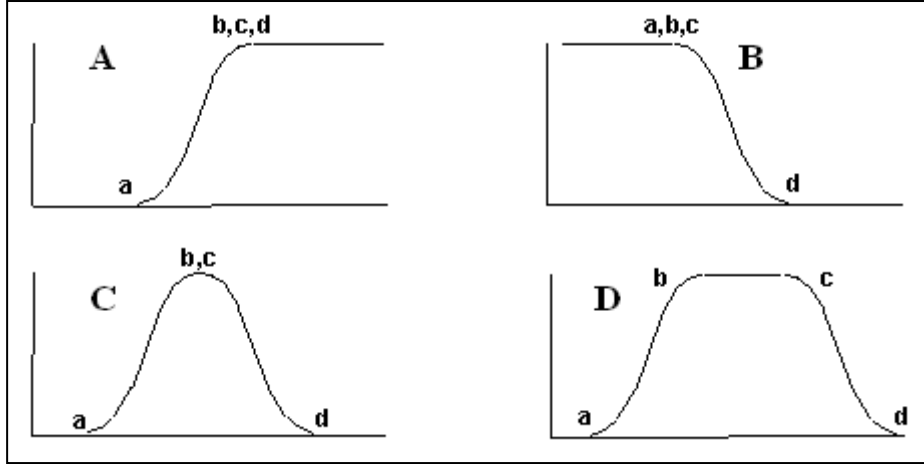
Çizelge 5.1 : Değerlendirmeye alınan yangın risk faktörleri.

Faktörler	Birim	Ortalama	Minimum	Maksimum
Yıllık toplam toprak nemi	mm	295,00	210,00	389,00
Yakıt nem indeksi	Birimsiz	21,35	19,47	22,6
Eğim	Derece	9,33	0	74
Baki	Derece	179,07	0	180
Maks. Sıcaklık	Derece	27,27	23,23	29,97
Rüzgar hızı	metre/sn	1,90	1,28	2,78
Nüfus potansiyeli	Birimsiz	81,27	0	5120
Tarıma uzaklık	Metre	933	0	11461
NDVI	Birimsiz	0,06	-0,44	0,57
Sıcaklık*	Derece	15,78	11,60	19,12
Oransal nem*	Yüzde	61,16	55,68	64,77
Yerleşime uzaklık*	Metre	2369	0	14773
Yıllık toplam yağış*	mm	607,10	439,66	1134,87
* Diğer verilerin hesaplanmasında kullanıldığı için model harici olan veriler.				
Arazi örtüsü	Sınıflar	Alan (km²)	Alan (%)	
	Herdemyesil orman	1866,40	7,21	
	Yaprak dök. orman	295,15	1,14	
	Maki	6611,47	25,55	
	Çayır-Mera	3022,83	11,68	
	Sulak alan	38,92	0,15	
	Tarım	3746,55	14,48	
	Yerleşim	479,82	1,85	
	Su yüzeyleri	122,43	0,47	
	Kayalık alan	2899,62	11,20	
	Boş alan	6044,70	23,36	
	Zeytinlik-Bahçeler	750,53	2,90	
	Toplam	25878,41	100,00	

Yangın riski üzerine etkin faktörlerin tespiti sonrasında farklı formatlarda, değerlerde ve aralıklarda bulunan bu faktör verilerinin aynı etkiyi yaratması için standardizasyonu gerekmektedir. Bu kapsamda çok kriterli analiz yaklaşımı için yaygın olarak kullanılan standardizasyon yöntemlerinden biri olan Fuzzy yöntemi kullanılmıştır.

Bu yaklaşımda her bir Fuzzy seti fonksiyonu değerlendirilerek bu setlere ait her bir piksel için değerlendirilme yapılır. Sigmoidal, J-shaped ve doğrusal fonksiyonlar değer ölçeğindeki en yüksek ve en düşük değerlerden elde edilen kontrol noktaları ile biçimlendirilirler. İlk nokta fonksiyonun sıfırdan yükselmeye başladığı alanı temsil etmektedir. İkinci nokta fonksiyonun 1'e ulaştığı yerdir. Üçüncü nokta fonksiyonun yeniden 1 den aşağı doğru düşmeye başladığı alan ve 4. nokta ise fonksiyonun 0 değerine geri döndüğü alandır. The Sigmoidal ("s-shaped") biçim Fuzzy seti

teorilerinde en çok kullanılan fonksiyondur ve kosinüs fonksiyonu kullanılarak üretilmiştir. Aşağıda Fuzzy fonksiyonun ihtiyaç duyduğu 4 adet kontrol noktasına ait değerler verilmiştir. Bunlar örnek olması açısından Sigmoidal eğri üzerinde a, b, c, d olarak Şekil 5.21’de gösterilmiştir.



Şekil 5.21 Sigmoidal fonksiyonlar (A) monoton olarak artan, (B) monoton olarak azalan, (C) ve (D) simetrik (a = fonksiyonun ‘0’ in üzerine çıktığı nokta, b = fonksiyonun ‘1’e ulaştığı nokta, c = fonksiyonun ‘1’ den azalmaya başladığı nokta, d = fonksiyonun ‘0’ olduğu nokta).

Sigmoidal fonksiyonuna ait üyeler monoton olarak artan, monoton olarak azalan, simetrik (üst sol, üst sağ, alt sol ve alt sağ) şekilde olabilmektedir. Fonksiyonun monoton olarak arttığı durumlarda b, c, d kontrol noktaları için verilen değerler aynıdır. Aynı şekilde fonksiyonun monoton olarak azaldığı durumlarda ise a, b, c kontrol noktaları aynı değere sahiptir.

Yangın riskinin değerlendirmesinde dikkate alınacak faktörler yukarıda anlatılan uygun fuzzy yaklaşımları uygulanarak 0-1 arası değerler alacak şekilde standardize edilmiştir. Kategorik yapıdaki arazi örtüsü verisi ise uzman görüşleri doğrultusunda bu aralık göz önüne alınarak Çizelge 5.2’deki gibi standardize edilmiştir.

Çizelge 5.2 : Arazi örtüsü sınıfları yangın risk katsayıları.

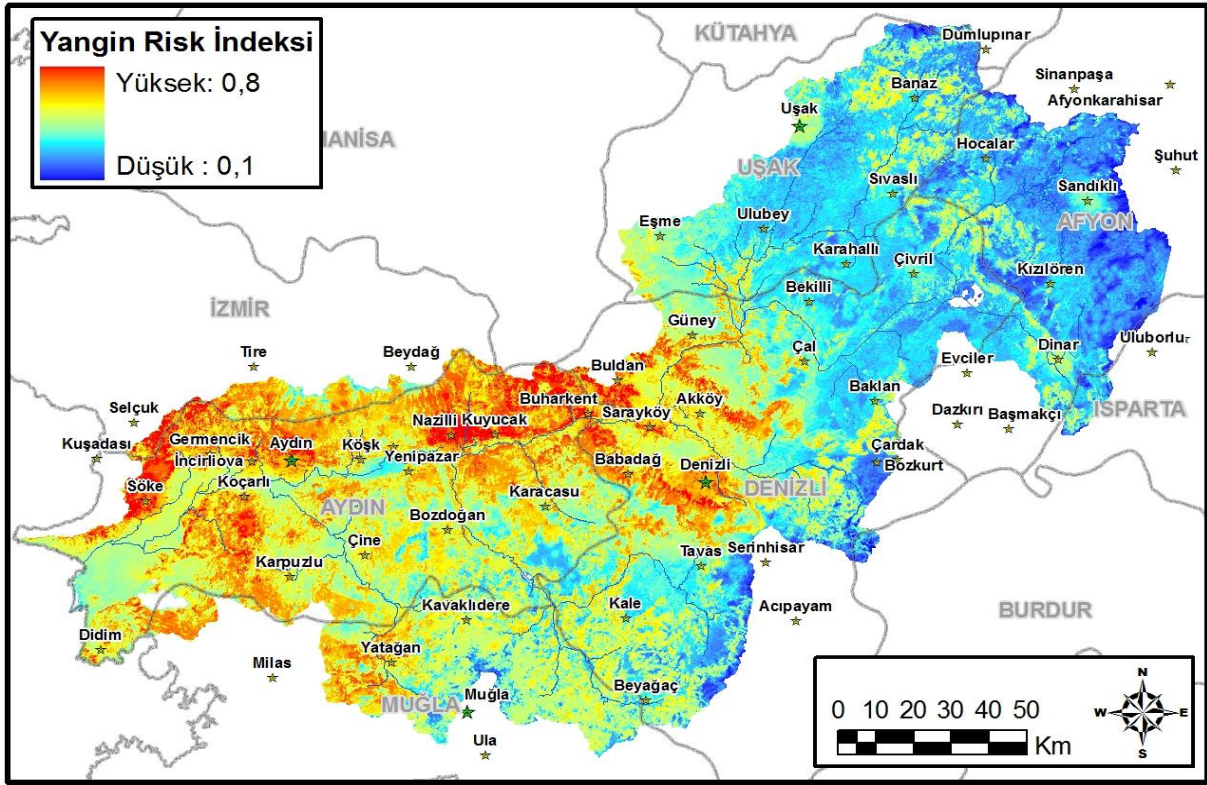
Arazi Örtüsü Sınıfları	Yangın Risk Katsayısı
Herdemyesil	1,0
Yaprak döken	0,9
Maki	0,8
Çayır-Mera	0,4
Sulak alan	0,1
Tarım	0,3
Yerleşim	0,2
Su yüzeyleri	0,0
Kayalık alan	0,1
Boş alan	0,2
Zeytinlik-Bahçeler	0,6

BMH dahilinde, literatür çalışmaları göz önüne alınarak yangın riski üzerinde etkin olabilecek faktörlerin belirlenmesi, alan için tespiti ve standardizasyonu sonrasında bu faktörlerin birbirlerine göre ağırlıklandırılması işlemi yapılmıştır. Ağırlıklandırma işlemi konunun uzmanlarına yapılan anket sonucunda tespit edilmiş (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Yangın risk faktörlerinin ağırlıklandırılması.

Faktörler	Faktör Risk Ağırlıkları
Yıllık toplam toprak nemi	6
Yakıt nem indeksi	10
Eğim	1
Bakı	2
Maks. Sıcaklık	8
Rüzgar hızı	7
Nüfus potansiyeli	9
Tarıma uzaklık	4
NDVI	7
Arazi örtüsü	10

Çizelge 5.3'de verilen ağırlıklar temel alınarak, faktörlerin standardize edilmiş görüntüleriyle birlikte çok kriterli analizin yangın için özelleştirilmiş hali olan yangın risk indeksi formülünün kullanılmasıyla Büyük Menderes Havzası için yangın risk alanları görüntüsü üretilmiştir (Şekil 5.22). Yangın risk indeksi; teoride riskin en yüksek olduğu yer için 1, en düşük olduğu yer için 0 değerler alacak şekilde kurgulanmıştır. Uygulama sonucunda ise BMH için olası en büyük risk değeri 0,8; en düşük risk değeri ise 0,1 ve de havza genel ortalaması 0,4 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.22 : BMH yangın risk haritası.

Aydın Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen 1995-2010 yılları arası kaydedilmiş 35 büyük yangın koordinatları baz alınarak yangın risk görüntüsünden elde edilen risk değerlerinin genel ortalaması ise 0,61 olarak bulunmuştur. Görüntü geneli yangın risk ortalaması ile yangın noktalarının ortalaması arasındaki belirgin fark üretilen yangın risk indeksinin başarısını ortaya koymaktadır.

Yangın risk görüntüsü arazi örtü sınıfları bazında da ele alınarak her alan kullanım/arazi örtüsü sınıfı için yangın risk indeks ortalamaları tespit edilmiştir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 : BMH arazi örtü sınıflarına göre yangın risk değerleri.

Sınıflar	Alan (km ²)	Yangın Risk İstatistikleri			
		Min.	Maks.	Ortalama	Std. Sapma
Zeytinlik-Bahçeler	1139	0,29	0,78	0,57	0,08
Yaprak dökken orman	448	0,30	0,73	0,54	0,08
Herdemyesil orman	2675	0,30	0,80	0,51	0,07
Maki	4363	0,27	0,81	0,51	0,07
Yerleşim	516	0,14	0,66	0,39	0,10
Çayır-Mera	2876	0,18	0,69	0,38	0,07
Tarım	3681	0,12	0,61	0,36	0,09
Kayalık alan	201	0,13	0,65	0,33	0,09
Boş alan	9801	0,11	0,66	0,33	0,08
Sulak alan	37	0,14	0,58	0,32	0,06

Sınıf bazında elde edilen risk indeks değerlerine göre en fazla yangın riski içeren arazi örtüsü sınıfı zeytinlik ve meyve bahçeleri olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 5.23). Ortalama değerlere göre zeytinlik ve bahçe alanlarını yangın riskine göre yaprak dökken ve herdemyeşil ormanlar ve maki takip etmektedir. Doğal alanlardaki bu yüksek yangın risk değerleri, özellikle yerleşim ve tarım alanları ile komşu yada bunlara yakın alanlardaki yüksek değerlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.24, Şekil 5.25, Şekil 5.26). Yerleşim alanları içinde kalan koruluk veya yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar da yerleşim alanları için yangın risk değerlerinin artmasına neden olmaktadır (Şekil 5.27). En düşük yangın riski barındıran sınıflar ise sırasıyla sulak alanlar, boş alanlar ve kayalık alanlar olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.23 : Aydın Nazilli İlçesi kuzeyi örnek yangın risk alanı.



Şekil 5.24 : Aydın Söke İlçesi kuzeyi örnek yangın risk alanı.



Şekil 5.25 : Muğla Yatağan İlçesi güneybatısı örnek yangın risk alanı.



Şekil 5.26 : Muğla Yatağan İlçesi kuzeydoğusu örnek yangın risk alanı.



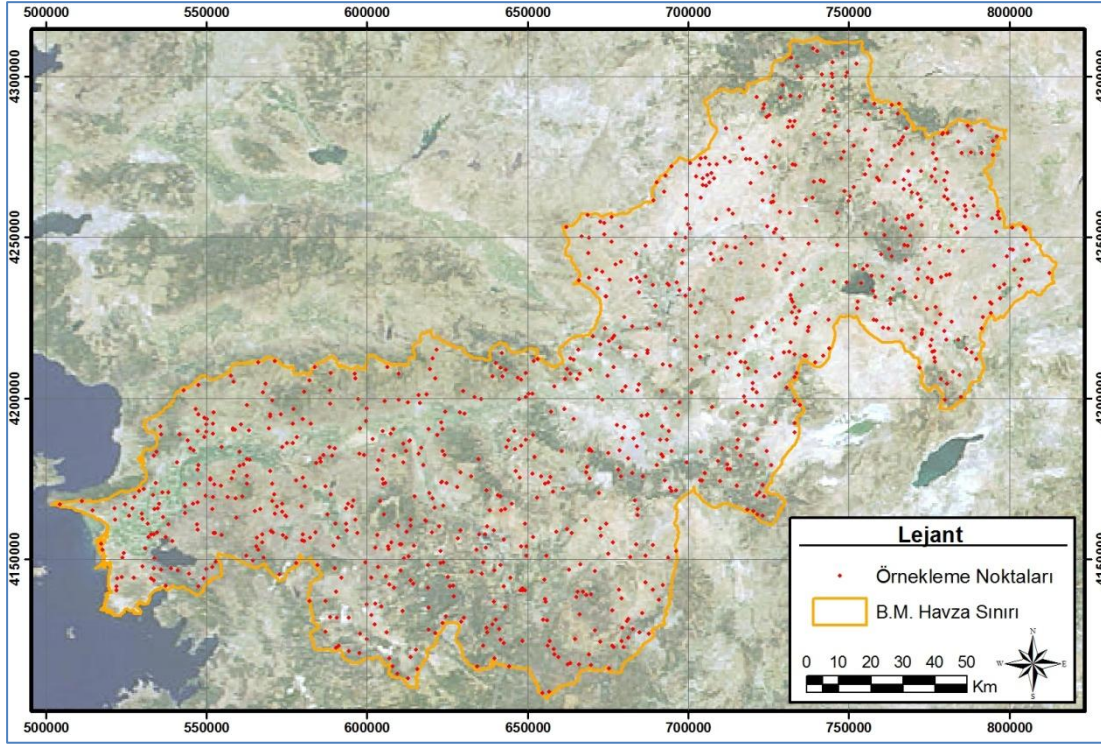
Şekil 5.27 : Afyon Dinar İlçesi yerleşim alanı örnek yangın risk alanı.

5.4 Net Birincil Üretim Modelleme

Çalışmada Net Birincil Üretim'in (NBÜ) hesaplanması için kullanılan NASA-CASA modelinin çalıştırılabilmesi için ışık kullanım etkinliği, sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, bölgenin alan kullanım/arazi örtüsü, toprak tekstür haritaları ve NDVI değerleri girdi verileri olarak kullanılmaktadır. NBÜ sonuçlarını elde etmek için öncelikle bu veriler düzenlenmiş ve hazır hale getirilmiştir.

Model için gerek duyulan iklim verileri çalışmanın ön hazırlık bölümünde iklim başlığı altında üretilen yıllık ortalama sıcaklık, yağış ve solar radyasyon görüntüleri kullanılmıştır.

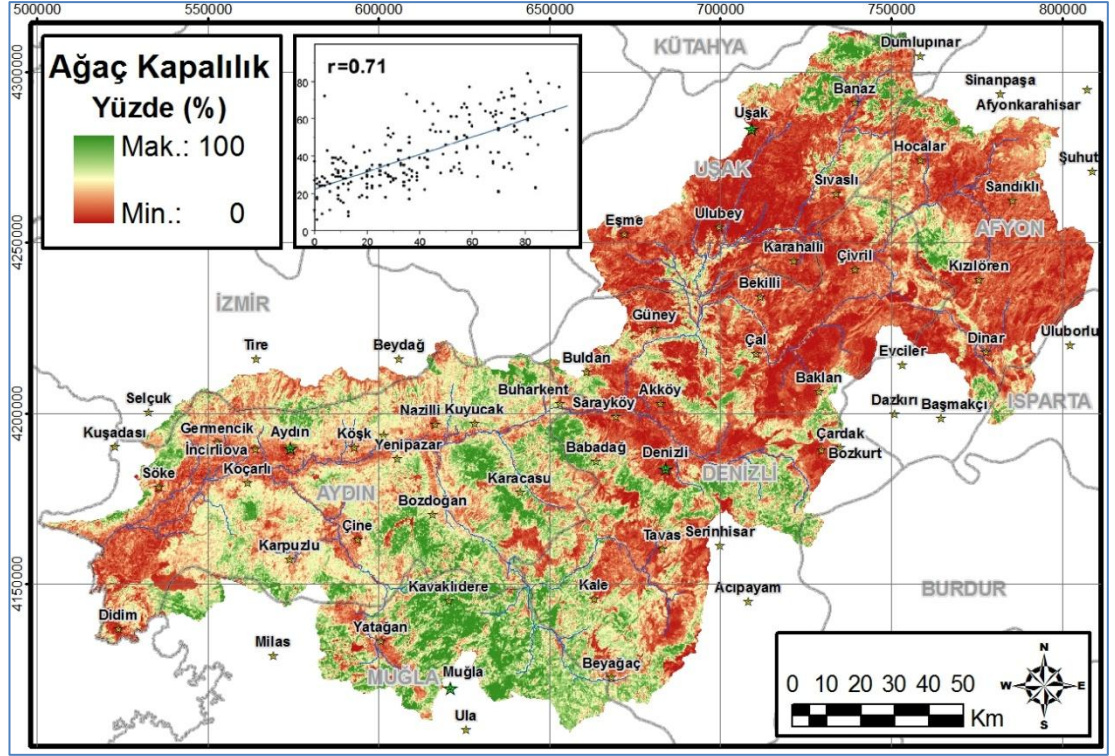
Ağaç Kapalılık Yüzdesi (AKY) verisinin üretilmesinde regresyon ağacı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem hedef alanı ifade eden sürekli yapıdaki açıklayıcı değişken verileri ve konuma bağlı örnek referans değerlerine ihtiyaç duymaktadır. Referans verisi için havza sınırları dahilinde rastgele seçilmiş 1000 noktası belirlenmiştir (Şekil 5.28). Bu referans noktaları baz alınarak Google Earth ve 1/25.000 meşcere haritası değerlendirilerek kapalılıklar görsel olarak tahmin edilmiş ve referans veri seti oluşturulmuştur.



Şekil 5.28 : Regresyon ağacı yöntemi referans nokta konumları.

Açıklayıcı değişken olarak güncel alan kullanımı/arazi örtüsü sınıflamasında kullanılan üç farklı döneme ait toplam üç LANDSAT uydu görüntüsü 18 bandı (Çizelge 3.3) ve bunlardan üretilen NDVI görüntüleri ortalaması (Şekil 4.6) kullanılarak toplamda 19 bandlık bir görüntü kullanılmıştır.

Referans verisi ve açıklayıcı değişkenlerin hazırlanmasıyla regresyon ağacı yönteminin uygulanması bilgisayar ortamında Erdas Imagine programı yardımıyla çalışan Cubist yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuç görüntüsü tüm alan için ağaç kapalılık yüzdesini %71 doğruluk oranıyla vermiştir (Şekil 5.29). Elde edilen AKY sonuçlarına göre BMH dahilinde ağaç kapalılık yüzdesi sıfır olan yerler olduğu gibi %100 olan yerler de mevcuttur. AKY değerlerine göre havza genelinde ise kapalılık %29 oranındadır. Kapalılığın yüksek olduğu alanlar ise daha çok herdemyeşil ormanların bulunduğu alanlarla örtüşmektedir.

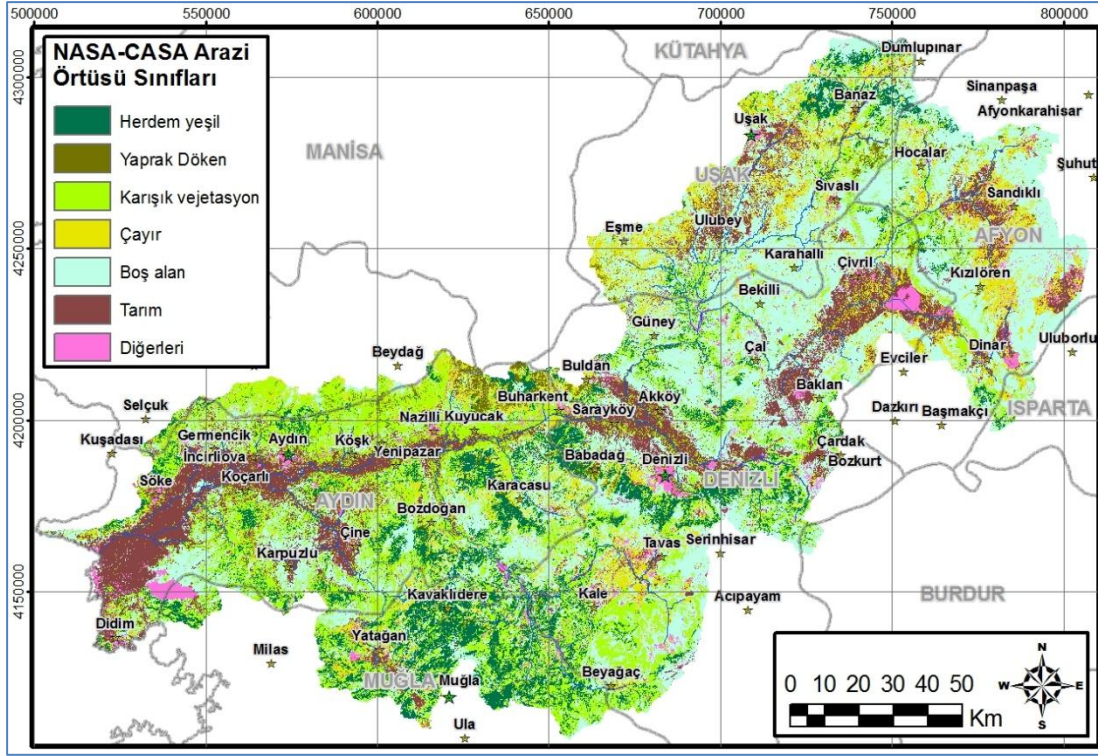


Şekil 5.29 : Ağaç kapalılık yüzdesi görüntüsü.

Çalışmanın ön hazırlık bölümünde üretilen 11 sınıftan oluşan alan kullanım/arazi örtüsü sınıflama görüntüsü NASA-CASA için modelin gereksinim duyduğu yaprak dökken, herdemyeşil, yaprak dökken ve herdemyeşil karışık, çayır, boş alan, tarım ve diğerleri olmak üzere yedi temel sınıfta (Çizelge 5.5) gruplanarak yeniden oluşturulmuştur (Şekil 5.30). Bu sınıflardan diğer grubuna giren sınıflar modelleme dahilinde göz ardı edilmiştir.

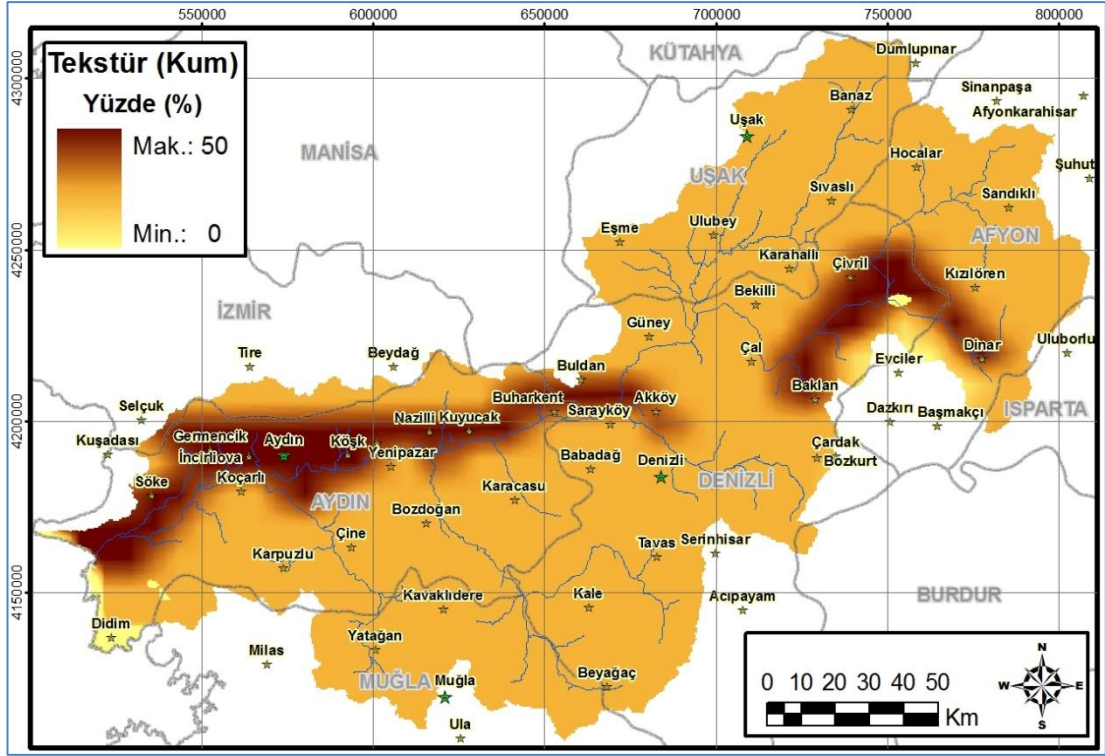
Çizelge 5.5 : NASA-CASA alan kullanım/arazi örtüsü sınıfları gruplandırılması.

Sınıflar	NASA-CASA Sınıfları
Herdem yeşil orman	Herdem yeşil
Yaprak dök. orman	Yaprak dökken
Maki	Karışık
Çayır-Mera	Çayır
Sulak alan	Diğer
Tarım	Tarım
Yerleşim	Diğer
Su yüzeyleri	Diğer
Kayalık alan	Diğer
Boş alan	Boş alan
Zeytinlik-Bahçeler	Karışık

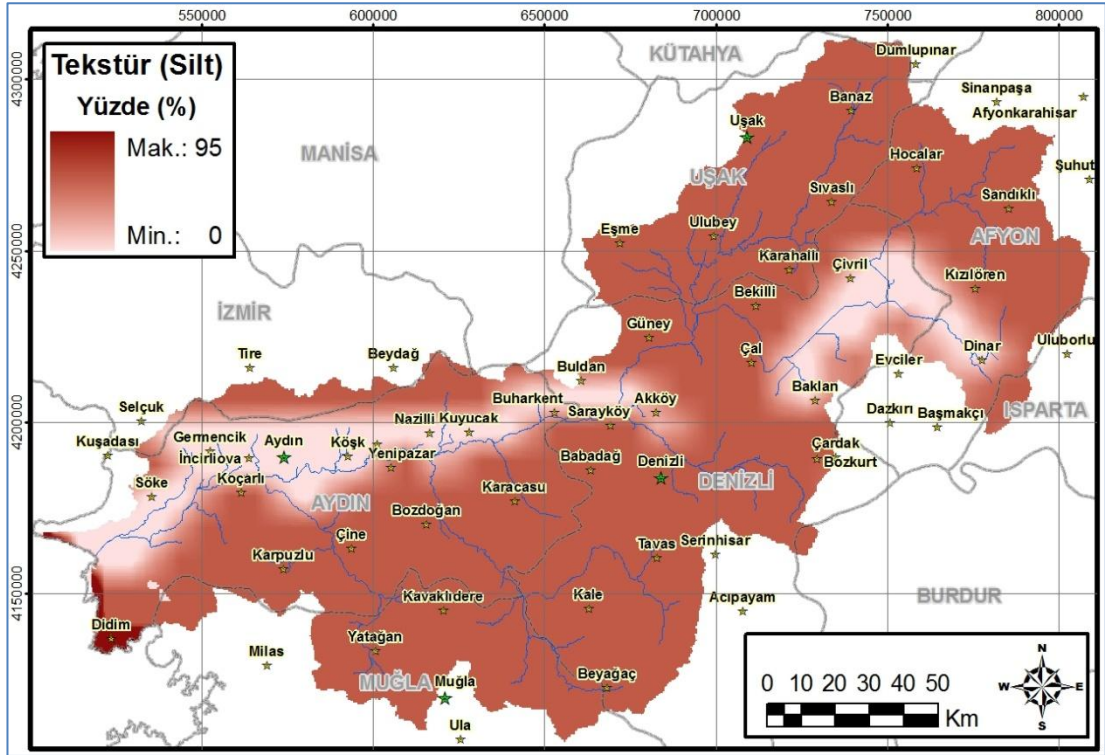


Şekil 5.30 : NASA-CASA sınıfları görüntüsü.

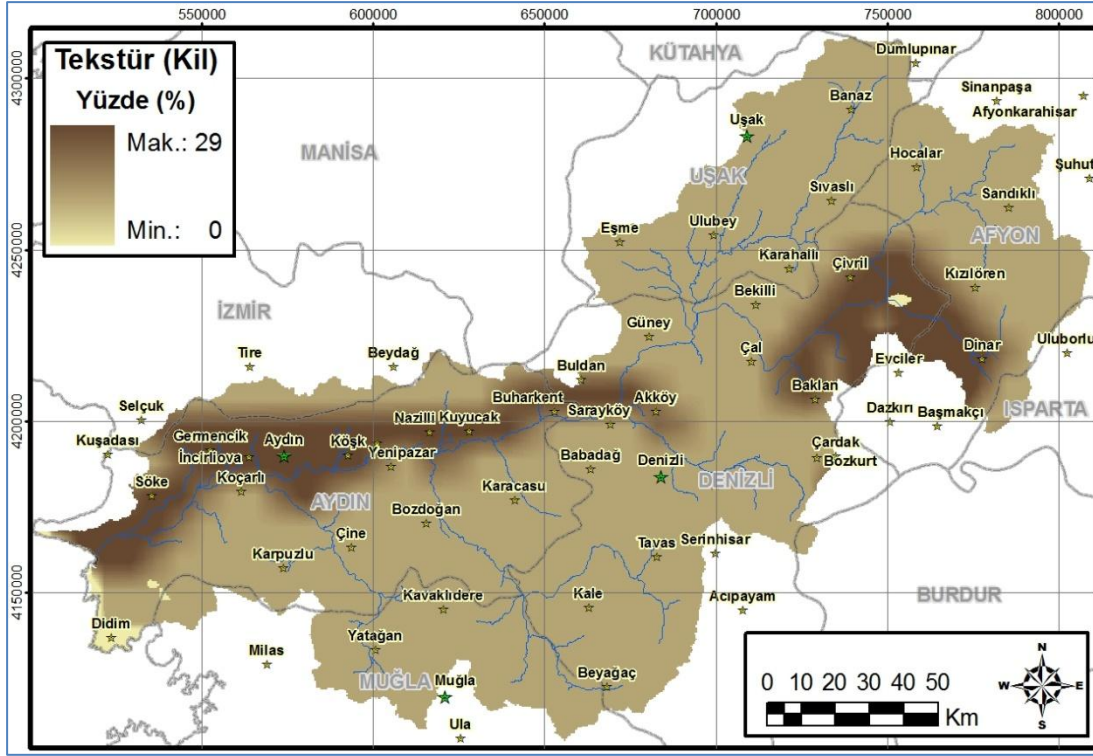
NASA-CASA modeli için gerekli olan tekstür bilgileri çalışma için temin edilen mevcut 1:25000 ölçekli toprak haritası kapsamında bulunmamaktadır. Bu nedenle ihtiyaç duyulan tekstür verileri, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından hazırlanan Harmonize Edilmiş Dünya Toprak Veritabanı projesi kapsamında yapılan çalışmanın çıktılarından faydalanılarak üretilmiştir. Proje resmi internet sitesinden temin edilen 300m çözünürlükteki kum, silt, kil tekstür verileri sırasıyla Şekil 5.31, Şekil 5.32 ve Şekil 5.33'de verilmiştir.



Şekil 5.31 : BMH toprak tekstürü kum oranı.



Şekil 5.32 : BMH toprak tekstürü silt oranı.

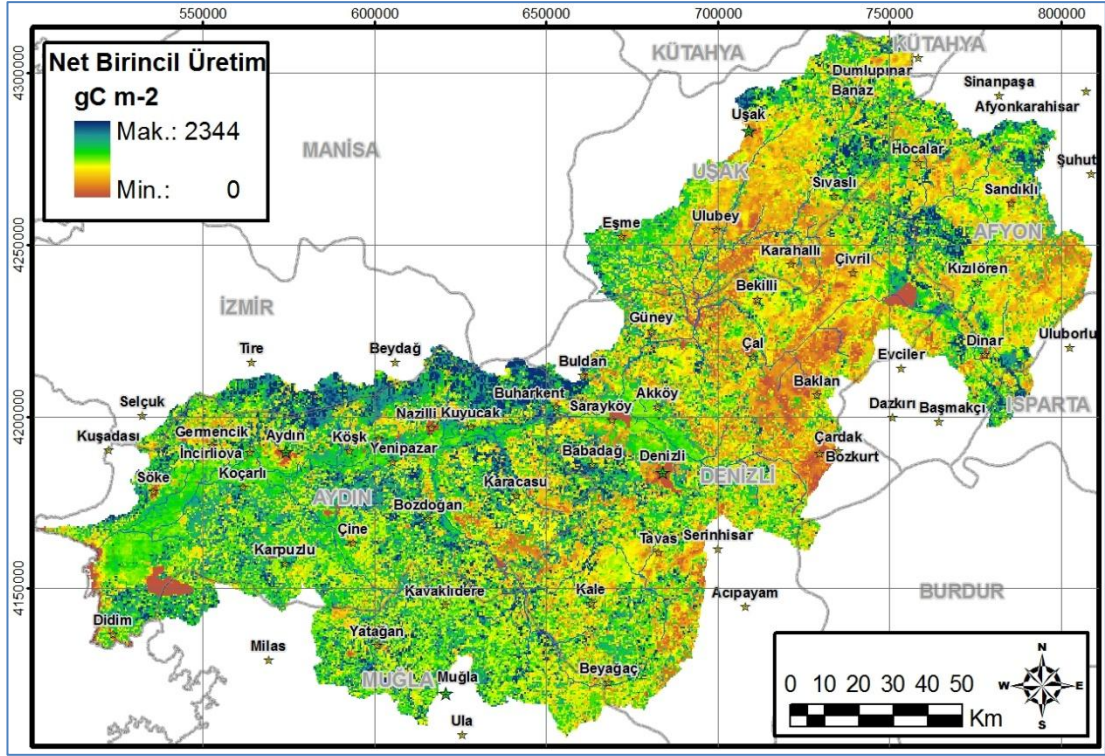


Şekil 5.33 : BMH toprak tekstürü kil oranı.

FAO Harmonize Edilmiş Dünya Toprak Veritabanı verilerine göre BMH toprak tekstürü, havza aşağı ovası ve yukarı güneydoğusunda yer alan Çivril Ovası hariç alanın büyük bölümünde kum ve silt birbirine yakın her biri ortalama %40 oranda geriye kalan ise kil olarak gösterilmiştir. Havzanın aşağı ovası ve yukarı güneydoğusunda yer alan Çivril Ovası'nda ise toprağın yarıya yakın kısmı kum iken geriye kalan kısım ise birbirine yakın oranlarda silt ve kilden oluşmaktadır.

NASA-CASA modelinin ihtiyaç duyduğu NDVI verilesi için çalışmanın ön hazırlık bölümünde hazırlanmış olan yıllık ortalama NDVI görüntüsü (Şekil 4.6) kullanılmıştır.

NASA-CASA için düzenlenen ve hazırlanan ortalama sıcaklık, yıllık toplam yağış, yıllık toplam yağış, solar radyasyon, ağaç kapalılık yüzdesi, alan kullanım/arazi örtüsü, toprak tekstür ve NDVI verileri, UNIX ortamında çalışan model için uygun formata çevrilmiştir. Wisconsin Üniversitesi Sürdürülebilir ve Küresel Çevre Enstitüsü UNIX sistemini dahilinde yer alan NASA-CASA algoritması kullanılarak uygun formata çevrilen girdi verileri ile çalıştırılarak BMH için net birincil üretim görüntüsü üretilmiştir (Şekil 5.34).

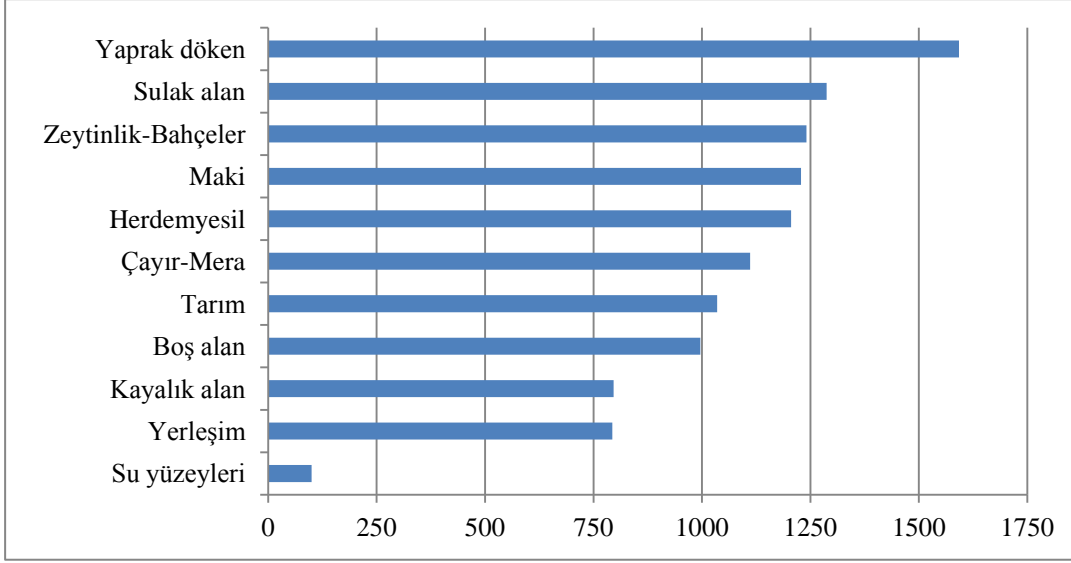


Şekil 5.34 : BMH net birincil üretim görüntüsü.

Modelleme sonucunda üretilen net birincil üretim tahminine göre BMH sınırları içinde en yüksek 2344 gC m^{-2} olup en düşük sıfıra kadar değer almaktadır. Alandaki ortalama verimlilik ise 1085 gC m^{-2} 'dir. Ortalama net birincil üretim arazi örtüsü sınıfları bazında değerlendirildiğinde en yüksek verimlilik yaprak dökenler sınıfında en düşük verimlilik ise su yüzeyleri göz ardı edildiğinde yerleşimlerde görülmüştür. En yüksek verimliliğe sahip olan yaprak döken ormanları birbirlerine yakın değerlerle sırasıyla sulak alanlar, zeytinlik ve bahçeler, maki ve herdemyeşil orman arazi örtüleri takip etmektedir (Çizelge 5.6, Şekil 5.35).

Çizelge 5.6 : Net birincil üretimin sınıflara göre dağılım istatistikleri.

Sınıflar	Alan (km ²)	Net Birincil Üretim İstatistikleri (gC m ⁻²)				
		Min.	Maks.	Ortalama	Std. Sapma	Toplam
Yaprak döken	448	0	2269	1593	447	4704650
Sulak alan	37	0	2209	1287	676	316664
Zeytinlik-Bahçeler	1139	0	2290	1241	437	9327080
Maki	4363	0	2329	1229	452	35371300
Herdemyeşil	2675	0	2344	1206	401	21277200
Çayır-Mera	2876	0	2315	1111	440	21083600
Tarım	3681	0	2281	1035	380	25039500
Boş alan	9801	0	2336	996	437	64433200
Kayalık alan	201	0	2186	796	453	1056760
Yerleşim	516	0	2243	793	533	2698480
Su yüzeyleri	122	0	1652	100	310	80556



Şekil 5.35 : Net birincil üretim alan kullanım /arazi örtüsü sınıflara göre oranı.

Net birincil üretim kapsamında BMH'nda alansal olarak az bulunsa da yaprak döken ormanlar özellikle havzanın kuzey kesimlerinde yer alarak en yüksek verimlilik değerleri göstermektedir. Bu kapsamda Uşak merkez kuzeyinde ve Aydın Buharkent İlçesi kuzeybatısında yer alan yüksek NBÜ verimliliğine sahip iki alan, bu durumu temsil eden en iyi örnek alanların başında gelmektedir (Şekil 5.36 ve Şekil 5.37). Yaprak döken ormanlardan sonra en yüksek NBÜ verimliliğine sahip ikinci arazi örtüsü sınıfları Şekil 5.38'de görülen Denizli Işıklı Gölü kıyısı sulak alanları örneği olan sulak alanlardır.



Şekil 5.36 : Uşak Merkez kuzeyi yüksek NBÜ'e sahip yaprak döken orman alanları



Şekil 5.37 : Aydın Buharkent İlçesi kuzeybatısı yüksek NBÜ'e sahip yaprak döken orman alanları.



Şekil 5.38 : Denizli Işıklı Gölü kıyısı yüksek NBÜ'e sahip sulak alanlar.

NBÜ tahmin değerleri havzada üçüncü en yüksek verimlilik değerlerine sahip arazi örtüsü sınıfı olarak zeytinlik ve bahçeleri göstermektedir. Bu arazi örtüsü sınıfının bu oranda yüksek verimlilik değerlerine sahip olması havzada sık, yoğun ve sağlıklı bir şekilde yaşamaları sağlanan yetişkin zeytin ağaçları (Şekil 5.39) ve de meyve bahçeleri arasında ve kenarında hem sınır belirleme hem de ticari amaçla yetiştirilen yaprak döken ağaçların NBÜ değerlerini yükseltmesine bağlanabilir (Şekil 5.40). Maki ve herdemyeşil ormanlar da yüksek NBÜ değerlerine sahip ilk üç arazi örtüsüne yakın değerlerle havzada verimlilikte sırasıyla dördüncü ve beşinci sıraları almaktadır (Şekil 5.41, Şekil 5.42).



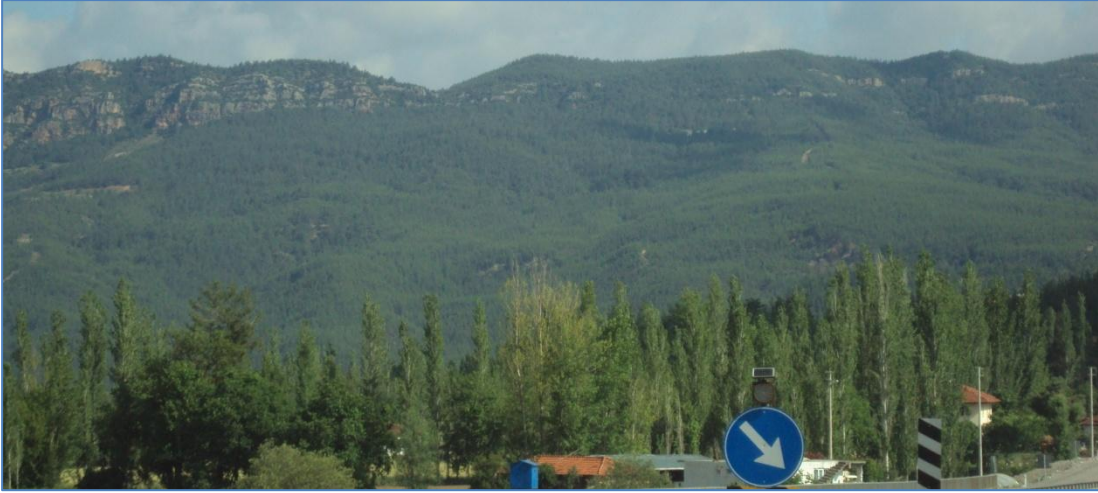
Şekil 5.39 : Aydın Köşk İlçesi kuzeybatısı yüksek NBÜ'e sahip zeytinlikler.



Şekil 5.40 : Denizli Çivril İlçesi doğusu yüksek NBÜ'e sahip bahçe alanları.



Şekil 5.41 : Denizli Çivril İlçesi doğusu yüksek NBÜ'e sahip maki alanları.



Şekil 5.42 : Denizli Kale İlçesi güneydoğusu yüksek NBÜ'e sahip herdemyeşil orman alanları.

5.5 Nüfus Değişim Modellemesi

BMH dahilinde yer alan nüfus, çalışmanın ön hazırlık aşamasında hazırlanan yerleşim merkezleri baz alınarak 2010 adrese dayalı nüfus sayımı ve 1985 nüfus

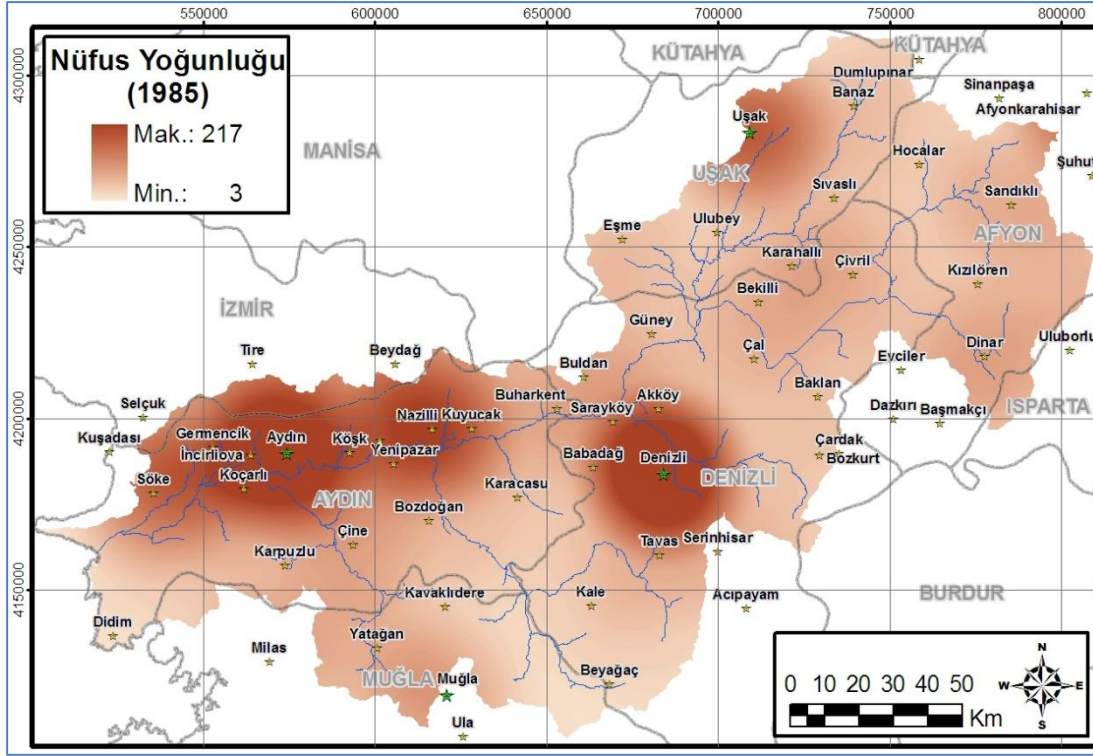
sayımı üzerinden geçmiş ve güncel durum olarak iki farklı tarihte ortaya koyulmuştur.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri baz alınarak derlenen nüfus verilerine göre havza toplam nüfusu 1985 ve 2010 yılları arasında %33 artmıştır (Çizelge 5.7). İllerin havzadaki nüfusları göz önüne alındığında bu artış il bazında %66 oran ile en çok Denizli'de olmuş ve Denizli'den sonra en büyük artış oranı %34 ile Uşak'ta ve %26 ile Aydın'da görülmüştür. Havza genel nüfusu artmış olsa da havza dahilinde sadece bir köyü bulunan Burdur ve üç köyü bulunan Isparta dikkate alınmadığında nüfusunda en büyük düşüş gösteren havza dahilindeki il alanı %18 nüfus düşüşüyle Afyon'a aittir.

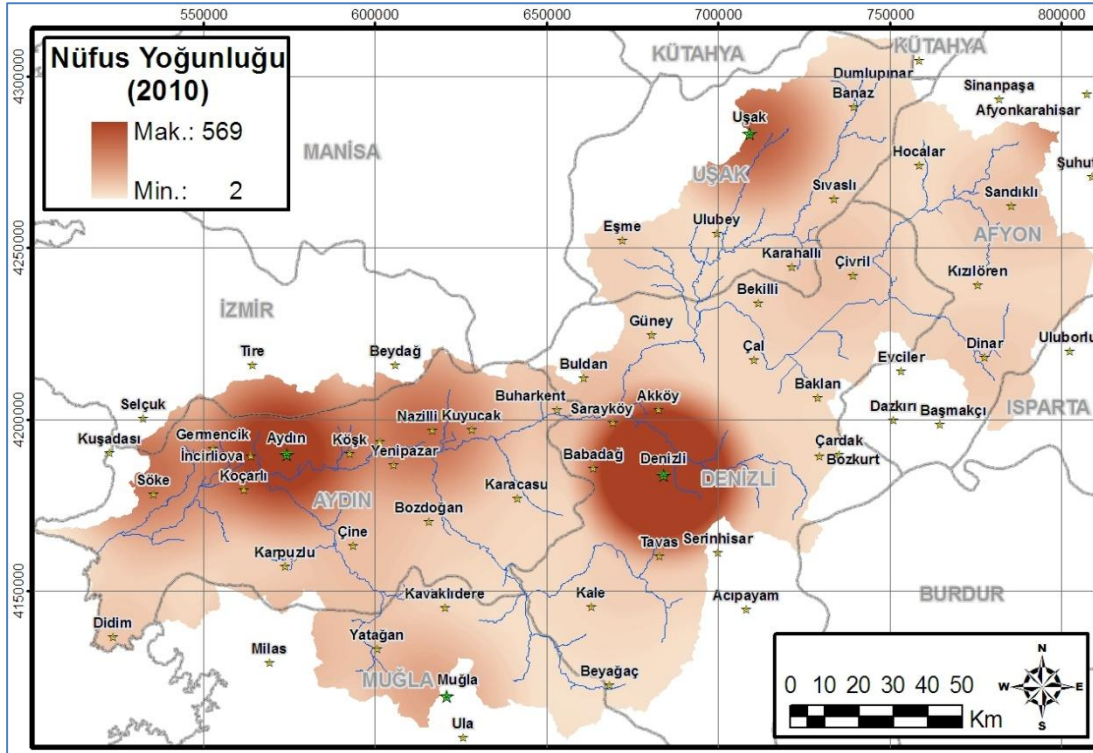
Çizelge 5.7 : İllere göre 1985 ve 2010 yılları nüfusları ve değişim oranları.

İller	Yerleşim Merkezi Sayısı			Nüfus (Kişi)		1985-2010 Değişimi (%)
	il	ilçe	bucak-köy	1985	2010	
Aydın	1	15	473	683.785	863.714	26,31
Denizli	1	13	289	478.646	787.108	64,44
Uşak	1	5	159	226.840	306.144	34,96
Afyon	0	4	132	144.761	118.711	-18
Muğla	0	2	82	74.913	76.181	1,69
İzmir	0	0	28	12.343	11.246	-8,89
Isparta	0	0	3	3517	1671	-52,49
Burdur	0	0	1	724	243	-66,44
TOPLAM	3	39	1167	1.625.529	2.165.018	33,19

İller bazında genellenerek verilen nüfus değişim istatistiklerinin havza dahilinde er konum için tahmin edilmesi için nüfus yoğunluğu yaklaşımı kullanılmıştır. Bu kapsamda öncelikli olarak 1985 ve 2010 yılları nüfuslarının havza yerleşim merkezleri veri tabanını aktarılmıştır. Bu veriler baz alınarak kernel yoğunluk yöntemi dahilinde 30 km arama çapı kullanılarak 30 m çözünürlüğünde havzanın 1985 ve 2010 yıllarına ait nüfus yoğunluğu görüntüleri üretilmiştir (Şekil 5.43 ve Şekil 5.44).



Şekil 5.43 : 1985 yılı nüfus yoğunluğu görüntüsü.

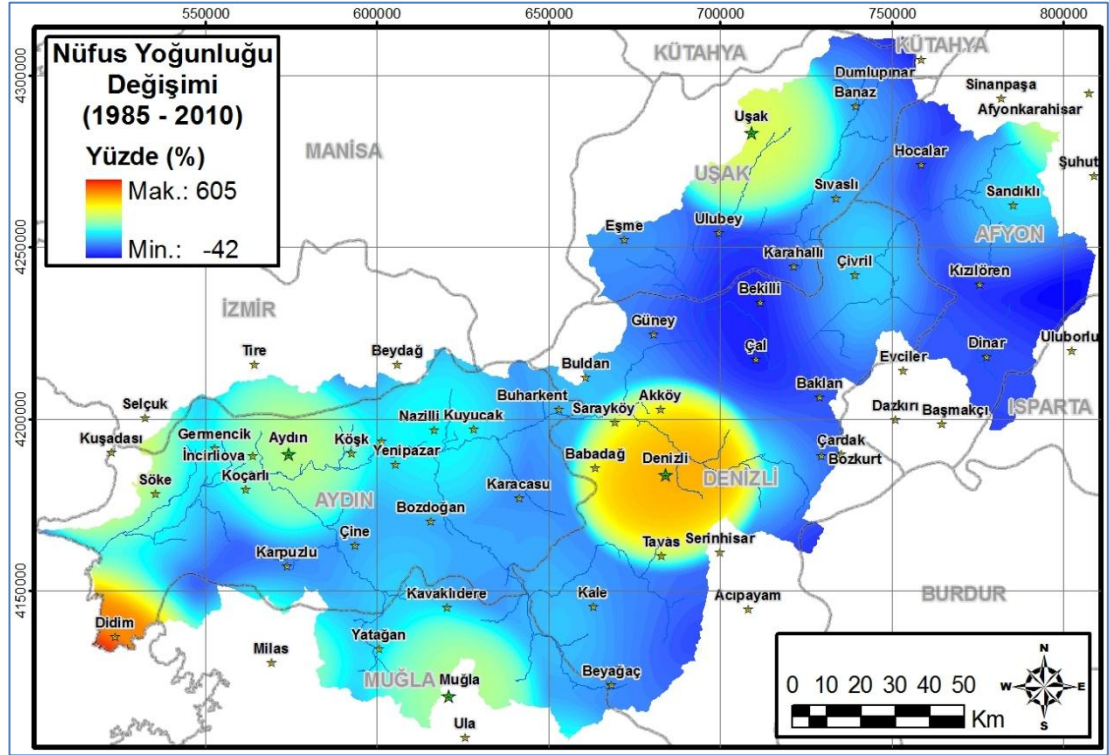


Şekil 5.44 : 2010 yılı nüfus yoğunluğu görüntüsü.

BMH dahilinde 1985 yılı nüfus yoğunluğu km^2 'ye en düşük 2,64 ve en yüksek 217 kişi olarak tespit edilirken söz konusu yıl için havza geneli ortalama nüfus yoğunluğu km^2 'de 61,13 kişi olarak tahmin edilmiştir. Havzanın 2010 yılı güncel nüfus

yoğunluğu genel ortalaması, 1985 yılına göre artarak 80,36 kişi/km² olurken havzadaki en düşük nüfus yoğunluğu 2010 yılında km²'ye 2,27 kişi ve en yüksek yoğunluk ise km²'ye 569,13 kişi olarak belirlenmiştir.

Havzaya ait 1985 ve 2010 yıllarına ait nüfus yoğunluğu görüntülerinin üretilmesiyle CBS ortamında temel matematiksel işlemler kullanılarak bu görüntüler arasındaki nüfus yoğunluğu değişim oranı 30m çözünürlükte konumsal olarak yüzde cinsinden bir görüntüyle tespit edilmiştir (Şekil 5.45).



Şekil 5.45 : BMH 1985 - 2010 yılları nüfus yoğunluğu değişim görüntüsü.

BMH dahilinde 1985 ve 2010 yılları arasında nüfus yoğunluğundaki artış en fazla %605 ve en fazla azalma %42 oranında olmuş ve bu değerler doğrultusunda havza geneli yoğunluk değişimi artış yönünde ortalama %15 oranında tespit edilmiştir. Nüfus yoğunluğundaki en fazla artış Aydın'ın Didim İlçesi ve çevresinde görülürken havza nüfus yoğunluğundaki artış başta Denizli, Aydın ve Uşak olmak üzere il merkezleri ve yakın çevrelerinde gözlemlenmiştir. Bu durum özellikle hızlı, yoğun ve plansız binalaşma ile söz konusu bölgelerde kendini göstermektedir (Şekil 5.46, Şekil 5.47, Şekil 5.48 ve Şekil 5.49). BMH nüfus yoğunluğundaki azalma ise en fazla Denizli ili Bekirli ve Çal ilçeleri arasında kalan bölge ve Afyon İli Kızılören ilçesi ve çevresinde görülmüştür.



Şekil 5.46 : Aydın Didim İlçe merkezi; örnek nüfus yoğunluğu artış alanı.



Şekil 5.47 : Denizli merkezi; örnek nüfus yoğunluğu artış alanı.



Şekil 5.48 : Aydın merkezi, örnek nüfus yoğunluğu artış alanı.



Şekil 5.49 : Uşak merkezi, örnek nüfus yoğunluğu artış alanı.

5.6 Alan Kullanım/Arazi Örtüsü Değişim Modellemesi

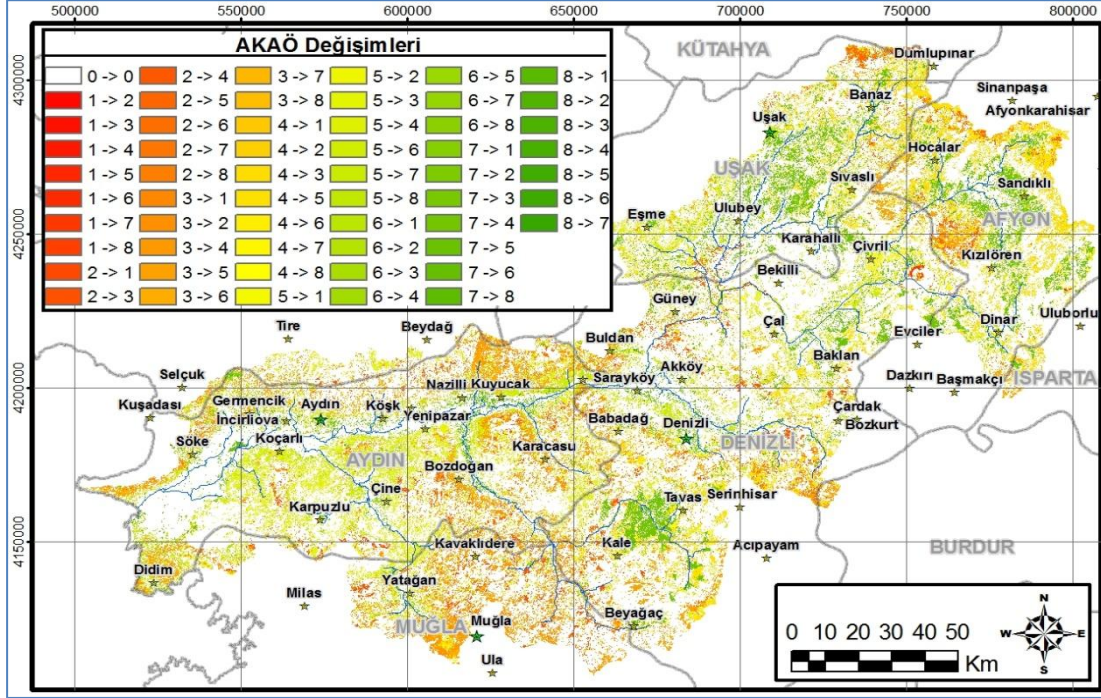
BMH'nin alan kullanım/arazi örtüsünde (AKAÖ) oluşan değişimlerin ekosistem üzerine yarattığı baskı ve risklerin belirlenmesi için sırasıyla; (i) değişim analizi ile değişimin tespiti, (ii) değişim gösteren alanlarda risk ağırlıklandırması, (iii) değişim olasılığının tespiti ve risk ağırlıklandırması ve (iv) değişim ve değişim olasılığı risk değerlerinin birleştirilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Değişim analiz için çalışmanın ön hazırlık bölümünde üretilen 1986-1987 yıllarına ait geçmişi ve 2002-2003 yıllarına ait günceli ifade eden AKAÖ sınıflamaları kullanılmıştır (Şekil 4.50 ve Şekil 5.51). Uydu görüntüleri, referans veriler ve sınıflamadan kaynaklı hataları gidererek değişim analizini başarısı arttırmak için sınıflamalara ait 11 AKAÖ sınıfları doğaldan antropojene doğru içerik taşıma durumlarına göre Çizelge 5.8'de verilen şekilde sekiz yeni sınıfa gruplanmış ve buna dayanarak rumuzlar verilmiştir.

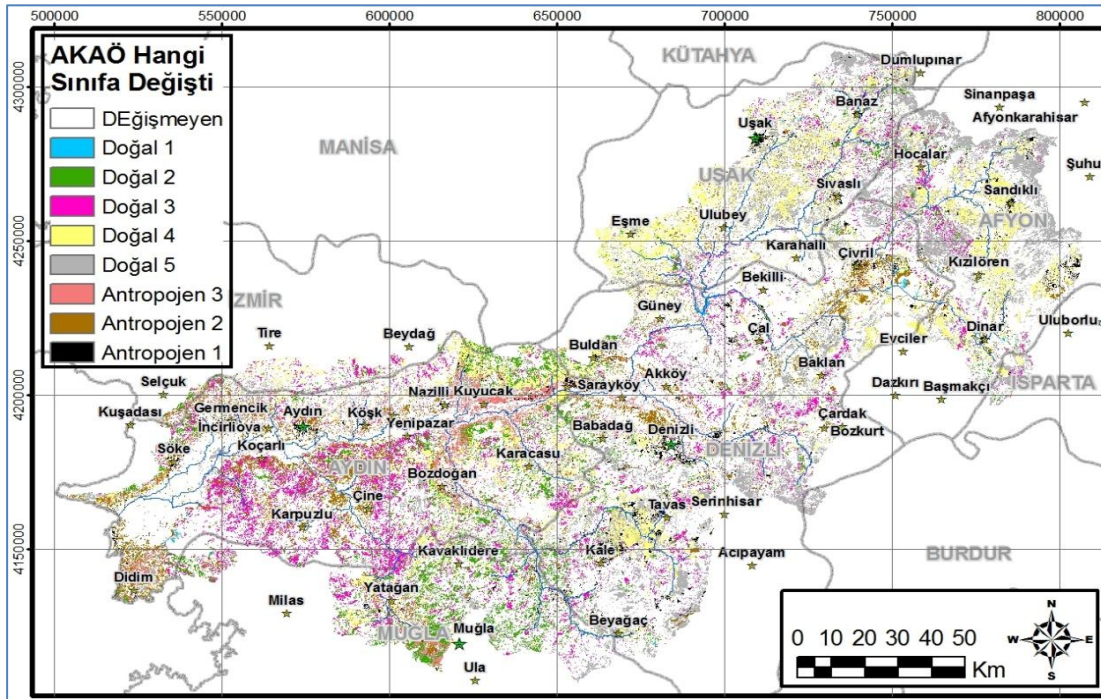
Çizelge 5.8 : AKAÖ sınıflaması değişim analizi için yeniden gruplama tablosu.

Rumuz	Değişim Analizi için Sınıflar	Orijinal Sınıflar
1	Doğal 1	Sulak alan Su yüzeyleri
2	Doğal 2	Herdemyesil orman Yaprak döken orman
3	Doğal 3	Maki
4	Doğal 4	Çayır-Mera
5	Doğal 5	Kayalık alan Boş alan
6	Antropojen 3	Zeytinlik-Bahçeler
7	Antropojen 2	Tarım
8	Antropojen 1	Yerleşim

Yeni gruplamaya göre üretilen güncel ve geçmiş AKAÖ görüntüleri kullanılarak değişim analizi yapılmıştır. Değişim analizi sonuç görüntüsü Şekil 4.69'da verilmiştir. Sonuç görüntüsünde çok fazla değişim kombinasyonu olması nedeniyle renk ayrımı zor olmaktadır. Bu nedenle değişim olan yerlerde sadece hangi sınıfa değiştiğini veren ikinci bir görüntü üretilmiştir (Şekil 4.70).



Şekil 5.50 : Değişim analizi sonuç görüntüsü.



Şekil 5.51 : Değişim analizi sonucu AKAÖ'nün değişim görüntüsü.

Değişim analizi çıktılarından biri olan çapraz sınıflama tablosu Çizelge 5.9'da verilmiştir. Çapraz değişim tablosuna göre en fazla değişim %77 ile doğal-4 olarak isimlendirilen çayır-mera sınıfında görülmektedir. Çayır-mera sınıfındaki bu değişim en çok doğal-5 rumuzu verilen kayalık ve boş alan sınıflarına olmuştur. BMH'nda en fazla değişim görülen ikinci sınıf ise Doğal-3 rumuzlu maki sınıfıdır. Maki sınıfında en çok değişim %21 ile kayalık ve boş alan sınıflarına ve %19 oranıyla herdemyeşil ve yaprak döken ormanlara olmuştur. En düşük değişim ise Doğal-1 rumuzlu sulak alan ve su yüzeyleri sınıfında oluşmuş ve bu değişim en fazla %9 oranında tarım alanlarına şeklinde tespit edilmiştir.

Çizelge 5.9 : Değişim analizi çapraz sınıflama tablosu.

Yüzde (%)		1986-1987							
		Doğal 1	Doğal 2	Doğal 3	Doğal 4	Doğal 5	Ant. 3	Ant. 2	Ant. 1
2002-2003	Doğal 1	88,82	0,11	0,11	0,24	0,14	0,30	0,10	0,10
	Doğal 2	0,66	66,74	18,86	5,18	1,98	2,20	0,23	0,30
	Doğal 3	0,05	20,51	45,27	8,44	11,12	8,44	0,43	0,74
	Doğal 4	0,10	1,52	6,25	23,14	9,30	2,51	19,48	3,46
	Doğal 5	0,88	10,20	21,28	48,99	65,50	5,96	18,76	22,15
	Antrop. 3	0,15	0,50	5,14	1,14	2,53	48,10	6,18	8,60
	Antrop. 2	9,25	0,26	2,56	9,47	7,58	29,75	52,85	15,63
	Antrop. 1	0,07	0,17	0,53	3,40	1,85	2,74	1,97	49,01
	Sınıf Toplamı	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	Değişen Toplamı	11,18	33,26	54,73	76,86	34,50	51,90	47,15	50,99

Havzada görülen en büyük değişim tipi olan çayır-meradan boş ve kayalık alanlara değişim süreci daha çok aşırı otlatma ve düzensiz de olsa tarıma elverişsiz bu alanlarda tarım uygulaması yapılmaya çabalarının ve dolayısıyla oluşan erozyonun bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.52). En büyük değişim gösteren ikinci sınıf olan maki ise daha çok boş alan ve orman alanlarına dönüşmüştür. Bu durum daha çok yasal yada yasal olmayan kesim işleri, özellikle Orman Genel Müdürlüğü tarafından ağaç dikimi ve de doğal sürecinde orman ağaçlarının maki alanlarında hakim tür olmasıyla ortaya çıkmıştır (Şekil 5.53 ve Şekil 5.54).



Şekil 5.52 : Örnek çayır-meradan boş-kayalık alanlara değişim bölgesi;
Afyonkarahisar Kızılören İlçesi kuzeydoğusu.



Şekil 5.53 : Örnek makiden boş-kayalık ve orman alanlarına değişim bölgesi;
Aydın Buharkent İlçesi güneyi.



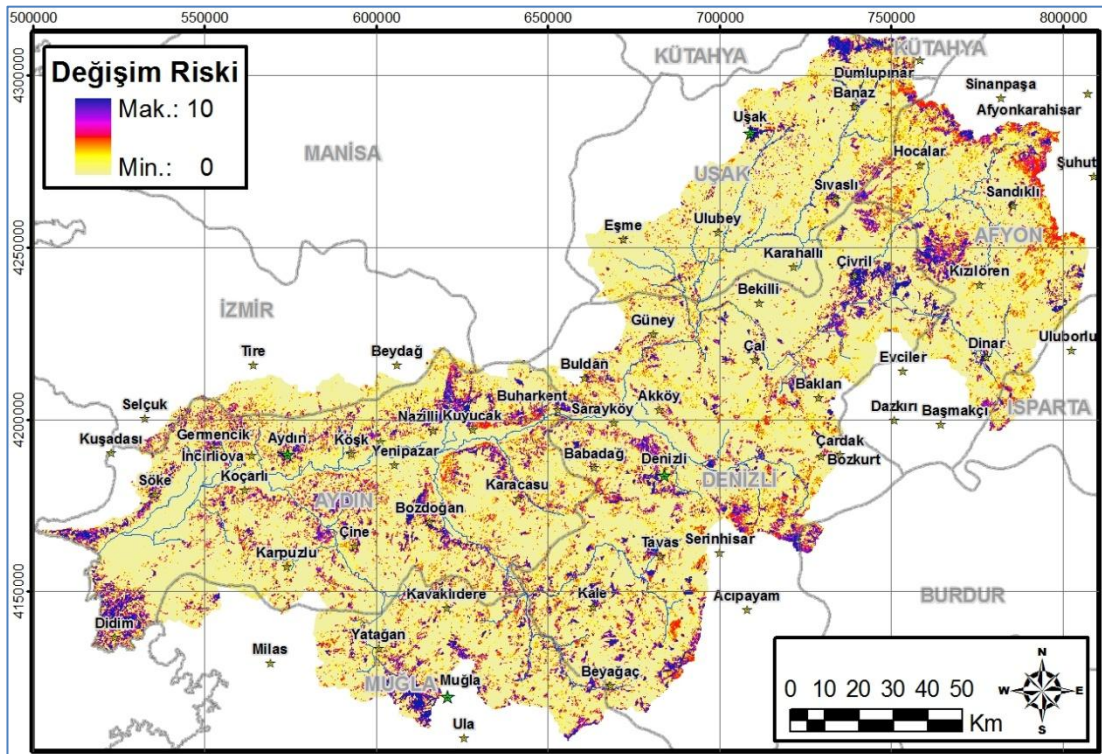
Şekil 5.54 : Örnek makiden boş-kayalık ve orman alanlarına değişim bölgesi;
Aydın Nazilli İlçesi güneydoğusu.

BMH dahilinde değişimin tespit edilmesiyle Çizelge 4.23'de verilen doğaldan daha antropojen olma sıralaması temel alınarak değişimlerinin taşıdıkları ekolojik risk, her sınıf için uzman görüşleri ve literatür doğrultusunda ağırlıklandırma katsayıları tespit edilerek ağırlıklandırma yapılmıştır (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 : AKAÖ Değişim risk ağırlıklandırma katsayısı.

Yüzde (%)		1986-1987							
		Doğal 1	Doğal 2	Doğal 3	Doğal 4	Doğal 5	Ant. 3	Ant. 2	Ant. 1
2002-2003	Doğal 1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Doğal 2	1	0	0	0	0	0	0	0
	Doğal 3	3	2	0	0	0	0	0	0
	Doğal 4	5	4	2	0	0	0	0	0
	Doğal 5	7	6	4	2	0	0	0	0
	Antrop. 3	9	8	6	5	2	0	0	0
	Antrop. 2	9	9	8	7	4	2	0	0
	Antrop. 1	10	10	9	9	6	5	3	0

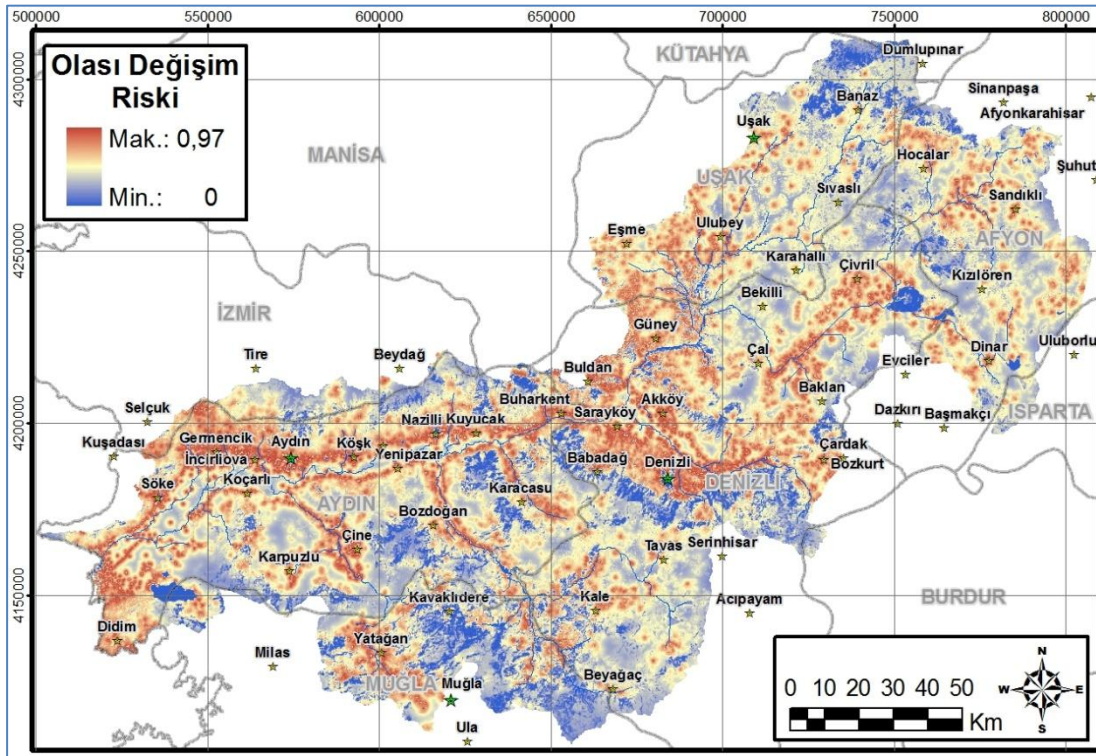
Çizelge 4.25'deki ağırlıklandırma temel alınarak değişim analizi sonuç görüntüsü düzenlenmiş ve değişim risk görüntüsü üretilmiştir (Şekil 5.55).



Şekil 5.55 : Değişim risk görüntüsü.

Havzanın AKAÖ'nde oluşan değişimlerin taşıdığı risklerin tahmin edilmesinde direk değişimlerin ağırlıklandırılmasına ek olarak güncel sınıfların değişme ihtimallerinin

de taşıdığı riskler tahmin edilmiştir. Bu amaçla her sınıfın diğer sınıflara olan mesafesi değişme ihtimalinin bir göstergesi olarak kullanmıştır. Her sınıfın diğer sınıflara olan uzaklığının Çizelge 4.25'de verilen AKAÖ değişim risk katsayılarıyla ağırlıklandırılmasını sağlayan çok kriterli analiz yaklaşımıyla, her sınıf için olası değişim risk değeri üretilmiştir. Her sınıf için CBS ortamında katmanlar halinde üretilen olası değişim risk değerleri mozaik yöntemiyle birleştirilmiş ve BMH için tek bir olası değişim risk görüntüsü üretilmiştir (Şekil 5.56).



Şekil 5.56 : Olası değişim risk görüntüsü.

Değişimin taşıdığı riski ifade eden değişim risk görüntüsü ve gelecekte olması olası değişimlerin taşıdığı riski veren olası değişim risk görüntüsünün tek bir final değişim risk haritasıyla ifade edilmesi için bu iki risk görüntüsü toplanmıştır. Bu işlem yapılmadan önce her iki görüntünün değer ölçeğinin standardize edilmesi için değişim risk görüntüsü 0 ile 1 arasına ölçeklenmiştir. Bu işlem sonrasında iki görüntünün toplanmasıyla toplam değişim risk görüntüsü üretilmiştir (Şekil 5.57).



Şekil 5.59 : Örnek değişim riski yüksek alanlar; Büyük Menderes Deltası sulak alanlarında tarım alanları.

AKAÖ değişiminin yarattığı riskler bakımından yerleşim ve tarım alanları gibi antropojen alanların yakın çevreleri de yüksek risk değerleri almışlardır. Bu durum özellikle orman alanları içinde ve yakınında bu alanları yok ederek oluşturulan yerleşim alanlarında daha belirgin ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.60). Benzer şekilde özellikle uygun tarımsal niteliklere sahip tarım alanlarının yerleşim alanlarına dönüştürülmesi bu alanlarda havzanın değişim risk değerlerinin yükselmesine neden olmaktadır (Şekil 5.61). Değişim risk değerlerinin yüksek olarak tespit edildiği diğer alanlar ise özellikle eğimli orman ve maki alanlarının yerleşim ve tarıma dönüştürüldüğü alanlar olarak öne çıkmaktadır (Şekil 5.62, Şekil 5.63 ve Şekil 5.64).



Şekil 5.60 : Örnek değişim riski yüksek alanlar; Denizli Merkez, ormandan yerleşime dönüşüm alanları.



Şekil 5.61 : Örnek değişim riski yüksek alanlar; Aydın Merkez, tarımdan yerleşime dönüşüm alanları.



Şekil 5.62 : Örnek değişim riski yüksek alanlar; Denizli Honaz ilçesi, orman ve makiden tarım ve yerleşime dönüşüm alanları.



Şekil 5.63 : Örnek değişim riski yüksek alanlar; Aydın Buharkent ilçesi güneydoğusu, orman ve makiden tarıma dönüşüm alanları.



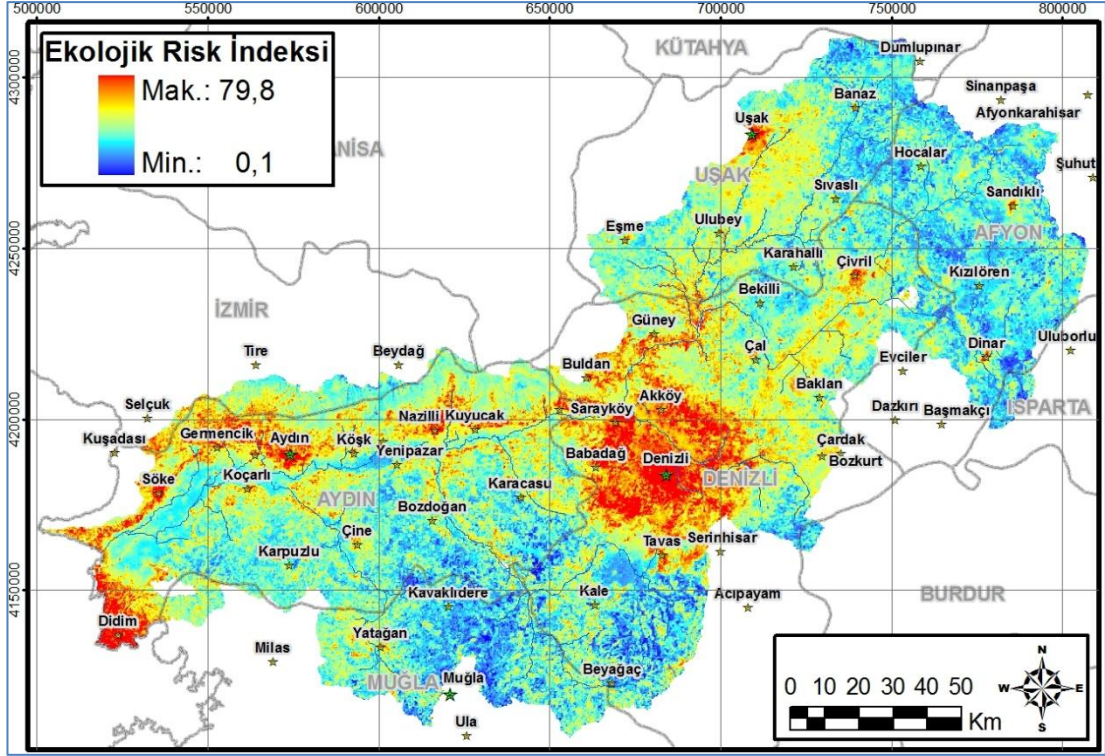
Şekil 5.64 : Örnek değişim riski yüksek alanlar; Uşak Merkez Kuzeyi, ormandan tarıma dönüşüm alanı.

Genel olarak değişimin doğaldan antropojene daha etkin olduğu ve doğal alan yakın çevresinde daha antropojen sınıfların yer aldığı alanlarda toplam değişim riski yüksek çıkmıştır. Aksi olarak değişim şiddetinin yumuşak olduğu ve yakın çevredeki benzer sınıfların olduğu alanlarda ise toplam değişim riski düşük değerlerde kalmıştır.

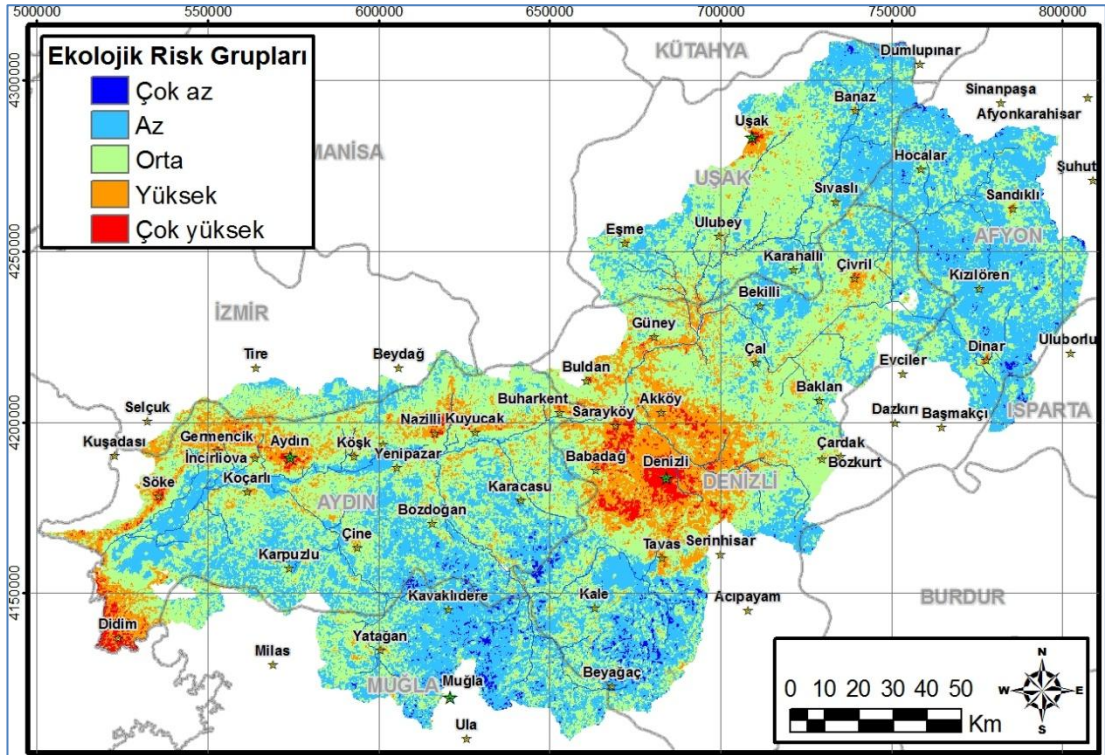
5.7 Modelleme Sonuçlarının Birleştirilmesi: Bütüncül Ekolojik Risk Haritası

BMH için ekolojik risk içeren faktörlerin belirlenip, niceliksel ve konumsal olarak modellenmesi ile çalışmanın hedef çıktısı olan bütüncül ekolojik risk görüntüsünü oluşturacak bileşenler elde edilmiştir. Her bir bileşen çıktısının farklı değer aralıklarında değerler alıyor olması nedeniyle, bu çıktıların bir araya getirilmesi işleminden önce standart hale getirilmiştir. Bu işlem için yangın risk değerlendirmesinde kullanılan girdi verilerinin de standardize edilmesinde kullanılan Fuzzy yaklaşımı kullanılmıştır.

Fuzzy yaklaşımı ile tüm çıktı görüntüleri CBS ortamında ekolojik riski ifade edecek şekilde 0-100 değerleri arasına ölçeklendirilerek genel bir ekolojik risk indeksi oluşturulmuştur. Son olarak bu görüntülerin ortalaması alınarak BMH nihai ekolojik risk değerlendirme sonucu CBS ortamında raster görüntü formatında üretilmiş (Şekil 5.65) ve kendi içinde gruplanarak ekolojik risk grupları oluşturulmuştur (Şekil 5.66).



Şekil 5.65 : BMH ekolojik risk indeksi görüntüsü.



Şekil 5.66 : BMH ekolojik risk grupları görüntüsü.

Üretilen ekolojik risk indeksi görüntüsü sonucuna göre havzadaki en yüksek ekolojik risk değeri 79,8 ile Aydın'ın Didim ilçesi yerleşim alanı içerisinde ortaya çıkmıştır.

Benzer şekilde ekolojik risk indeks değeri yüksek çıkan diğer bölgeler ise Denizli, Aydın ve Uşak il merkezleri, Denizli Çivril, Aydın Söke ve Aydın Nazilli ilçe merkezleri olarak tespit edilmiştir. Ekolojik risk indeks değerleri yüksek çıkan bu alanlarda genel olarak nüfus artışının çok yüksek olduğu dolayısıyla, arazi örtüsü/kullanım değişim miktarının fazla olması, bu değişimin ise özellikle verimliliği yüksek doğal alanlardan daha düşük verimlilik değerlerine sahip yerleşim ve boş alanlara dönüşmüş olduğu görülmektedir. Bu alanlardaki bu değişimlerin eğimi yüksek alanlarda olması erozyon değerlerinin artmasına ve doğal alanlardan özellikle ormanların azalması ile yerleşim ve tarım alanları arasında kalan doğal alanlarda da yangın riskinin artmasına neden olmaktadır. Bu süreç de bu bölgelerdeki ekolojik riskin yüksek çıkmasında etkili olmaktadır.

6. MEVCUT PLANLAR VE EKOLOJİK RİSK ANALİZİ

Üretilen ekolojik risk analizi sonuç haritası BMH dahilinde ekolojik riski niceliksel ve konuma bağlı olarak tahmin etmiştir. Herhangi bir alt sınır gözetmeksizin tüm havza için üretilen ekolojik risk analizinin, havzanın gelecekteki alan kullanımını şekillendirecek olan ve büyük bir kısmını kapsayan çevre düzeni planı ile ortaya konan mevcut ve öngörü koruma alanları ve de kentsel gelişim alanları için aldıkları değerler ortaya konulmuştur. Böylelikle söz konusu Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı'nın risk analizi dahilinde değerlendirilmiştir.

Çevre düzeni planının, ekolojik risk değerleri odaklı değerlendirilmesi planda yer alan mevcut koruma alanları ve öngörü kentsel gelişim alanları bazında iki farklı bakış açısıyla yapılmıştır.

BHM sınırları içinde yer alan ve Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı dahilinde belirtilmiş mevcut koruma alanları sınırları dahilinde tahmin edilen ekolojik risk değerleri her bir risk bileşeni için ayrı ayrı hesaplanarak yüzde cinsinden Çizelge 6.1'de verilmiştir. Buna göre en yüksek ortalama ekolojik risk değerleri sırasıyla Dilek Yarımadası Milli Parkı, Honaz Dağı Milli Parkı ve Büyük Menderes Deltası Önemli Kuş Alanı sınırları dahilinde, en düşük değerler ise Akdağ Tabiatı Koruma Alanı ve Işıklı Göl Sulak Alanında tespit edilmiştir.

Çizelge 6.1 : BMH Doğa Koruma alanları ekolojik risk değerleri tablosu.

	Alan (ha)	Erozyon	Kuraklık	Yangın	Verimlilik	AKAÖ Değ.	Nüfus Değ.	Sonuç
Dilek Yarımadası MP	6780	14,29	71,75	45,15	62,84	34,64	30,20	43,14
Honaz Dağı MP	9367	15,50	76,40	44,52	52,19	8,85	60,68	43,02
Büy. Men. Delt. ÖKA	18	3,66	71,55	50,06	64,18	35,22	21,74	41,07
Bafa Gölü TKA	6166	14,14	68,24	53,79	47,48	12,70	15,32	35,28
Yaban Hayatı KGA	147737	9,27	77,98	41,77	51,54	13,40	22,28	32,80
Azap Gölü ÖKA	45	0,48	68,19	48,55	62,51	4,07	10,73	32,42
Işıklı Göl Sulak Alanı	9846	1,12	87,92	19,57	48,15	17,44	6,87	30,18
Akdağ TKA	8786	11,41	86,74	13,66	49,56	12,94	2,95	29,54

En yüksek ekolojik risk değerine sahip Dilek Yarımadası MP'nın havza sınırları içinde kalan bölümünün bu yüksek değerlere ulaşmasındaki en büyük etki alan geneline göre yüksek oranda olan kuraklık ve düşük verimliliğe dayalı yüksek verimlilik risk faktörlerinden kaynaklanmaktadır. Bu durum aynı zamanda diğer koruma alanları değerlerine kıyasla yüksek sayılabilen AKAÖ değişimi ve yangın riski değerlerine de dayanmaktadır.

Honaz Dağı Milli Parkı'nın ekolojik risk bazında yüksek değerlere sahip olması daha çok yüksek nüfus değişim riski ve alan geneline göre yüksek kuraklık riskine sahip olmasının bir sonucudur. Bu alanın, 1985-2010 yılları arasında %50 nüfus büyümesi gösteren Denizli merkez ve çevre ilçelerin oluşturduğu nüfus artışı bölgesine yakın olması milli park üzerindeki nüfus değişim risk değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmuştur. Milli Park tüm havza geneli erozyon risk değerlerine oranla düşük erozyon değerlerine sahip olsa da engebeli yapısı ve yer yer yetersiz bitki örtüsü nedeniyle diğer koruma alanları içinde en yüksek erozyon risk değerlerine sahiptir.

Akdağ Tabiatı Koruma Alanı ekolojik risk değerleri en düşük çıkan doğa koruma alanı olarak tespit edilmiştir. Genel sonuç değerlerinin düşük çıkmasına rağmen diğer koruma alanlarına göre kuraklık ve erozyon risk değerleri ciddi olabilecek seviyelere yakındır. Bunlara rağmen genel risk değerlerini düşük çıkması bu alanın özellikle nüfus yoğunluğu yüksek alanlardan uzak olmasına böylelikle de AKAÖ değişimi, nüfus artışı ve yangın kaynaklı risklerin de düşük olmasına neden olmuştur.

Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi Çevre Düzeni Planı kapsamında kentsel gelişim alanı olarak bu iller kapsamında çeşitli şehir merkezleri için toplam 331 adet alan belirlenmiştir. Söz konu bu gelişim alanlarının ekolojik risk değerleri, ortaya konulan ekolojik risk analizi sonuçları temel alınarak tespit edilmiştir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2 : Çevre düzeni planı kentsel gelişim alanları ekolojik risk değerleri.

Risk Faktörleri	Kentsel Gelişim Alanı				Havza Ortalaması
	Min.	Maks.	Std.Sap.	Ortalama	
Erozyon	0,00	55,38	6,04	2,59	9,19
Kuraklık	71,76	73,00	0,29	72,38	71,67
Yangın	33,12	78,10	9,57	52,73	39,10
Verimlilik	22,61	87,72	16,92	49,06	48,98
AKAÖ Değişimi	1,54	80,11	19,30	32,55	12,73
Nüfus Değişimi	37,23	39,59	0,54	38,46	14,79
Sonuç	30,42	57,76	4,68	41,30	32,74

Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi Çevre Düzeni Planı ile öngörülen kentsel gelişim alanları göz önüne alındığında bu alanlardaki genel ekolojik risk değerinin havza ortalamasından yaklaşık %10 daha yüksek olduğu görülmüştür. Kentsel gelişim alanlarının risk faktörleri bazında aldıkları değerler havza geneli ortalamalarıyla karşılaştırıldığında sadece erozyon risk değerlerinin havza ortalamasından düşük olduğu, kuraklık ve verimlilik risk değerlerinin havza ortalamalarında; nüfus değişimi, AKAÖ değişimi ve de yangın risk değerlerin ise havza ortalamalarının çok üstünde olduğu görülmüştür.

Öngörü kentsel gelişim alanı ekolojik risk değerleri iller bazında değerlendirildiğinde birbirlerine yakın değerlere sahip olsa da Denizli İli kentsel gelişim alanları Aydın'a göre küçük farkla daha yüksektir (Çizelge 6.3). Muğla kentsel gelişim alanları risk değerlerinin düşük çıkmış olması havza sınırları içine giren sadece birkaç alan olması nedeniyle çok temsil edici olmamıştır. Bu durum Muğla için risk değerlerinin havza geneli ortalamalarından daha düşük çıkmasına da neden olma ihtimali barındırmaktadır.

Çizelge 6.3 : Çevre düzeni planı kentsel gelişim alanları illere göre ekolojik risk değerleri istatistik tablosu.

Risk Faktörleri	Muğla 1087 ha	Aydın 6782 ha	Denizli 126923 ha	Havza Ortalaması
Erozyon	5,96	3,51	1,81	9,19
Kuraklılık	41,05	69,12	76,81	71,67
Yangın	37,27	68,09	45,85	39,10
Verimlilik	48,28	46,02	50,76	48,98
AKAÖ Değ.	36,37	35,22	30,80	12,73
Nüfus Değ.	19,20	26,02	46,75	14,79
Sonuç	31,35	41,33	42,13	32,74

Denizli ili için öngörülen kentsel gelişim alanlarındaki risk değerlerinin yüksek çıkması erozyon hariç tüm risk bileşenlerinde havza ortalamalarının üstünde risk değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüksek risk faktörlerinden özellikle nüfus değişimi havza ortalamasının üç katı bir oranda üstünde olmasına bağlanabilir. Benzer bir yapı Aydın İli için de geçerli olmasına rağmen yangın risk değerlerinde Aydın ili kentsel gelişim alanları hem Denizli hem de havza ortalamasının çok üstündedir. Aydın ili erozyon değerleri Denizli ili değerlerinden üç katı fazla çıkmış olsa da hala havza ortalamasının altında kalmaktadır. Aydın ve Denizli kentsel gelişim alanları risk değerleri arasındaki bir diğer fark ise Aydın

kuraklık risk değerlerinin, havza ortalaması üstünde olan Denizli kuraklık risk değerlerinde daha düşük olmasıdır. bu durum Denizli'nin Daha iç bölgede olması nedeniyle daha karasal bir ikliminin olmasına bağlanabilir.

Havza içinde kalan Muğla'nın küçük bir bölümü kapsamında yer alan kentsel gelişim alanlarının sahip olduğu ekolojik risk değerleri genel olarak havza ortalamalarına yakın ya da daha altında değerler almıştır. Bu durum sadece AKAÖ değişim riski değerlerinde farklılaşmış ve bu risk değerleri havza ortalamasının üç katı daha yüksek olarak gözlemlenmiştir. Havza ortalamasının altında kalmış olsa da Muğla erozyon risk değerleri Aydın ve Denizli kentsel gelişim alanı risk değerleri ortalamalarından daha yüksek çıkmıştır. Bu durum Muğla'nın ilgili alanlarındaki engebeliliğin daha yüksek olmasının bir sonucu olarak görülebilir.

Aydın-Muğla-Denizli Planlama Bölgesi Çevre Düzeni Planı dahilinde yer alan mevcut koruma alanları ve kentsel gelişim alanları bazında değerlendirilen ekolojik risk analizi sonuçları da göstermiştir ki BMH dahilindeki farklı odaklar farklı ekolojik risk karakterleri sergilemektedir. Bu nedenle oluşturulan ekolojik risk analizi risk değerlerinin yüksek olduğu alanlarının durumları ve bu durumların neden sonuç ilişkileri ekolojik risk değerleri doğrultusunda yapılan arazi çalışmasıyla odak alanları bazında irdelenmiş ve ortaya konulmuştur.

6.1 Aydın İli Didim İlçesi

Havzada en yüksek ekolojik risk indeks değerine sahip alan olan Aydın Didim İlçesi, analize katılan erozyon hariç diğer beş faktör için yüksek risk değerlerine sahip olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle nüfus değişimi ve kuraklık değerlerin havza üst değerlerinde olması kaynaklı Didim ve çevresi düşük NBÜ verimliliği (Şekil 6.1) ve yüksek AKAÖ değişimi kaynaklı yüksek değişim riski değerlerine sahiptir (Şekil 6.2).



Şekil 6.1 : Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, NBÜ'ü düşük alanlar.



Şekil 6.2 : Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, değişim risk indeks değeri yüksek alanlar.

Didim ilçesi ve çevresinde AKAÖ değişim risk değerlerinin yüksek olması çok hızlı ve plansız bir şekilde yerleşim alanlarına dönüşümden kaynaklanmakta ve bu değişimin hızını yitirmeden devam edeceği yüksek seviyedeki nüfus değişim değerleri göz önüne alındığında açıkça ortadadır (Şekil 6.3). Bu hızlı ve plansız dönüşüm bina parselleri aralarında kalan boş parsel alanlarında baharda büyüyen yaz içinde kuruyan tek yıllık bitkiler de yangın risk indeksinin havza ortalamasının üstünde olmasına neden olmaktadır (Şekil 6.4).



Şekil 6.3 : Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, değişimin devam ettiği alanlar.



Şekil 6.4 : Ekolojik riski yüksek alanlar; Aydın Didim ilçesi, yangın riski değerleri yüksek alanlar.

6.2 Denizli İl Merkezi ve Çevre İlçeleri

Ekolojik risk değerleri yüksek çıkan bu bölgede bu durumu iki temel nedene bağlı olarak oluşmaktadır. Bu nedenlerden ilki Denizli merkezindeki hızlı yapılaşma ve Denizli yakın çevre ilçelerindeki tarım alanları çeperlerinde tarım alanı kazanımı amaçlı doğal alan tahribatlarıdır.

Denizli merkezi kaynaklı yüksek ekolojik risk değerleri özellikle 1985-2010 yılları arası gerçekleşen %160 nüfus artışı ve buna bağlı olarak yerleşim çeperlerinde oluşan hızlı, hatalı ve plansız yapılaşma kaynaklıdır (Şekil 6.5). Bu kontrolsüz yapılaşma daha çok tarım alanları ve eğimli maki ve ormanlar gibi doğal alanların yerleşime ve bu yerleşimi oluşturan yapılar arasında kalan boş alanlara dönüşmesine böylelikle de bu alanlarda yüksek değişim riski değerlerinin tespit edilmesine neden olmuştur (Şekil 6.6). Aynı süreç NBÜ verimliliği yüksek doğal alanların yerini bina ve boş alanlara bırakmasına neden olarak bu bölgelerde verimlilik değerlerini düşük seviyelerde olmasına neden olmaktadır (Şekil 6.7).



Şekil 6.5 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Karşıyaka Mahallesi.



Şekil 6.6 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Erenler Mahallesi.



Şekil 6.7 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Zafer Mahallesi.

AKAÖ'nde oluşan yoğun ve tek yönlü değişimin özellikle eğimli alanlarda oluşmasıyla yapılar arasında kalan çıplak boş alanlarda erozyon değerleri yükseltmekte bu da Denizli merkez yerleşim çeperlerindeki bu tür alanlarda ekolojik risk değerleri daha da artmaktadır (Şekil 6.8). Yapılaşma alanlarındaki bina aralarında kalan boş alanlarda yetişen tek yıllık bitkilerin yakıt, insana yakınlığın ise yüksek çıkış ihtimali oluşturması ve de tahrip edilen doğal alan parçalarına yakınlığın yangının devamlılığını sağlama olasılığının nedeniyle bu bölgelerdeki

yüksek ekolojik risk değerlerindeki yangın risk indeksi değerlerinin katkısının temel nedenleridir (Şekil 6.9). Denizli genelinde kuraklığın, havza geneli değerlerine göre yüksek seviyelerde olması genel olarak tarımsal, doğal alan verimliliği ve yangın çıkma ihtimalini arttırması nedeniyle kuraklık indeksi değerleri bu bölgelerde üst seviyelerde olup genel ekolojik risk değerlerini arttıran bir diğer faktör olmaktadır (Şekil 6.10).



Şekil 6.8 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Karşıyaka Mahallesi.



Şekil 6.9 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Erenler Mahallesi.



Şekil 6.10 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Fatih Mahallesi.

Denizli'de ekolojik risk değerlerinin yüksek çıkmasının ikinci nedeni ise özellikle Babadağ, Sarayköy, Akköy ve Honaz gibi Denizli yakın çevresi ilçeleri tarım eşik alanlarında görülen, yeni tarım alanları açmak adına orman ve maki gibi doğal alanların tahrip edilerek dönüştürülmesidir. Bu dönüşüm doğal alan varlığını hem niceliksel hem de parçalayarak biyoçeşitliliğin azalmasını tetikleyerek hem de niteliksel olarak düşürmektedir. Bitki örtüsünün temizlenmesiyle oluşan bu alanların özellikle yüksek eğime ve sığ toprak derinliğine sahip olması durumunda erozyon ve parçalanarak daha fazla sınır etkisine açık hale gelerek de yangın gibi antropojen etkilere maruz kalma ihtimali artmaktadır. Bu durum da ekolojik risk analizi sonucunda söz konusu bölgede elde edilen yüksek risk değerlerinin temel nedenlerini oluşturmaktadır (Şekil 6.11 ve Şekil 6.12).



Şekil 6.11 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Honaz İlçesi.



Şekil 6.12 : Denizli ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; Akköy İlçesi.

6.3 Aydın İl Merkezi ve Çevre İlçeleri

Aydın İli merkez yerleşiminde, Didim ilçesi ve Denizli illerinde süre gelen yoğun nüfus artışı ve sonrasında gelen hızlı yapılaşmaya bağlı AKAÖ değişimi ile devam eden ekolojik risk değerlerindeki artış süreci aynı şekilde hüküm sürmektedir. Nüfusu 1985'ten bu yana %55 oranında artan Aydın il merkezi kuzey çeperinde yer alan eğimli fakat orman ve maki örtüsüyle kaplı alanlara doğru olan kontrolsüz yapılaşma, bahçe ve tarım alanları açılması nedeniyle orman ve maki alanları yerlerini çıplak alanlara bırakmaktadır (Şekil 6.13). Böylelikle NBÜ değerlerinin düştüğü bu alanlarda değişim risk değerlerinin yüksek seviyelerde olmasına, eğimli alanlardaki bitki örtüsünün kalkmasıyla da erozyon miktarlarının artmasına neden olmaktadır (Şekil 6.14). Yapılaşma ile yüksek değişim riski veren Aydın merkezi güneyinde ise nitelikli tarım alanlarının yerini yerleşim alanları almaktadır (Şekil 6.15).



Şekil 6.13 : Aydın Merkez kuzeyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; orman ve makiden bahçe ve tarıma dönüşüm.



Şekil 6.14 : Aydın Merkez kuzeyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; bitki örtüsünden yoksun verimsiz ve erozyon alanları.



Şekil 6.15 : Aydın Merkez güneyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; nitelikli tarımdan yerleşime dönüşüm.

Aydın ili kapsamında yüksek ekolojik risk değerine sahip bir diğer yerleşim merkezi ise Söke İlçesi'dir. Aydın merkez için süre gelen yüksek nüfus artışı ve AKAÖ'ndeki yüksek yerleşim alanlarına değişim oranı benzer şekilde Söke için de görülmektedir. yük Menderes alt havzası geniş ve verimli tarım alanlarına yakınlığı kaynaklı çekim alanı olması nedeniyle 1985'ten bu yana %45 nüfusu artan bu ilçede, ekolojik riskin yüksek çıkması bu bölgenin havza geneline göre daha yüksek potansiyel kuraklık değerlerine sahip olması, nitelikli tarım alanları üzerindeki yapılaşma kaynaklı değişim ve de yerleşim ve tarım eşik alanlarında yer alan makiliklerin yüksek yangın risk indeks değerlerine sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 6.16 ve Şekil 6.17).



Şekil 6.16 : Aydın Söke İlçesi Merkezi kuzeydoğusu ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; yoğun yapılaşma.



Şekil 6.17 : Aydın Söke İlçesi Merkezi güneyi ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; nitelikli tarımdan yerleşime dönüşüm.

Aydın merkez ve Söke İlçesi için süregelen bu süreçler Aydın'ın Nazilli, Köşk, İncirliova ve Germencik gibi ilçelerinde de nüfusları ve nüfus artış oranlarına bağlı olarak farklı oranlarda görülmektedir.

Nüfus artışına bağlı olarak tespit edilen yüksek ekolojik risk değerlerinden farklı olarak Aydın merkez ve Germencik ilçeleri arasında kalan ve ana yolun kuzey kısmını oluşturan geniş bir bölgede ortaya çıkan yüksek risk değerleri gözlemlenmiştir. Bu bölgede ağırlıklı olarak yüksek eğim ve zayıf bitki örtüsü kaynaklı yüksek erozyon ve düşük verimlilik değerleri elde edilmiştir. Bunlara ek olarak alan geneli yüksek potansiyel kuraklık riski ve özellikle zeytinlik açmak için maki ve orman tahribatı ile oluşan yüksek değişim riski değerlerinin de eklenmesi ile farklı yapıda oluşan yüksek ekolojik risk alanı oluşmuştur (Şekil 6.18, Şekil 6.19 ve Şekil 6.20).



Şekil 6.18 : Aydın İncirova İlçesi kuzeydoğusu ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; zayıf bitki örtüsü ve erozyon alanı.



Şekil 6.19 : Aydın İncirova İlçesi kuzeybatısı ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; zayıf bitki örtüsü ve erozyon alanı.



Şekil 6.20 : Aydın Germencik İlçesi kuzeydoğusu ekolojik riski değerleri yüksek alan örneği; zayıf bitki örtüsü ve erozyon alanı.

6.4 Uşak İl Merkezi

BMH ekolojik risk analizi dahilinde yüksek risk değerlerine sahip yukarıda değinilen il merkezleri dahilinde bu değerlerin yüksek çıkmasına neden olan en belirgin süreçler Uşak il merkezi için de geçerlidir. Tahmin edilen ekolojik risk değerlerine göre Uşak İl merkezi yerleşim alanı genelinde havza sınırları içinde Didim ilçesi, Denizli ve Aydın il merkezlerinden sonra en yüksek değerlere sahiptir.

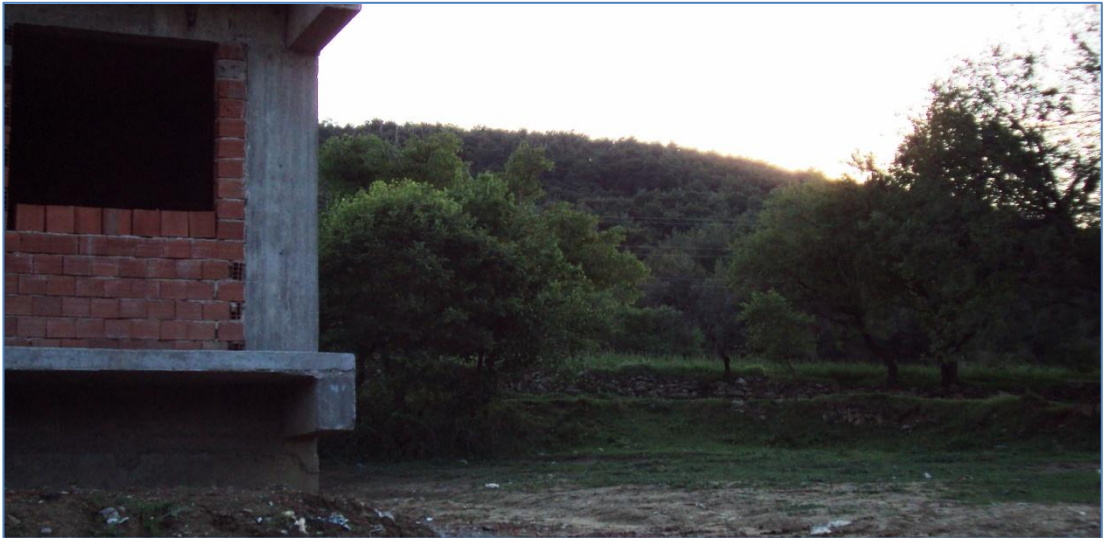
Uşak ili merkezi nüfus yoğunluğu 1985 yılından günümüze ortalama %55 artış göstermiştir (Şekil 6.21). Diğer il merkezlerine benzer şekilde nüfustaki bu artış yapılaşma olarak tek yönlü AKAÖ değişimine neden olarak değişim risk değerlerini Uşak'ta da yüksek olmasına neden olmuştur. Söz konusu bu tek yönlü dönüşüm daha çok tarım alanlarından ve orman alanlarından yerleşim alanlarına doğru olmaktadır (Şekil 6.22 ve Şekil 6.23). Süregelen bu yapılaşma konut amaçlı olduğu gibi ilin giderek artan sanayi potansiyeline bağlı olarak sanayi odaklı da olmaktadır (Şekil 6.24).



Şekil 6.21 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; nüfus artışı kaynaklı yoğun yapılaşma.



Şekil 6.22 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; tarım alanlarından yerleşim alanlarına dönüşüm.



Şekil 6.23 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; orman alanlarından yerleşim alanlarına dönüşüm.



Şekil 6.24 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; sanayi alanlarına dönüşüm.

Uşak merkezi yerleşim ekolojik risk değerlerinin yüksek çıkmasına neden olan özellikle yerleşim eşik alanlarında oluşan tarım alanı açmak adına yapılan doğal alan temizleme faaliyetleridir (Şekil 6.25 ve Şekil 6.26). Doğal alanların tahrip edilerek ortadan kaldırılması bu alanlarda hem NBÜ bazlı verimliliği düşürmekte hem de tarım alanı kaynaklı yangın risk değerlerinin arttırarak Uşak merkezi ve çevresi için yangın risk değerlerinin yüksek çıkmasına neden olmaktadır (Şekil 6.27). Bu durum aynı zamanda erozyonunda arttırması beklense de bu sürecin gerçekleştiği alanların daha çok düşük eğimde olan alanlar olması erozyon risk değerlerinin ilde diğer il merkezlerine göre çok daha düşük oranlarda kalmasına neden olmuştur. Sadece il merkezinin kuzeydoğusuna düşen küçük bir bölgede erozyon yüksek olarak tespit edilmiştir (Şekil 6.28).



Şekil 6.25 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; orman ve makiden tarıma dönüşüm.



Şekil 6.26 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği (2); orman ve makiden tarıma dönüşüm.



Şekil 6.27 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; tarım kaynaklı yangın riski.



Şekil 6.28 : Uşak merkezi ekolojik risk değerleri yüksek alan örneği; orta seviye erozyon alanı.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğal kaynakların taşıma kapasitesini aşan bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı, ekosistemler üzerinde baskılar yaratmakta ve bu baskılar ile ekosistemlerin sağlıklı işleyişinin devamlılığı konusunda riskler artmaktadır. Ekosistemlerin sürdürülebilirliğinin devamlı kılınabilmesi ise söz konusu kullanım temelli baskıların yarattığı risklerin ortadan kaldırılması temelinde kurgulanmış peyzaj onarım ve koruma amaçlı planlama çalışmalarıyla mümkün olacaktır. Bu kapsamda ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehdit eden süreçler bütünü olarak tanımlanabilen ekolojik risklerin doğru ve etkin bir şekilde tespit edilmesi önem kazanmaktadır.

Yanlış kullanıma ekosistemlerin verdiği tepkiler olarak ortaya çıkan çevre sorunları, tüm dünyada çevresel süreçler üzerindeki değişimler ile gözlemlenebilmektedir. Çevresel süreçler üzerindeki değişimlerin bozulma derecelerine bağlı olarak ekolojik riskler konuma ve zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Dolayısıyla söz konusu çevresel süreçlerin konuma ve zamana bağlı niceliksel olarak tespit edilmesi ekolojik risklerin ölçülmesini sağlayacaktır.

ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından (U.S.EPA, 1997, 1998) bir veya birden çok baskı unsuruna maruz kalmanın sonucu olarak olumsuz ekolojik etkilerin ortaya çıkma olasılığının değerlendirilmesi olarak tanımlanan ekolojik risk analizi tanım olarak geniş bir kapsam içerse de en yaygın uygulamaları sadece kimyasal yüklerin izlenmesi ve eşik değerleri aşma durumlarının değerlendirilmesi olarak kalmaktadır. Buna karşın sadece kirlenme odaklı risk analizi yaklaşımı yerine çevresel süreçlerin yarattığı ekolojik riskleri temel alan ekolojik risk yaklaşımı ile çok daha kapsamlı, etkin, erken ve uzun öngörüsü olan sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilecektir.

Çevresel süreçler temelinde ekolojik risk analizi yaklaşımı, konumsal olarak fiziki ve sosyo-ekonomik verilerin temin edilmesi, ilişkilendirilmesi ve analiz edilmesi işlemlerine gerek duymaktadır. Bu işlemlerin geleneksel arazi çalışmaları veya kağıt baskı haritalar üzerinden yürütülmesi bu çalışmayla hedeflenen ekolojik risk analizi yaklaşımının uygulanabilirliğini; sonuçların etkinliği, zamansal ve ekonomik

anlamda çok zor kılmaktadır. Fakat gelişen teknolojiye paralel gelişim gösteren UA ve CBS teknolojileri çok daha hızlı, ekonomik ve etkin bir şekilde yeryüzüne ait fiziksel verilerin teminini ve bu verilere sosyo-ekonomik verilerin konumsal olarak entegrasyonunu sağlayarak bu tür çalışmaları yapılabilir kılmaktadır.

Küresel düzeydeki çevresel süreçler, küresel ölçekten yerel ölçeğe kadar ekosistemlerin hem bileşenlerinden hem de durumlarının birer belirleyicisi olan göstergelerdir. Bu kapsamda ekosistemlerin sürdürülebilirliğinin ölçülmesi bu sistem üzerine etkin başlıca çevresel süreçlerin ölçülmesiyle yapılabilir olmaktadır. Söz konusu bu süreçlerin özellikle UA ve CBS yardımıyla tahmin edilmesine yarayan yöntemler ekolojik modeller olarak giderek gelişmekte ve uygulama alanı bulmaktadır. Ekolojik modeller kullanarak ekosistem sağlığı üzerinde etkin süreçlerin, yarattıkları baskıların bir ölçümü olan risk değerleri olarak niceliksel ve konumsal bazda hesaplanması daha kapsamlı ve detaylı bilgi sunacak yeni bir ekolojik risk analizi yaklaşımı getirmektedir.

Daha kapsamlı, detaylı ve bütüncül bilgiler vermesi hedefiyle Büyük Menderes Havzası örneğinde geliştirilen ekolojik risk analizi yaklaşımı; erozyon, kuraklık, doğal alan yangınları, net birincil üretim, nüfus artışı ve alan kullanım/arazi örtüsü değişimi şeklinde alanda süregelen başlıca çevresel süreçleri çalışma kapsamında değerlendirmiştir. Bu yaklaşımla söz konusu süreçlerin ekosistem üzerine yarattığı baskılar konumsal ve niceliksel olarak tahmin edilerek yarattıkları riskler tek bir sonuçta bir araya getirilmiştir.

Çalışma kapsamında geliştirilen ekolojik risk analizi yaklaşımı kapsamında erozyon modellenmesi için kullanılan RUSLE yöntemi, elde edilen sonuçların tutarlılığı bakımından BMH gibi fiziksel yapı değişkenliğinin fazla olduğu geniş alanlarda erozyonun tespit edilmesinde etkin sonuçlar verdiğini tekrar ortaya koymuştur. Bu yöntemin, uzaktan algılama verilerinden faydalanabilir ve CBS ortamında kolay uygulanabilir olması havza ölçeği gibi geniş alanlarda çok daha hızlı, ekonomik ve etkin sonuçlar elde edilmesini sağladığı görülmüştür.

RUSLE erozyon modeli sonuçları Denizli Beyağaç ilçesi batısında, Denizli Babadağ ilçesi güneyinde, Aydın İncirova ilçesi kuzeyinde ve Afyonkarahisar Dinar ilçesi kuzey doğusunda yer alan bölgeler yüksek erozyon değerlerini ortaya koymuştur. Bu durumun temel nedeni bu alanların genellikle eğimin yüksek olduğu ve bitki

örtüsünün zayıf olduğu bölgeler olmasına dayandırılabilir. Bu bölgelerden sadece Denizli Beyağaç yakınlarındaki erozyon bölgesinde ağaçlandırma ile erozyon önleme çalışması yapıldığı gözlemlenmiş diğer alanlar için ise herhangi bir çalışma gözlemlenememiştir. Havzada erozyon önleme çalışmalarının ilgili kurum ve kuruluşlarca daha geniş alanlara yayılması gereklilik durumundadır. Bu kapsamda ilgili kurum ve kuruluşlarca yapılması gerekli olan erozyon önleme çalışmaları için hedef alanlar, öncelik durumuna göre RUSLE yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir.

Ekolojik risk analizi kapsamında kuraklığın hesaplanmasında kuraklık indeksi yöntemi ile havzanın potansiyel kuraklık durumu, yüksek yersel çözünürlükte üretilen interpolasyon yüzey görüntüleri kullanılarak ortaya konulmuştur. Sonuçlar havza geneli için kaba bilgiler verse de özellikle bu yaklaşımda kullanılan iklim verilerinin interpolate edilmesi için baz alınan gözlem istasyonlarının sayı ve dağılımlarının yetersiz olması nedeniyle yüksek çözünürlükte olmasına rağmen yerel ölçekte yüksek detaya ulaşamamasına neden olmuştur. Buna rağmen genel ekolojik risk değerlendirmesinde daha etkin bir sonuç alınmasında fayda sağlamıştır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kuraklığın modellenmesinde iklim istasyonlarının sayı ve dağılımlarının genelde yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu noktadan hareketle gelecekteki benzer çalışmalarda noktasal yerine yüzeysel temelli çalışan, UA bazlı verileri daha fazla esas alan, özellikle sulama imkanlarının da hesaba katıldığı kuraklık modelleme yöntemleri geliştirilmelidir. Bu tarz yöntemlerin kullanılması ise daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Yetersiz girdi verisi nedeniyle kaba ölçekte kalmasına rağmen kuraklığın modellenmesinde kullanılan kuraklık indeksi yöntemi BMH için genel bölgenin genel kuraklık yapısını ortaya koyabilmiştir. Bu kapsamda havzanın Muğla bölümleri en düşük kuraklık değerlerine sahip iken İç Anadolu'ya daha yakın olan Denizli, Uşak ve havzanın Afyonkarahisar sınırında kalan bölümlerinde kuraklık üst sınırlarda tespit edilmiştir. Bu durum halihazırda Anadolu iklimine dair halihazırda bilinen bilgileri destekleyerek havzada kuraklığın özellikle kıyı bölgelerden iç bölgelere ve birazda güneyden kuzeye doğru ilerledikçe artmakta olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar BMH dahilinde yer alan tarıma elverişli fakat sulama imkanları olmayan alanlarda daha verimli tarım uygulamalarının yapılabilmesine imkan sağlaması adına tarımsal sulama projelerinin ve gelecekte oluşabilecek su

kıtlıklarına dair alınacak önlemler için öncelikli alanları bölgesel de olsa ortaya konulmuştur.

Yangın çıkma riskinin de ekosistem üzerinde bir risk unsuru yarattığından yola çıkarak ekolojik risk analizi kapsamında yer verilen doğal alan yangın riskinin BMH için tahmin edilmesinde çok kriterli analiz mantığıyla çalışan yangın risk indeksi yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında yangın çıkma ihtimali üzerinde etkin olan faktörlerin uygun ağırlıklarla bir araya getirilmesi temeline dayanan bu yöntemde ağırlıkların tespit edilmesinde orman mühendisleri ve peyzaj mimarlarından oluşan bir uzman grubunun tespitleri anket aracılığıyla alınmıştır. Yöntem bu özelliği nedeniyle yangın çıkmış noktaları eğitim veri seti olarak kullanıp söz konusu faktörlerle ilişkilendiren yöntemlere oranla daha subjektif olarak görülmektedir. Fakat yangın risk indeksi yöntemi ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar baz alındığında sadece eğitim verisiyle çalışabilen yöntemlerle aynı doğruluk ve etkinlikte tahminler üretildiği görülmüştür. Buna ek olarak üretilen sonuçlar; çalışma alanı dahilinde yangın çıkma verisinin olmadığı, temin edilmesinin zor olduğu, temin edilebilen verinin ise yetersiz veya güvenilirliğinin az olduğu koşullarda da kullanılabilir olması bu yaklaşımın çok daha kullanışlı ve çözüm odaklı bir yöntem olduğunu vurgulanmıştır.

Üretilen yangın risk indeksi yöntemi sonucunun yüksek başarısı, temin edilen yangın verileriyle karşılaştırılarak bu çalışmada açıkça ortaya konmuştur. Bu yaklaşım ile ortaya konan başarılı sonuçlar çalışmada; faktörlerin iyi seçilmesi, veri tekrarından kaçınılması, faktörlerin istenen formatta oluşturulmasında doğru yaklaşımların uygulanması ve de doğru kişilerden oluşan uzman grubunun oluşturulması gibi hususlarda gösterilen özenin bir sonucudur. Bu çalışma ile dikkat çekilen bu hususlara benzer çalışmalarda dikkat edilmesi sonucun başarısında etkin olacağı açıkça ortaya konulmuştur.

Yangın risk indeksi ile BMH için üretilen sonuçlara göre başlıca yangın risk alanları olarak Aydın İli Nazilli-Kuyucak-Buharkent ilçeleri yol hattı ve çevresi, Söke ilçesi yerleşimi çevresi, Koçarlı İlçesi güney bölgesi, Denizli il merkezi çevresi ve Denizli İli Akköy ilçesi doğusu ön plana çıkmıştır. Bu bölgelerde özellikle zeytinlik ve bahçe alanlarını, yaprak döken ve herdem yeşil ormanlar ve de maki alanları gibi havzada yangın riski yüksek olarak tespit edilmiş AKAÖ tiplerinin yoğun olduğu görülmüştür. Doğal alanlardaki bu yüksek yangın risk değerleri, özellikle yerleşim ve

tarım alanları ile komşu yada bunlara yakın yangını oluşturan yoğun miktarda yakıt içeren orman ve tarım alanı gibi arazi tiplerinin sahip olduğu yüksek değerlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yerleşim alanları içinde kalan koruluk veya yoğun bitki örtüsüne sahip alanlar da yerleşim alanları için yangın risk değerlerinin artmasına neden olmaktadır.

Yangın risk indeksi yöntemi kullanılarak bu çalışma ile neden-sonuç ilişkileri temelinde tespit edilen yangın risk alanları için risk durumu derecelendirilmiş böylelikle yangın gözlem ve önleme odaklı yapılacak çalışmalara, çalışmalarını daha etkin planlama ve uygulama imkanı vermiştir.

Canlıların temel taşı olan organik moleküllerin en önemli yapı taşı olan karbon yaşamın devamlılığı için atmosferden canlılara döngü halindedir. Bu bağlamda bir ekosistemin verimliliği ve devamlılığının bir ölçüsü olarak karbonu o ekosisteme bağlayan üzerinde yaşayan bitkilerin yapmış oldukları fotosentez miktarıdır. Net Birincil Üretim (NBÜ) bitki örtüsünün fotosentez ile ürettiği ve solunumla tükettiği karbon miktarının farkını ifade ederek ekosisteme bağlanan karbon miktarını vermektedir. BMH için NBÜ'ün hesaplanmasında uzaktan algılanmış verileri etkin bir şekilde kullanan NASA-CASA modeli kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar aynı yöntem kullanılarak üretilmiş kaba çözünürlüklü küresel ölçekteki NBÜ verileriyle karşılaştırıldığında paralel fakat daha yüksek çözünürlükte ve detayda sonuçlara ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum yöntemin bu alan için başarılı sonuçlar ürettiğini göstermiştir.

NASA-CASA modeli bu çalışmada halihazırda başarılı sonuçlar üretse de modelin çalıştırma sürecinde şu unsurlara dikkat edilmesi başarı oranlarını biraz daha arttıracaktır.

- Girdi iklim verilerinin interpolate edilmesinde mümkün olan en yüksek iklim gözlem istasyonu kullanılarak lokal detayların artırılması,
- Ağaç kapalılık yüzdesi ve arazi örtüsünün üretildiği uydu görüntülerinin doğru seçilmesi ve atmosferik ve yersel düzeltme gibi ön hazırlık işlemlerinin titizlikle yapılması,
- Ağaç kapalılık yüzdesi hesaplanmasında alanı yeterince ifade eden, yeterli sayıda ve dağılımda örnek veri setinin oluşturulması,

- Ülkemiz mevcut tüm kaynaklarında olmayan tekstür verisinin uzman görüşleri doğrultusunda diğer toprak özellikleri baz alınarak daha detaylı ölçeklerde oluşturulması.

Nüfus artışı, arazi kullanımında tek yönlü değişimi arttırarak özellikle ekosistem üzerine baskı yaratan erozyon, yangın ve verimlilik gibi birçok sürecin etkilerini de arttırmaktadır. Bu kapsamda nüfus artış miktarı ekosistem üzerindeki güncel ve özellikle gelecekteki bozulma riskini ifade eden bir indikatör olarak kabul edilmiştir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada BMH sınırları içinde kalan ilden köye kadar tüm yerleşim merkezleri 1985 ve 2010 nüfusları konumsal olarak genelleştirilerek nüfus yoğunluğu görüntülerine dönüştürülmüştür. İki farklı yıla ait görüntü farkları da ölçeklendirerek ekolojik risk faktörü olarak analize dahil edilmiştir.

BMH gibi büyük bir alanda nüfus yoğunluğunun oluşturulması için sadece yerleşim merkezlerini ifade eden noktasal veri tabanının kullanılması yeterli olmuştur. Fakat yapılacak daha küçük alanlardaki benzer çalışmalarda, nüfusu yüksek il ve ilçe merkezleri için tek bir nokta yerine burayı ifade eden semt yada mahalle bazlı birden fazla merkez noktası kullanılması nüfustaki değişimin özellikle yerleşim çeperlerinde daha net tespit edilmesini sağlayacaktır. Böylelikle nüfus değişiminin özellikle alan kullanım üzerindeki etkisi sonuçlara daha iyi yansıtılabilecektir.

Havza sınırları içindeki yerleşimlerinin 1985 ve 2010 yılları arasındaki nüfus değişimi göz önüne alındığında en büyük değişimler nüfus artışı olarak sırayla Aydın Didim İlçesi, Denizli, Aydın ve Uşak il merkezleri olarak tespit edilmiştir. Nüfustaki azalma ise en fazla Denizli İli Bekirli ve Çal ilçeleri arasında kalan bölge ve Ayfonkarahisar İli Kızılören ilçesi ve çevresindeki kırsal alanlarda görülmüştür. Söz konusu dönem dahilinde tüm ülkede görülen kırsaldan kente göç süreci, hem havza içinden hem de diğer bölgelerden olmak üzere BMH dahilinde de görülmüştür.

Havzadaki nüfus değişimini niceliksel olarak ortaya koyarak nüfus kaynaklı riskleri tahmin edilmesiyle bu çalışma, söz konusu nüfusun azaldığı alanlardan göçün engellenebilmesi için gerekli olan kırsal kalkınma ve nüfus artışı yaşayan alanlar da ise nüfusun olumsuz etkisini azaltmak ve önlemek adına nasıl ve ne dereceli kararlar alınmasında karar vericilere yol gösterici olabilecektir.

BMH gibi yoğun insan kullanımı etkisindeki ekosistemler gün geçtikçe çok daha hızlı değişmektedir. Kaçınılmaz bir hal alan kullanım/arazi örtüsü (AKAÖ)

değişimlerinin miktarları ve yönleri ekosistemler üzerindeki baskıların dolayısıyla risklerin de derecesini belirlemektedir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada BMH'nın 1986-2003 yılları arası AKAÖ değişimi sınıflanmış görüntüler kullanılarak tespit edilmiştir. Tespit edilen değişimler sürdürülebilir alan kullanı yaklaşımı baz alınarak yarattıkları ekolojik riskler bağlamında ağırlıklandırılmıştır. Mevcut baskıları ifade eden bu yaklaşıma ek olarak bu ağırlıklandırmaya her bir AKAÖ sınıfının diğer sınıflara olan mesafesi de eklenerek gelecekte oluşabilecek olası riskler de ortaya konulmuş ve birleştirilerek tek bir AKAÖ değişim risk yaklaşımı geliştirilmiştir.

Değişim tiplerine risk değerlerinin atanması ve sınıfların birbirlerine uzaklıklarından da oluşan risk değerleriyle birlikte kullanılmasıyla geliştirilen bu ekolojik risk bileşeni yaklaşımı özellikle nüfus artışı sonrası doğal alanlardan antropojen alanlara olan değişimin neden olduğu ekolojik riski niceliksel olarak ortaya koyabilmiştir. Doğru alan kullanımına aykırı oluşan değişimlerin risk ölçeğinde tespit edilmesinde büyük kolaylıklar sağlayan bu yaklaşımın uygulanmasında; (i) sınıflamada çok zamanlı uydu görüntülerinin kullanılması, (ii) bir yıllık dönemi temsil eden uygun ve yeterli görüntü tarihi seçilmesi, (iii) alan karakteristiğine uygun sınıflama yöntemi kullanılması, (iv) değişimlerin ağırlıklandırılmasına yeni bir yaklaşım olarak sınıfların birbirine olan uzaklığının eklenmesi gibi hususlara dikkat edilmiş olması bu çalışmada elde edilen başarılı sonuçların temel nedenleri olarak ön plana çıkmıştır. Bu yaklaşım ile özellikle sürdürülebilir alan kullanımı savunan ekolojik peyzaj planlama yaklaşımının çalışmada yer bulmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

AKAÖ risk değerlendirmesi sonucunda BMH doğal alanları içinde Büyük Menderes Deltası ve Dilek Yarımadası Milli Parkı ilk sırayı almıştır. Bu durum milli park içerisinde ve yakın çevresinde yer alan kumulların yoğun olarak tarım alanlarına dönüşmesine dayanamamaktadır. Benzer şekilde tarım ve yerleşim alanları yakınlarında yer alan orman, maki ve çayır gibi doğal alanlar çevresinde hem yüksek oranda yerleşim ve tarıma değişim olmakta hem de bu sınıflar kaynaklı yüksek değişim ihtimalleri taşımaktadırlar. Tüm bunlar havzada özellikle de Denizli, Aydın ve Uşak gibi kent merkezleri ve çevrelerinde yüksek AKAÖ değişim risk değerlerinin çıkmasına neden olmaktadır.

AKAÖ risk yaklaşımı ile havzadaki bu kapsamdaki riskli alanlar ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım aynı zamanda söz konusu alanların sahip oldukları risk değerleri ile bu alanların koruma, onarım ve planlama önceliklerini de ortaya koymuştur. Böylelikle

bu bilgilerin kullanılması, risk değerleri yüksek alanlardan kent çeperindeki alanların planlanmasında bağlayıcı olan imar planı gibi çalışmaların daha etkin hazırlanmasını sağlayacaktır. AKAÖ risk değerleri yüksek olan sulak alan gibi ekolojik değeri yüksek alanlarda ise koruma planlanmasının sağlanması etkin bir altlık olabileceği önerilmektedir.

Çalışma kapsamında ekolojik risk faktörleri olarak CBS ortamında görüntü bazlı tahmin edilen çevresel süreç ve olgular ölçeklendirilip tek bir sonuç risk haritasında birleştirilerek çalışmanın hedefi olan ekolojik risk haritası oluşturulmuştur. Elde edilen sonuç BMH için ekolojik risk alanlarını bir skala ile derecelendirilmiş olarak vermektedir. Tüm risk bileşenlerini eşit oranda dikkate alan sonuç görüntüsünde her bir risk bileşeninin için belirgin oranda yüksek olduğu yada birkaç bileşende çok yüksek değerlere ulaşıldığı yerler ekolojik risk alanları olarak ortaya konulmuştur. Özellikle elde edilen sonuçlar sonrasında yapılan arazi çalışmasıyla üretilen sonuçların özellikle yanlış, kontrolsüz ve plansız alan kullanımı kaynaklı oluşan çevresel sorunlar nedeniyle ortaya çıkan ekolojik riski büyük oranda yansıttığı görölmüştür. Bu kapsamda en yüksek risk değerlerine sahip risk odak alanları araştırma bulguları bölümümde ayrı ayrı irdeleniş olsa da havza genelindeki ekolojik riski yüksek olarak tespit edilen alanlarda genel olarak şu sorunlar tespit edilmiştir:

- Yüksek nüfus artışı beraberinde AKAÖ sınıflarında hızlı ve yoğun değişimlere neden olmuştur.
- AKAÖ'ndeki değişimler genellikle doğal alanların kaybedildiği buna bağlı olarak da yerlerini yerleşim ve tarım gibi antropojenik alanlarının aldığı tek yönlü değişimler olarak süregelmektedir.
- Söz konusu bu tek yönlü değişim hızlı, kontrol dışı ve planlamadan yoksun bir şekilde halkın kişisel tercihlerine bırakılmış yanlış alan kullanımlarıyla olmaktadır.
- Özellikle yerleşim ve tarım alanı açmak için tahrip edilen doğal alanların ortadan kaldırılmasıyla oluşan çıplak alanlar erozyona uygun alanlara dönüşerek bu alanlarda erozyon risk değerleri yükselmektedir.
- Doğal bitki örtüsünün tahribi ile sağlıklı vejetasyonun azalması fotosentez oranını düşürmekte böylelikle azalan NBÜ sonucunda karbon bağlanma miktarları da azalarak neticede ekosistemin verimliliği düşmektedir.

- Yerleşim ve tarım gibi yangın risk unsurlarını yüksek oranda barındıran AKAÖ tiplerine dönüşerek, doğal alanların bütünlüğünü bozan tahribatlarla parçalanmasının arttığı böylelikle de doğal alanların etkileşim yüzeyinin arttığı bölgeler için yangın risk değerleri yüksek seviyelerde olmaktadır.
- Yukarıda anlatılan benzer durum boş alanların yapılaşma sürecinde bina aralarında kalan boş arsalarda yetişen tek yıllık bitkilerin kuruyup yangın riski yüksek ortamlar oluşturmasıyla da ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda maddeler halinde anlatılan süreçler küçük farklılıklar dışında bu çalışmada tespit edilen ekolojik riski yüksek odak alanların geneli için geçerli olmaktadır. Bunun dışında havzada istisnai birkaç alanda sadece erozyon değeri ya da değişim risk değeri yüksek alanlar da tespit edilmiştir.

Ekolojik peyzaj planlama kapsamında gerçekleştirilen bir çok çalışmada sorunlu alan olarak tanımlanan alanlar bu çalışma ile de tanımlanmıştır. Fakat bu çalışma ile daha önce yapılan klasik peyzaj planlama çalışmalarında farklı olarak ekolojik yönden sorunlu alanlar potansiyel barındırdıkları risklerin niceliksel ve konumsal olarak ifade edildiği görüntülerle haritalanmıştır. Bu çalışma ile elde edilen ekolojik risk haritası ile ekolojik bakış açılı peyzaj planlama çalışmalarına ihtiyaç duyulan alanlar, tahmin edilen risk değerlerine bağlı olarak öncelik sırasına göre detaylı sınırlarıyla birlikte ortaya konulmuştur. Tüm havza için bu denli yüksek detayla üretilen ekolojik risk haritası ile hedeflenen çalışmanın ölçeğine göre havza ölçeğinde stratejik peyzaj planlama yada bir semt ölçeğinde kentsel peyzaj planlama kararlarının konuma özel gerekli önlem seviyesinde çok daha etkin üretilmesi sağlanabilecektir.

Çalışma alanı olan BMH için üretilen ekolojik risk analizi ile elde edilen sonuç risk haritası havzadaki ekolojik risk odaklarını ortaya çıkarmıştır. Söz konusu bu risk odaklarında bu duruma neden olan çevresel süreçler ve yarattıkları sorunlar yukarıda özetlenerek listelenmiştir. Bu kapsamda havza için ekolojik peyzaj planlama ilkeleri doğrultusunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

- Nüfus artışı kaynaklı sorunlar yoğun olarak kentsel nüfus kapsamında görülmektedir. Bu artışa neden olan kırsaldan kente göçün önlenmesi adına eğitim, destek ve teşvikleri içeren bölgesel kırsal kalkınma planlarının üretilmesi ve hayata geçirilmesi gerekmektedir.

- Kentlerdeki yeni yerleşim ve tarım alanlarının oluşturulması doğal akışına bırakılmak yerine ekolojik bakış açılarıyla üst ölçekten detay ölçeğe kadar hazırlanmış fiziki planlarla kontrol altına alınmalıdır.
- Söz konusu bu fiziki planlar kapsamında yanlış alan kullanımı engellenerek süre gelmekte olan doğal alan kaybı kaynaklı erozyon artışı, verimlilik düşüşü ve yangın riski artışının önüne geçilmelidir.
- Detaylı hazırlanmış fiziki planlar kapsamında kitle boşluk ilişkisini göz önünde tutarak kentsel yerleşim alanlarında açık yeşil alanlarının da yer almasını hedefleyen peyzaj planlarına da her ölçekte yer verilmesi erozyon verimlilik düşüşü ve yangın riski gibi sorunların önlenmesine yardımcı olacaktır.
- Kentsel alan dışında kalan ve belli bir risk bileşeni kapsamında yüksek değerler gösteren alanlar için konuma özel peyzaj onarım, koruma ve planlama önerileri içeren çalışmalar geliştirilmelidir.

Sonuç olarak bu çalışma ile ekolojik risk yaratan çevresel süreçlerin UA yardımıyla CBS ortamında birer bileşen olarak modellenerek BMH örneğinde tek bir sonuç ekolojik risk haritası olarak üretilmesiyle alanda ekolojik risk barındıran odak alanların niceliksel ve konumsal olarak tahmin edilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmanın çalışma kapsamında yapılan arazi çalışması ile başarılı sonuçlar ürettiği de açıkça ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar kapsamında havza genelinde ekolojik risk içeren alanda bu sonuca neden olan süreçler tespit edilerek bu sorunlar için stratejik peyzaj planlama önerileri geliştirilebilmiştir. Böylelikle bu çalışma ile ekolojik peyzaj planlama ilkeleri temelinde yeni bir yaklaşım olarak geliştirilmiş olan ekolojik risk analizi yöntemi, günümüz ihtiyaçları doğrultusunda peyzaj planlama çalışmaları için hedeflere ulaşmada çok daha hızlı ve etkin sonuçlar üretecek bir araç olarak ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- Akın, A.**, (2007). Çukurova Deltası Kıyı Alanında Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Uzaktan Algılama Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans Tezi*, Adana.
- Alphan, H., Yılmaz, K.T.** (2001). Kıyı Alanlarının Planlanmasında İzleme (Monitoring) Çalışmalarının Rolü, *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı Bildirileri*, 26-29 Haziran 2001, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 91-101.
- Arnoldus, H.M.J.** (1980). An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. *In: De Boodt and Gabriels: Assessment of erosion. FAO Land and Water Deveopment Division, Wiley & Sons, England: 127-132.*
- Arnoldus, H.M.J.**, (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco, *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Soils Bulletin*, 34, 39-44.
- Baret, F.**, (1994). Imaging Spectrometry in Agriculture, Comparison of Modellistic Approaches and Experimental Data, *In: J. Hill & J. Megier Eds. Imaging Spectrometry-A Tool for Environmental Observations*, Dordrecht, Kluwer Academic, pp 20.
- Bausmith, J.M., Leinhardt, G.**, (1998). Middle School Students' Map Construction: Understanding Complex Spatial Displays, *Journal of Geography*, 97, 93-107.
- Baykan, O.**, (1994). Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri”, *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu*, PAÜ, s. 383-397, DENİZLİ.
- Berberoğlu, S., Dönmez, C., Özkan, C.**, (2007a). Seyhan Havzası Orman Verimliliğinin Envisat MERIS Veri Seti Kullanarak Modellenmesi, *I.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007*. İTÜ-İstanbul.
- Berberoğlu, S., Dönmez, C., Özkan, C.**, (2007b). EnviSAT MERIS Veri Seti Kullanarak Seyhan Üst Havzası Ağaç Kapalılık Yüzdesinin Haritalanması, *I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007*. İTÜ-İstanbul.
- Bloschl, G., Grayson, R.**, (2001). Spatial Observations and Interpolation, *in: G. Bloschl and R. Grayson (eds.), Spatial Patterns in Catchment Hydrology: Observations and Modeling*, CUP Archive, Cambridge, Chapter 2, pp.17-50.

- Bolin, B., Nelson, A, Hackett, E.J., Pijawka, K.D., Smith, C.S., Sicotte, D., Sadalla, E.K., Matranga, E., O'Donnell, M.,** (2002). The ecology of technological risk in a Sunbelt city, *Environ Plan A*, 34:317–329.
- Bonazountas, M., Kallidromitou, D., Kassomenos, P., Passas, N.,** (2005). Forest fire risk analysis, *Human and Ecological Risk Assessment*, 11, 617–626.
- Bossel, H.** (1992). *Model bildung und simulation*, Vieweg, Braunschweig.
- Bowen, R.E., Riley, C.,** (2003). Socio-economic indicators and integrated coastal management, *Ocean & Coastal Management*, Volume 46, Issues 3-4, Pages 299-312.
- Breckling, B.** (1996). An individual based model for the study of pattern and process in plant ecology: an application of object oriented programming. *Ecosystems*, 4:241–254. Umweltwissenschaften. Ecomed, Landsberg.
- Campbell, J.B.,** (2002). *Introduction to Remote Sensing*, The Guilford Press, Third Edition, s.15-17, New York.
- Chuvieco, E., Cocero, D., Riano, D., Martin, P., Martinez-Vega, J., De La Riva, J., P'rez, F.,** (2004). Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating, *Remote Sensing of Environment*, 92, 322–331.
- Cohen, W.B.,** (1991). Temporal Versus Spatial Variation in Leaf Reflectance Under Changing Water Stres Conditions, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.12, pp.1865-1876.
- Curran, P.J., Williamson, H.D.,** (1986). Estimating the Green Leaf Area Index of Grassland With Airborne Multispectral Scanner Data, *Oikos*, Vol.49, pp.141-148.
- Dale, V.H.** (2003). *Ecological modeling for resource management*, vol XVII. Springer, Berlin.
- De Pauw, E.,** (2005). Monitoring Agricultural Drought in the Near East, *in: V.K. Boken, A.P. Cracknell and R.L. Heathcote (eds.), Monitoring and Predicting Agricultural Drought: A Global Study*, Oxford University Press, New York, Chapter 16, pp.208-224.
- DeFries, R.S., Hansen, M.C., Townshend, J.R.G.,** (2000). Global Continuous Fields of Vegetation Characteristics: A Linear Mixture Model Applied to Multi-Year 8 km AVHRR Data, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 21, pp. 1389-1414.
- Demirel, Ö.,** (2009). Ülke Mekansal Planlaması İçinde Ekolojik Ağırlıklı Disiplin Olma Yönünde Bir Misyona Taşıyan Peyzaj Mimarlığı Mesleği'nin Yeri ve Üzerine Düşen ya da Yapması Gerekenler. *PEMAT Toplantı Raporları. Peyzaj Mimarlığı Akademik İşbirliği Toplantısı (PEMAT)*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta.
- Doğan, O., Cebel, G., Küçükçakar, N., Akgül, S.,** (2000). Türkiye Büyük Toprak Grupları "K" Faktörleri, *T.C Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını*, Ankara.

- Dow, K.** (2000). Social dimensions of gradients in urban ecosystems, *Urban Ecosyst.*, 4 : 255 – 27.
- Doygun, H., Berberoğlu, S.** (2001). Kıyı Alanlarında Sürdürülebilir Yönetim Modeli Önerisi. In: Türkiye Kıyıları '01- Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı Bildirileri, *Kıyı Alanları Yönetimi Türkiye Milli Komitesi*, 26-29 Haziran, İstanbul, 11-20.
- Doygun, H., Berberoğlu, S., Alpkan, H.** (2001). Hatay, Burnaz Kıyı Kumulları Alan Kullanım Değişimlerinin Uzaktan Algılama Yöntemi ile Belirlenmesi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Cilt: 12 Sayı: 48, s.4-9.
- Dökmeci, V.** (2005). *Planlamada Sayısal Yöntemler*, İTÜ Yayın Evi, İstanbul.
- Eastman, J.R., Mc Kendry, J., Fulk, M.A.** (2005). Change and Time Series Analysis. *Explorations in Geographic Informations Systems Technology*. Geneva, United Nations Institute for Training and Research (UNITAR).
- Eastman, R. J.** (2001). *Idrisi32 Release 2 Guide to GIS and Image Processing Volume 2.*, Clark Labs., United States of America.
- Ekerci, S.**, (2007). Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu İle Tuz Gölü Ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Doktora Tezi*, İstanbul.
- Ekinci, D.**, (2005). CBS Tabanlı Uyarlanmış RUSLE Yöntemi ile Kozlu Deresi Havzası'nda Erozyon Analizi, *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13, 109-119, İstanbul.
- Erdmenger, C.**, (1998).. Environmental Management Instruments-a Guide For Local Authorities, *The International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI)*, 79, p.p. 15-26, Freiburg, Germany.
- Eriñç, S.**, (1965). Yağış Müessiriyeti Üzerine bir Deneme ve yeni bir İndis, *İstanbul Ü. Coğr. Enst.*, 41, İstanbul.
- Ersoy, M.**, (2000). *İmar Planlarının Kademelenmesi ve Farklı Ölçeklerdeki Planlar Arasındaki İlişki*, Mekan Planlama ve Yargı Denetimi, Yargı Yay., Ankara.
- Eşbah, H.** (2007). Land Use Trends During Rapid Urbanization of the City of Aydın, Turkey, *Environmental Management*, 39:443-459.
- Evrendilek, F.**, (2004). *Ekolojik Sistemlerin Analizi, Yönetimi ve Modellenmesi*. Papatya Yayıncılık Eğitim Bilgisayar Sis. San.ve Tic. A.Ş., İstanbul.
- Evrendilek, F., Berberoğlu, S., Çelik, İ., Ben-Asher, J., Aydın, M., Koç, M., Meydan-Taşkınsu, S., Barutçular, C, Kılıç, Ş, Yılmaz, E., Doğan, K.**, (2006). *Değişen Küresel İklim ve Arazi Kullanımları Sürecinde Seyhan Havzası Ekosistemlerine Ait Karbon ve Azot Dinamiklerinin Sayısallaştırılması*, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurulu, Tarım, Ormancılık ve Veterinerlik Araştırma Grubu.
- FAO**, (2001). *Global forest fire assessment, 1990–2000: Mediterranean Sub-Regio*, FAO (Food and Agriculture Organization of the UN), Rome.

- Fath, B., Patten, B.C.** (2000). Ecosystem theory: network environs analysis. *In: Jørgensen SE, Müller F (eds) Handbook of ecosystem theories and management*. CRC, Boca Raton, pp 345–360
- Field, C. B., Randerson, J. T., Malmström, C. M.**, (1995). Global Net Primary Production: Combining Ecology and Remote Sensing, *Remote Sensing of Environment*, Vol.5(1), pp.74-88.
- Folke, C., Holling, C.S., Perrings, C.**, (1996). Biological Diversity, Ecosystem and The Human Scale, *Ecological Applications*, 6(4), 1018-1024.
- Gnauck, A.** (2000). Fundamentals of ecosystem theories from general systems analysis, *In: Joergensen SE, Müller F (eds) Handbook of ecosystem theories and management*, CRC Press, Boca Raton, pp 75–88.
- Goodchild, M.F.**, (2001). Metrics of scale in remote sensing and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3, 114-120.
- Grant, W.E., Swannack, T.M.** (2007). *Ecological modeling: a common-sense approach to theory and practice*, Wiley, New York
- Gregoire, J.M., Cahoon D.R., Stroppiana, D., Li, Z., Pinnock, S., Eva, H., Arino, O., Rosaz, J.M., Csiszar, I.**, (1999). Fire monitoring and mapping for GOF: current products and information networks based on NOAA-AVHRR, ERS-ATSR, and SPOT-VGT systems, *A component of Global observation of forest cover, report of a workshop*, November 3-5, Joint research Centre Ispra, Italy.
- Grimes, D.I.F.**, (2008). Geostatistical Tools for Validation of Satellite and NWP Model Rainfall, in: S.Sorooshian, K. Hsu, E. Coppola, B. Tomassetti, M. Verdecchia and G. Visconti (eds.), *Hydrological Modeling and the Water Cycle: Coupling the Atmospheric and Hydrological Models*, pp. 117-143.
- Grove, J.M., Burch, WR.** (1997). A social ecology approach and applications of urban ecosystem and landscape analyses: a case study of Baltimore, Maryland. *Urban Ecosyst* 1:259–279.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z.**, (1997). *Enerji ve Çevre, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No:41. Ankara.
- Halpin, P.N.**, (1997). Global climate change and natural-area protection: management responses and research directions, *Ecological Applications* 7:828-843.
- Hannon, B., Ruth, M.** (2001). *Dynamic modeling*, 2nd edn. Springer, Berlin.
- Hessburg, P.F., Reynolds, K.M., Keane, R.E., James, K.M., Salter, R.B.**, (2007). Evaluating wildland fire danger and prioritizing vegetation and fuels treatments, *Forest Ecology and Management*, 247, 1–17.
- Hicke, A. J., Asner, G. P., Randerson, J. T., Tucker, C., Los, S., Birdsey, R., Jenkins, J. C., Field, C., Holland, E.**, (2002). Satellite-Derived Increases in Net Primary Productivity Across North America, 1982-1998, *Geophysical Research Letters*, Vol.29, No.10.
- Hohn, M.E.**, (1999). *Geostatistics and Petroleum Geology*, Kluwer, Dordrecht.

- Holmes, G., Singh, B.R., Theodore, L.** (1993). Environmental Risk Assessment. "in, *Handbook of Environmental Management and Technology*", John Wiley & Sons, Inc., New York. 628 p.,p.573-583.
- Horning, N., Robinson, J.A., Sterling, E.J., Turner, W., Spector, S.,** (2010). *Remote Sensing for Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques*, Oxford University Press, New York.
- Huang, C., Townshend, J.R.G.,** (2007). A Stepwise Regression Tree for Nonlinear Approximation: Application to Estimating Subpixel Land Cover, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.24, pp.75-90.
- Hudson, N.,** (1995). *Soil conservation*, BT Batsford, London.
- IPCC,** (2000). *The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Pres, Cambridge.
- IPCC,** (2007). *Climate Change 2007: The Scientific Basic. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Summary for Policy Makers.
- İnal, N.,** (2006). İnternet Ortamında Tematik Harita Sunumu. İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, s.38-39, İstanbul.
- Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D., Saxena, R.,** (2002). Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 1-10.
- Jaroslav, M.H., Marcel, R.S., Grešáka, J.B., Geografickı, S.B.,** (1996). Modelling spatial and temporal changes of soil water erosion, *Geografickı casopis*, 48:255-269.
- Jolly, W.M.,** (2007). Sensitivity of a surface fire spread model and associated fire behaviour fuel models to changes in live fuel moisture, *International Journal of Wildland Fire*, 16, 503–509.
- Jones, H.G., Vaughan, R.A.** (2010). *Remote Sensing of Vegetation: Principles, Techniques and Applications*, Oxford University Press, s.3, New York.
- Jopp, F., Reuter, H., Breckling, B.** (2011). *Modelling Complex Ecological Dynamics*, Springer, New York.
- Keane, R., Burgan, R., Van Wagendonk, J.,** (2001). Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling, *International Journal of Wildland, Fire* 10, 301–319.
- Knyazikhin, Y., Martonchik, J.V., Myneni, R.B., Diner, D.J., Running, S.W.** (1998). Synergistic Algorithm for Estimating Vegetation Canopy Leaf Area Index and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation from MODIS and ISR Data, *Journal of Geophysical Research*, Vol.103, pp.32257– 32276.

- Kokkokoğlu, N.**, (2006). İç Anadolu Bölgesi Kuraklık Sürelerinin Parametrik ve Nonparametrik Yaklaşımla Analizi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale.
- Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., Turgu, E.** (2002). *Normallestirilmiş Yağış İndeksi Metodu (SPI) ile Türkiye de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi*, DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, ANKARA.
- Kravchenko, A., Zhang, R. and Tung, Y.** (1996). Estimation of Mean Annual Precipitation in Wyoming Using Geostatistical Analysis, *Proceedings of American Geophysical Union 16th Annual Hydrology Days*, April 15-18, 1996, Fort Collins, Colorado, pp. 271-282.
- Lal, R., Pierce, F.J.** (1991). *The vanishing resource, soil management for sustainability*, Soil And Water Conservation Society.
- Lanza, L.G., Ramirez, J.A., Todini, E.** (2001). Stochastic Rainfall Interpolation and Downscaling, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(2), 139-143.
- Larson, D.** (1993). *Natural resource assesment and policy, Soil Management for Sustainability*, Soil And Water Conservation Society.
- Lee, S., Crawford, M.M.**, (2003). Multitemporal classification of image series with seasonal variability using harmonic components, *Geoscience and Remote Sensing Symposium – 2003, IGARSS '03. Proceedings. IEEE International*.
- Letcher, R.A., Jakeman, A.J.** (2000). Types of Environmental Models, *Encyclopedia of Life Support Systems*, Water and Development Vol:2.
- Lieng, E., Schuler, D.V., Kastdalen, L., Fjone, G., Hansen, M., Bolstad, J.P.**, (2005). Classification of Land Cover Using Decision Trees and Multiple Reference Data, *Symposium on Remote Sensing*, 2005, ISPRS.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W.**, (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, Sixth Edition, s45-47, New Jersey.
- Lintz, J., Simonett, D. S.** (1976). *Remote Sensing of Environment Reading*, MA: Addison-Wesley, pp.694.
- Lloyd, C.D.** (2007). *Local Models for Spatial Analysis*, CRC, Boca Raton.
- Lo A., El-Swaify S.A., Dangler E.W., Shinshiro L.** (1985). Effectiveness of EI30 as an erosivity index in Hawaii. In: El-Swaify S.A., Moldenhauer W.C. & Lo A. (eds), *Soil erosion and conservation. Soil Conservation Society of America*, Ankeny: 384-392.
- Lobell, D.B., Hicke, J.A., Asner, G.P., Field, C.B., Tucker, C.J., Los, S.O.** (2002). Satellite Estimates of Productivity and Light Use Efficiency in United States Agriculture, 1982-1998. *Glob. Chem. Biol.*, 8: 722-735.
- Lu, D., Li, G., Valladares, G., Batistella, M.** (2004). Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS, *Land Degrad Dev*, 15:499–512.

- 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.
- Lucas, R., Rowlands, A., Brown, A., Keyworth, S., Bunting, P.** (2007). Rule-based classification of multi-temporal satellite imagery for habitat and agricultural land cover mapping, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 62, 165–185.
- Luck G.W., Smallbone, L.T., O'Brien, R.,** (2009). Socio-Economics and Vegetation Change in Urban Ecosystems: Patterns in Space and Time, *Ecosystems*, Volume 12, Number 4 Pages 604-620.
- Markham, A.,** (1996). Potential impacts of climate change on ecosystems: a review of implications for policymakers and conservation biologists, *Climate Research*, 6:179-191.
- Maselli, F., Rodolf, I.A., Bottai, L., Romanelli, S., Conese, C.,** (2000). Classification of Mediterranean vegetation by TM and ancillary data for the evaluation of fire risk, *International Journal of Remote Sensing*, 21, 3303–3313.
- Massey, D.S.,** (1996). The age of extremes: concentrated affluence and poverty in the twenty-first century. *Demography*, 33:395–412.
- Mather, P.M.** (1999). *Computer Processing of Remotely Sensed Data; An Introduction*, John Wiley & Sons, s. 292.
- McCarty, J.P.** (2001). Ecological consequences of recent climate change, *Conservation Biology*, 15: 320-331.
- Meydan, H.S.T.** (2008). Yukarı Seyhan Havzası'nda Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması ve Bazı Orman Meşcerelerinde Verimliliğin Modellenmesi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Doktora Tezi*, Adana.
- Millward, A., Mersey, J.** (1999). Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed, *Catena*, 38.
- Mkhonta, M.M.** (2000). Use of remote sensing and Geographic Information System (GIS) in the assessment of soil erosion in the Gwayimane and Mahhuku catchment areas with special attention on soil erodibility (K-Factor), *Yüksek Lisans Tezi, ITC, Enschede*.
- Morgan, R.P.** (1995). *Soil erosion and conservation*, Second Edition ed. Longman Group, Cranfield.
- Nanna, S.** (1996). A geo-information theoretical approach to inductive erosion modelling based on terrain mapping units, *Doktora Tezi, Wageningen Agricultural University, Wageningen*.
- Önder, D., Aydın, M., Berberoğlu, S., Önder, S., Yano, T.** (2009). The use of aridity index to assess implications of climatic change for land cover in Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 305-314.
- Özgürel, M., Pamuk, G., Topçuoğlu K.** (2002). Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi ile Ege Bölgesinde Kuraklığın İrdelenmesi, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 39(1), 119-126.

- Peterson, D.L., Parker, V.T.** (1998). *Ecological Scale*, Columbia University Press, New York.
- Petter, P.** (1992). GIS and Remote Sensing for Soil Erosion Studies in Semi-arid Environments, *Doktora Tezi, University of Lund*, Lund.
- Potter, C.S., Davidson, E., Nepstad, D., Carvalho, C.R.** (2001). Ecosystem Modeling and dynamic Effects of Deforestation on Trace Gas Fluxes in Amazon Tropical Forests, *Forest Ecology and Management*, Vol.152, pp.97-117.
- Potter, C.S., Randerson, J.T., Field, C.B.** (1993). Terrestrial Ecosystem Production: a Process Model Based on Global Satellite and Surface Data, *Global Biogeochemical Cycles*, 7: 811-841.
- Prasad, R., Dixit, A., Malhotra, P.K., Gupta, V.K.** (2007). Geoinformatics in Precision Farming: An Overview, in: *A.K. Singh and U.K. Chopra (eds.), Geoinformatics Applications in Agriculture*, New India, New Delhi, pp.39-78.
- Renard K.G., Freimund, J.R.** (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journ. Of Hydr.*, 157: 287-306.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C.** (1997). Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), *Agriculture Handbook*, 703 USDA, Washington.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P.** (1991). RUSLE Revised Soil Loss Equation, *Journal of soil and water conservation*, 46(1):30-33.
- Riano, D., Chuvieco, E., Salas, J., Palacios-Orueta, A., Bastarrika, A.** (2002). Generation of fuel type maps from Landsat TM images and ancillary data in Mediterranean ecosystems, *Canadian Journal of Forest*, 32, 1301-1315.
- Rowe, D.W.** 1981. Methodology and Myth. "in, Risk/Benefit Analysis in *Water Resources Planning and Management*, Ed Y.Y.Haimes", Plenum Press, New York. 291 p.,p.59-67, 79-80, 87.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenke, L.F., Jackson, R.B, Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Skeyes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H.** (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100, *Science*, 287:1770-1774.
- Salthe, S.N.**, (1993). *Development and evolution; complexity and change in biology*. Columbia University Press, New York
- Sanver, İ.E.** (2008). Kentsel Yayılmanın Çevreye Etkilerinin Uzaktan Algılama Yöntemiyle Belirlenmesi Ölüdeniz (Fethiye) Örneği, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Sesören, A.** (1999). *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*, Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti. İstanbul.

- Sharples, J.J., Mcrae, R.H.D., Weber, R.O., Gill, A.M.** (2009). A simple method for assessing fuel moisture content and fire danger rating, *18th World IMACS / MODSIM Congress*, Cairns, Australia 13-17 July 2009.
- Sırdaş, S.** (2002). Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, İstanbul.
- Sırdaş, S., Sen, Z.,** (2003). GAP Bölgesinde Kurak Dönem Özelliklerinin Araştırılması, *İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik A.B.D*, İSTANBUL.
- Silverman, B.W.** (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*, Chapman and Hall, London.
- Skole, D.** (1996). Land Use and Land Cover Change (LUCC) The Earth Observer, *Reprint from Global Change Newsletter*, No:25.
- Soetaert, K., Herman, P.M.J.** (2009). *A Practical Guide to Ecological Modelling: Using R as a Simulation Platform*, Springer Science and Business Media, New York.
- Sun, R., Zhu, Q.** (2001). Estimation of Net Primary Productivity in China Using NOAA-AVHRR Data. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2001. IGARSS '01.
- Şatır, O.** (2006). Uygun Bulanık (Fuzzy) Sınıflama Yöntemleri ile Aladağ Örneğinde Arazi Örtüsünün Sınıflandırılması, *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi*, Adana.
- Şen, Z.,** (2003). *Su Bilimi ve Yöntemleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, s 265 – 285.
- Şen, Z.,** (2008). *Wadi Hydrology*, CRC, Boca Raton.
- Şen, Z.,** (2009). *Spatial Modeling Principles in Earth Sciences*, Springer, Dordrecht.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,** (2005). 3194 sayılı İmar Kanunu ve İlgili Yönetmelikler-2001, *Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü Yayını*, No.108, 2005, Ankara.
- Tangör, N.F.** (2006). Çevre Hukukunun İşlevseliği: Mersin Örneği, *Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Kent ve Çevre Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Mersin.
- Townshend, J.R.G., Justice, C.O.** (1995). Spatial Variability of Images Monitoring Changes in The Normalized Difference Vegetation Index. *International Journal of Remote Sensing*, 16: 2187-2195.
- Tunay, M., Ateşoğlu, A.** (2008). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Amasra ve Yakın Çevresine ait Bitki Örtüsü Değişim Analizi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Yıl: 2008 Cilt:10 Sayı:13.
- Tunçay, H.E., Kelkit, A., Deniz, B., Kara, B., Bolca, M.** (2009). Peyzaj Sütrüktür İndeksleri ile Koruma Alanları ve Çevresindeki Peyzajın Geçirdiği Değişimin Tespiti ve Alan Kullanım Planlaması Önerilerinin Geliştirilmesi: Dilek Yarımadası-Menderes Deltası Milli Parkı ve Bafa Gölü Koruma Alanı Örneği, *TÜBİTAK Proje No: 106Y015 Final Raporu*, Aydın.

- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., Steininger, M.** (2003). Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 18, 306-314.
- TÜBİTAK-MAM.** (2010). *Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi Büyük Menderes Havzası Nihai Raporu*. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli.
- Türkeş, M.** (1996). Ispatral and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey, *Int. Climatol.*, 16, 1057-1076.
- U.S. EPA,** (1998). Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F, *Risk Assessment Forum*, Washington D.C. 114p., p.1-100.
- U.S.EPA,** (1997). Ecological Risk Assessment Guidance for Superfund: Process for Designing and Conducting Ecological Risk Assessments, *EPA-540-R-97-006. Solid Waste and Emergency Response*, Washington D.C. 106p.
- Üstüntaş, T,** (2000) Uydu Görüntülerinin Bulanık Sistem Yöntemleri ile İşlenerek Erozyon Miktarının Belirlenmesi, *İTÜ Araş. Fonu Projesi No:1186*, İstanbul.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L.** (2000). Soil erosion risk assessment in Europe, *EUR 19044 EN, Office for Official Publications of the European Communities*, Luxembourg.
- Van Leeuwen, W.J.D., Sammons, G.** (2004). Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS, *Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference*, 5–9 Nisan 2004, UT. US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City.
- Wachal, D.J., Banks, K.E.,** 2007. Integration GIS and Erosion Modeling: a tool for Watershed Management, *ESRI 2007 International User Conference*, Paper no: UC1038.
- Wackernagel, H.** (2002). Multivariate Kriging, in: *A.H. El-Shaarawi and W.W. Piegorsch (eds.), Encyclopedia of Environmetrics*, John Wiley & Sons, New York, Vol. 3, pp.1344-1347.
- Wackernagel, H.** (2003). *Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications*, Springer-Verlag, Berlin.
- Walther, G., Post, E., Convey, P., Menzel A., Parmesank, C., Beebee, T.J.C., Fromentin J., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein F.** (2002). Ecological responses to recent climate change, *Nature*, 416: 386-395.
- White, L.P.** (1977). *Aerial Photography and Remote Sensing for Soil Survey*, Clarendon Press., Oxford, s. 104.
- Wishmeier, W.H., Smith, D.D.** (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning, *USDA Agricultural Handbook*, ABD Tarım Bakanlığı, Washington, DC, ABD.
- Wolfe, S.A.** (1997). Impact of increased aridity on sand dune activity in the Canadian Prairies. *Journal of Arid Environments*. 36: 421-432.

- WWF, (2009). “Geçmişten Geleceğe Büyük Menderes” Projesi Ara Raporu, Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul.
- Xiao, X., Boles, S., Liu, J., Zhuang, D., Liu, M. (2002). Characterization of forest types in Northeastern China, using multi-temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data, *Remote Sensing of Environment* 82, 335–348.
- Yaltay, N., (2006). Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi, *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Van.
- Yeğnidemir, M.K., (2005). İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale.
- Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, Seçil Ofset, İstanbul.
- Yu B., Rosewell C.J. (1996). A robust estimator of the R-factor for the universal soil loss equation, *Transactions of the ASAE*, 39 (2): 559-561.
- Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B.C., Bauer, M.E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing, *Remote Sensing of Environment*, 98, 317 – 328.
- 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.
- Baker, C.B., (1987). Changes in Financial Markets and Their Effects on Agriculture, Federal Reserve Bank of St. Louis. http://research.stlouisfed.org/publications/review/87/10/Financial_oct1987.pdf.
- DSİ, (2005). Türkiye Toprak ve Su Kaynakları, Devlet Su İşleri Resmi Web Sitesi, Ankara, <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm#>.
- EFFIS, (2009). European Forest Fire Information System, <http://effis-viewer.jrc.ec.europa.eu/wmi/viewer.html>.
- ESRI, (2011). Global Evapotranspiration data accessible in ArcMap thanks to MODIS toolbox, ESRI web site ArcGIS Resource Center, http://blogs.esri.com/Dev/blogs/hydro/archive/2011/03/21/Global-EVAPOTRANSPIRATION-data-accessible-in-ArcMap-thanks-to-MODIS-toolbox_2100_.aspx
- FAO, (1992). Protect and Produce: Putting the Pieces Together. (United Nation Food and Agriculture Organization). Rome. <http://archive.sjc.edu.hk/bio>.
- FAO, (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Papers, <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>.

- MODIS**, (2008). MODIS Overview, *U.S. USA Geological Survey Web Site*, https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/products/modis_overview.
- Özkes, S.** (2005). Veri Madenciliği Modelleri ve Uygulama Alanları. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi*, <http://www.iticu.edu.tr/kutuphane/dergi>.
- TEMA**, (2008). Çevre Kütüphanesi: Erozyon, *TEMA Resmi internet web sitesi*, <http://www.tema.org.tr/Sayfalar/CevreKutuphanesi/ToprakErozyonu.html>.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mehmet Akif ERDOĞAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Tarsus/Mersin, 01/01/1980

E-Posta: makerdogan@yahoo.com.tr

Lisans: ÇÜ Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

Yüksek Lisans : ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

Center for Sustainability and the Global Environment (SAGE), Gaylord Nelson Institute for Environmental Studies, **University of Wisconsin-Madison, USA, Ekim 2010-Ocak 2011**, Climate Change, Water and Productivity in the Mediterranean Capacity Building for Geospatial Modeling (CLIMed): International Research Staff Exchange Scheme, Avrupa Birliği 7. Çerçeve Marie – Curie Programı.

Biodiversity Lab., Department of Biology & Biochemistry, University of Bath, **Bath City, United Kingdom, Eylül 2005-Haziran 2006**, Küresel İklim Değişikliğinin Doğu Akdeniz Ekosistemine Etkilerinin Uzaktan Algılama ve CBS Yardımıyla Belirlenmesi İçin İnsan Kapasitesi Geliştirilmesi, Leonardo da Vinci Mesleki Eğitim Eylem Programı.

Yayın ve Patent Listesi:

- **Erdogan, M.A.**, Eşbah H., Berberoğlu S., 2012: Determining the Interaction Between Land Use/Cover Change and Population: Case Study of Büyük Menderes Basin, *BENA 2012 Istanbul Conference* 21-24 June 2012.
- Akın A., Berberoğlu S., **Erdogan, M.A.**, Donmez C., 2011: Modelling Land-Use Change Dynamics In A Mediterranean Coastal Wetland Using Ca-Markov Chain Analysis, *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 21, No. 3, 2012.

- Eşbah H., **Erdogan, M.A.**, Tanrıöver A.A., 2011. Cellular Automata-Markov Chain and Landscape Metrics for Landscape Planning, *Journal of İTU-A/Z*, Vol: 8 No: 2, p.63-79.
- Berberoğlu S., Dönmez C., **Erdogan, M.A.**, 2011: Environmental Risk Assessment of The Seyhan Watershed Using Spatial Modelling, *Journal of İTU-A/Z*, Vol: 8 No: 2, p.80-90.
- Kapur S., Berberoğlu S., Akça E., Dönmez C., **Erdogan, M.A.**, Kapur B., 2012: Degradation, Global Assessment Of, *Encyclopedia of Soil Science*, Taylor&Francis.
- Şatır O., Berberoğlu S., Kapur S., Nagano T., **Erdogan, M.A.**, Dönmez C., Şatır N.Y., Akça E., Takana K., 2010: Soil Salinity Mapping Using CHRIS PROBA Hyperspectral Data, *ESA Hyperspectral workshop 2010 Frascati - Rome ITALY*.
- **Erdoğan, M.A.**, Tunçay H.E., Tanrıöver A.A., 2010: *Dilek Yarım Adası ve Çevresi 2025 Yılı İçin Arazi Örtüsünün Modellenmesi*, Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu, 24-26 Kasım 2010, İstanbul.
- Berberoğlu S., Dönmez C., **Erdoğan, M.A.**, 2010: Seyhan Havzası Çevresel Risk Analizi: Net Birincil Üretim, Erozyon ve Orman Yangınları Modellemesi, *Planlamada Sayısal Modeller Sempozyumu*, 24-26 Kasım 2010, İstanbul.
- **Erdoğan, M.A.**, Berberoğlu S., 2007: Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Habitat Modelleme: Akça Cılıbit Yumurta Hacmi Özelliği Örneği, *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Adana.
- **Erdoğan, M.A.**, Berberoğlu S., 2007: *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Habitat Modelleme: Akça Cılıbit Populasyonu Örneği, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IV. Sempozyumu*, 5-7 Haziran 2007, İstanbul.
- Araç N., **Erdoğan, M.A.**, 2004: Karayolları ve Çevre Sorunları, *7. Ulusal Çevre Sorunlarına Öğrenci Yaklaşımı Sempozyumu*, 20-23 Mayıs 2004, Erzurum.
- Artar M., **Erdoğan, M.A.**, 2004: Bilinçli Peyzaj Mimarlığı Tercihi, *PEMÖT 3. Ulusal Peyzaj Mimarlığı Öğrencileri Sempozyumu*, 1-2 Nisan 2004, Adana.
- Deneri V., **Erdoğan, M.A.**, 2003: Peyzaj Mimarlığı Öğrencisi Gözüyle Avrupa Peyzaj Sözleşmesi, *PEMÖT 2. Ulusal Peyzaj Mimarlığı Öğrencileri Sempozyumu*, 27-28 Mart 2003, Ankara.