

T. C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

BAKIRÇAY HAVZASI'NDA EKOLOJİK RİSK KARAKTERİZASYONUNA  
DAYALI HAVZA YÖNETİMİ

DOKTORA TEZİ

Şevki DANACIOĞLU

Balıkesir, 2017



T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
COĞRAFYA ANABİLİM DALI

BAKIRÇAY HAVZASI'NDA EKOLOJİK RİSK KARAKTERİZASYONUNA  
DAYALI HAVZA YÖNETİMİ

DOKTORA TEZİ

Şevki DANACIOĞLU


Tez Danışmanı  
Prof. Dr. Şermin Tağl


Balıkesir, 2017


T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

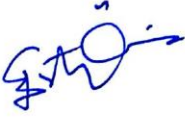
TEZ ONAYI


Enstitümüzün Coğrafya Anabilim Dalı'nda 201112516001 numaralı Şevki DANACIOĞLU'nun hazırladığı "Bakırçay Havzası'nda Ekolojik Risk Karakterizasyonuna Dayalı Havza Yönetimi " konulu DOKTORA tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisanüstü Eğitim Öğretim ve Sınava Yönetmeliği uyarınca 20.01.2017 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile karar verilmiştir.

  
Prof. Dr. Abdülhak KÖSE  
Başkan

  
Prof. Dr. Şermin TAĞIL  
Üye (Danışman)


  
Prof. Dr. Lokman Hakan TECER  
Üye

  
Prof. Dr. Ertuğ ÖNER  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr. Alper UZUN  
Üye

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım.

20.01.2017

Enstitü Müdürü  




## ÖNSÖZ

Öncelikle, lisans eğitimimden bugüne hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Şermin TAĞIL'a, doktora çalışmamın gerçekleştirilmesinde vermiş olduğu destek, göstermiş olduğu sabır ve en önemlisi gerçek bir bilim insanı olma yolundaki rehberliğinden dolayı sonsuz teşekkürü bir borç bilirim. Kendisinden aldığım bilgi tohumları, yine kendisinin katkılarıyla bu aşamaya gelerek bir fidan halini almıştır.

Tez izleme komitesindeki katkılarından dolayı Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. Abdullah KÖSE'ye ve her defasında saatlerce yoldan gelerek değerli eleştirileriyle çalışmama katkıda bulunan Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Lokman Hakan TECER'e katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Tez jürimde yer alarak değerli katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ertuğ ÖNER'e teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde emeği olan Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü öğretim üyelerine ayrı ayrı teşekkür eder; şükranlarımı sunarım.

Tez döneminin her aşamasında yanımda olan, tez jürimde yer alarak önemli katkılarda bulunan, söylemleriyle beni her zaman teşvik eden, desteğini her daim hissettiğim değerli hocam Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Alper UZUN'a çok teşekkür ederim. Yine desteklerini her zaman gördüğüm değerli arkadaşlarım Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden Yrd. Doç. Dr. Serpil MENTEŞE'ye, Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü'nden Araş. Gör. Güldane MİRİOĞLU'na ve Araş. Gör. Çağan ALEVKAYALI'ya teşekkür ederim. Tez verilerimin temini konusunda yardımcı olan sevgili Fatih OCAK dostuma ayrıca teşekkür ederim. Çevrim içi tez izleme komitesi toplantılarının gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi'nden değerli Merve FIÇICI'ya özellikle çok teşekkür ederim. Ayrıca toprak analizlerimin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Tarih Ar-Ge Müdürlüğü'ne ait

toprak-bitki-su analiz laboratuvarından Olcay Utku DEMİRER'e yardımları için teşekkür ederim.

Beni bu günlere kadar yetiştiren, yoğun çalışma dönemlerinde anlayış ve sabırla yaklaşıp arkamda duran, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, kendimden birer parça olan Annem'in ve Babam'ın ellerinden öperim. Ayrıca verdiği bütün destekler için sevgili Kız Kardeşim'e de ne kadar teşekkür etsem azdır.

Burada adını anmayı atladığım ve bu günlere gelmemde en ufak katkısı olan herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu doktora çalışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2012/32 numaralı proje ile desteklenmiştir.

.

## ÖZET

# BAKIRÇAY HAVZASI'NDA EKOLOJİK RİSK KARAKTERİZASYONUNA DAYALI HAVZA YÖNETİMİ

**DANACIOĞLU, Şevki**

**Doktora, Coğrafya Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şermin TAĞIL**

**2017, 259 Sayfa**

Havzalar sadece hidrolojik bir sistem değildir. Bitki örtüsü, topografya, toprak, jeoloji, iklimik ve sosyo-kültürel özelliklerin farklı açılardan birbirleriyle ilişki içerisinde olduğu sistemlerdir. Havza yönetim süreci, ekolojinin temel ilkeleri dikkate alan, sosyo-kültürel ve doğal sistemleri kapsayan ve ayrıca havzadaki ekolojik risk unsurlarını dikkate alan bir yönetim yaklaşımını gerektirmektedir. Havza yönetimi sürecinde ekolojik riskin değerlendirilmesi çevre yönetim kararlarını geliştirmek için ihtiyaç duyulan bilimsel bilgiyi toplamak, organize etmek ve sunmak için gereken bir süreçtir. Bu motivasyon noktasından hareketle araştırmada havza planlama ve yönetiminde ekolojik riskin değerlendirilmesi sürecine odaklanılmıştır. Bu kapsamda çalışmanın amacı Bakırçay Havzası ölçeğinde, doğal ve beşeri risk unsurlarının karakterizasyonunu gerçekleştirerek, havza yönetimi sürecinde ihtiyaç duyulan veri-bilgi dönüşüm sürecine yönelik model oluşturulmasıdır.

Literatür taraması ve saha çalışmaları sonucunda nüfus değişimi, meteorolojik kuraklık, arazi kullanımı/örtüsü değişimi, yangın ve toprak kaybı, Bakırçay Havzası'nda ekolojik risk oluşturma potansiyeline sahip unsurlar olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın araştırma sahası Bakırçay Havzasıdır. Araştırmada kullanılan mekânsal ölçek 30x30 metre olarak belirlenmiştir. Ayrıca 1985-2013 yılları arası araştırmanın zamansal ölçeği olarak belirlenmiştir. Farklı kurum ve kuruluşlardan ve veri üretim teknikleriyle elde edilen birincil veriler ve çeşitli analiz ve tekniklerle üretilen ikincil veriler, araştırmanın veri kaynaklarıdır. Araştırmada ekolojik risk; coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak, çok

kriterli analiz, analitik hiyerarşi süreci ve karakter analizi yaklaşımları ile tespit edilmiştir.

Kullanılan tüm tekniklerin sonuçları göstermektedir ki Bakırçay Havzası'nda ekolojik unsurlara olan en yüksek baskı Soma ve Bergama kentleri çevresindeki alanlarda meydana gelmektedir. Söz konusu alanlarda madencilik faaliyetleri ve nüfus, doğrudan veya dolaylı olarak ekosistem üzerinde baskı oluşturduğu tespit edilmiştir. Yüksek riske bu sahip alanların niteliksel ve niceliksel karakterizasyonu ile karar vericilerin kullanımına yönelik veri-bilgi modeli oluşturulmuştur.

Sonuç olarak uygulanan model çıktılarının sorgulanabilir, geliştirilebilir ve paydaş ihtiyacına yönelik şekillendirilebilir yapısıyla havza yönetim sürecinde daha doğru ve hızlı kararlar alınmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Havza Yönetimi, Ekolojik Risk, Karakter Analizi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Uzaktan Algılama, Bakırçay Havzası.

## **ABSTRACT**

### **WATERSHED MANAGEMENT BASED ON ECOLOGICAL RISK CHARACTERIZATION IN THE BAKIRÇAY BASIN**

**DANACIOĞLU, Şevki**

**Phd Thesis, Department of Geography,**

**Adviser: Prof. Dr. Şermin TAĞIL**

**2017, 259 Pages**

Watershed is not just a hydrological system. Watershed is a system in which vegetation, topography, soil, geology, climatic and socio-cultural characteristics are related to each other at different aspects. The watershed management process requires a management approach that takes into account the basic principles of ecology, socio-cultural and natural systems, and also considers ecological risk elements in the watershed area. Ecological risk assessment in watershed management is a necessary process to collect, organize and present the scientific knowledge needed to develop environmental management decisions. From this motivational point of view, this research focuses on the process of ecological risk assessment in watershed planning and management. In this context, the aim of this study is to establish a model for the data-information transformation process needed in watershed management by characterization of natural and human risk elements in Bakırçay Basin scale.

As a result of literature survey and field studies, population change, meteorological drought, land cover and land-use change, fire potential and erosion have been evaluated as having potential to create ecological risk in the Bakırçay Basin. Spatial scale is determined as 30x30 meters and temporal scale is determined as 1985-2013 of this study. The primary data has been obtained from different governmental institutions and organizations and also with data digitization techniques. The secondary data has been produced as a result of various analyzes by using geographic information systems and remote sensing techniques. The evaluation of ecological risk has been determined by multi-criteria analysis, analytic hierarchy process and character analysis approaches.

The results of those approaches show that the highest pressure on the ecological elements in the basin is around the cities of Soma and Bergama. Mining activities and populations have direct or indirect effect on the ecosystem in these areas. Qualitative and quantitative characterization of high-risk areas and a data-information model for decision makers were designed.

As a result, the applied model outputs can be questioned, developed and shaped towards the needs of the stakeholders. It is thought that it will contribute to the making of more accurate and quick decisions in watershed management process.

**Keywords:** Watershed Management, Ecological Risk, Character Analysis, Geographic Information Systems, Remote Sensing, Bakırçay Basin.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	x
ÇİZELGELER LİSTESİ .....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xviii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Konu.....	1
1.2. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı .....	6
1.3. Araştırma Soruları ve Hipotezler .....	11
1.4. Bilimsel Katkı .....	11
2. İLGİLİ ALANYAZIN .....	13
2.1. Kavramsal Çerçeve .....	13
2.1.1. Ekolojik Risk.....	13
2.1.2. Ekosistem Odaklı Çevre Yönetim.....	16
2.1.3. Ekolojik Risk Karakterizasyonu .....	21
2.2. Literatür Taraması.....	23
2.2.1. Ekolojik Risk Konusu ile İlgili Çalışmalar .....	23
2.2.2. Araştırma Alanı ve Çevresi ile İlgili Çalışmalar.....	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	27
3.1. Veri ve Yöntem.....	27
3.1.1. Veri.....	27
3.1.2. Yöntem.....	30
3.1.2.1. Ekolojik Risk Faktörleri.....	30
3.1.2.1.1. Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi .....	31
3.1.2.1.1.1. Sınıflandırma Yöntemi.....	31
3.1.2.1.1.2. Sınıfların Belirlenmesi .....	33
3.1.2.1.1.3. Stokastik Markov Modeli.....	37
3.1.2.1.2. Toprak Kaybı .....	38
3.1.2.1.3. Meteorolojik Kuraklık.....	44
3.1.2.1.4. Nüfus Değişimi .....	47
3.1.2.1.5. Yangın Riski.....	48
3.1.2.1.5.1. Vejetasyon Parametreleri .....	50
3.1.2.1.5.2. Topografik Parametreler .....	52
3.1.2.1.5.3. Klimatik Parametreler .....	53
3.1.2.1.5.4. Beşeri Parametreler .....	53
3.1.2.2. Ekolojik Risk Modeli .....	54



3.1.2.2.1. Çok Kriterli Analiz Teknikleri ile Ekolojik Risk Modeli .....	55
3.1.2.2.2. Analitik Hiyerarşi Süreci ile Ekolojik Risk Modeli .....	57
3.1.2.2.3. Ekolojik Risk Karakterizasyonu .....	59
4. ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFI ÖZELLİKLERİ .....	61
4.1. Bakırçay Havzası'nın Fiziki Coğrafya Özellikleri .....	63
4.1.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler .....	63
4.1.1.1. Jeoloji ve Tektonik .....	63
4.1.1.1.1. Litolojik Birimler .....	63
4.1.1.1.2. Morfotektonik Oluşum .....	66
4.1.1.2. Jeomorfolojik Özellikler .....	67
4.1.1.2.1. Yüksek Alanlar .....	67
4.1.1.2.2. Havza Tabanı .....	72
4.1.2. İklim Özellikleri .....	74
4.1.2.1. Genel Sirkülasyon ve Cephe Sistemleri .....	74
4.1.2.2. Orografik Özellikler ve Kontinentalite .....	75
4.1.2.3. İklim Unsurlarının İncelenmesi .....	76
4.1.2.3.1. Sıcaklık .....	76
4.1.2.3.2. Atmosfer Basıncı ve Rüzgârlar .....	78
4.1.2.3.2.1. Basıncın Yıl İçindeki Durumu .....	78
4.1.2.3.2.2. Rüzgârlar .....	80
4.1.2.3.3. Nemlilik ve Yağış .....	82
4.1.2.3.4. Yağış Etkinliği .....	85
4.1.3. Toprak Özellikleri .....	87
4.1.4. Bitki Örtüsü Özellikleri .....	93
4.1.4.1. Orman Formasyonu .....	95
4.1.4.2. Maki - Garig Formasyonu .....	96
4.1.4.3. Ot Formasyonu .....	98
4.1.5. Hidrografik Özellikleri .....	98
4.2. Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya Özellikler .....	101
4.2.1. Nüfus Özellikleri .....	101
4.2.2. Yerleşme Özellikleri .....	102
4.2.3. Ekonomik Coğrafya Özellikleri .....	103
4.2.4. Ulaşım .....	104
5. BAKIRÇAY HAVZASI'NDA EKOLOJİK RİSK ANALİZİ .....	106
5.1. Ekolojik Risk Faktörlerinin Analizi .....	106
5.1.1. Bakırçay Havzası'nda Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi .....	106

5.1.1.1. Su Yüzeyleri.....	108
5.1.1.2. Orman Alanları.....	116
5.1.1.3. Mera ve Çalılık Arazi.....	118
5.1.1.4. Ekili-Dikili Alanlar .....	120
5.1.1.5. Beşeri Alanlar.....	126
5.1.1.6. Çıplak Toprak İle Taş Yüzeyleri.....	128
5.1.1.7. Maden Sahaları.....	129
5.1.1.8. 2027 Yılı Olası Arazi Kullanımı/Örtüsü.....	131
5.1.2. Bakırçay Havzası'nda Toprak Kaybı.....	134
5.1.3. Bakırçay Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık .....	140
5.1.4. Bakırçay Havzasında Nüfus Değişimi .....	147
5.1.5. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski .....	152
5.1.5.1. Yangın Riski Parametreleri.....	154
5.1.5.1.1. Topografik Parametreler .....	154
5.1.5.1.2. Vejetatif Parametreler .....	162
5.1.5.1.3. Klimatik Parametreler .....	167
5.1.5.1.4. Beşeri Parametreler .....	170
5.1.5.2. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski Analizi Bulguları .....	174
5.2. Ekolojik Risk Modeli .....	177
5.2.1.Çok Kriterli Analiz Teknikleri ile Ekolojik Risk Modeli .....	178
5.2.2.Analitik Hiyerarşi Süreci ile Ekolojik Risk Modeli.....	182
5.2.3.Ekolojik Risk Karakterizasyonu ile Ekolojik Risk Modeli.....	186
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	220
6.1. Sonuçlar .....	220
6.2. Öneriler .....	228
KAYNAKÇA.....	231
EKLER.....	257

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Özellikleri .....	30
Çizelge 2. Sınıflandırma İşlemlerinin Kappa Katsayıları .....	33
Çizelge 3. Kullanılan Arazi Kullanımı/ Örtüsü Sınıfları ve Tercih Nedenleri .....	34
Çizelge 4. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) Kuraklık Sınıflandırması.....	46
Çizelge 5. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski Analizinde Kullanılan Değişkenlerin Risk Değerleri ve Kriter Ağırlıkları. ....	51
Çizelge 6. Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri Tablosu .....	58
Çizelge 7. İstasyonlara Ait Karasallık Dereceleri. ....	76
Çizelge 8. İstasyonlara Ait Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık, Amplitüd Değerleri. 77	
Çizelge 9. İstasyonlara Ait Mevsimlik En Yüksek, En Düşük, Ortalama Sıcaklık Değerleri.....	78
Çizelge 10. İstasyonlara Ait Ortalama Basınç Değerleri. ....	79
Çizelge 11. İstasyonlara Ait Nemlilik İndisleri Değerleri. ....	84
Çizelge 12. Thornthwaite'e Göre Dikili'de Su Bilançosu.....	86
Çizelge 13. Thornthwaite'e Göre Bergama'da Su Bilançosu. ....	87
Çizelge 14. Thornthwaite'e Göre Soma'da Su Bilançosu. ....	87
Çizelge 15. Bakırçay Havzası'nda Yer Alan Baraj ve Göletler .....	101
Çizelge 16. Bakırçay Havzası'nda Yer Alan Yerleşmelerin Nüfusları ve Nüfus Artış Oranları .....	101
Çizelge 17. Bakırçay Havzası'nda 1985-1999, 1999-2013, 1985-2013 Yılları Arasında Arazi Kullanımında/Örtüsünde Meydana Gelen Değişimin Yönü ve Miktarları.....	109
Çizelge 18. 1999-2013 Arazi Kullanımı/Örtüsü Sınıfları Arasındaki Değişime Göre 2023 Yılında Sınıfların Dönüşebileceği Sınıflar ve Olasılıkları .....	133
Çizelge 19. Toprak Kaybı Potansiyelinin Risk Kategorilerine Göre Alansal Miktarı .....	136
Çizelge 20. Arazi Örtüsüne Göre Toprak Kaybı Oranları (%) .....	140
Çizelge 21. K-Ortalama Algoritmasına Göre Rastgele Küme Başlangıç Noktaları 193	
Çizelge 22. Ekolojik Risk Karakterizasyonu Yapılan Örnek Noktalar.....	196
Çizelge 23. En Yüksek Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge .....	200
Çizelge 24. Yüksek Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge .....	201
Çizelge 25. Orta Derecede Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge.....	202

Çizelge 26. Az Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge .....	203
Çizelge 27. En Az Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge.....	204
Çizelge 28. En Yüksek Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge .....	205
Çizelge 29. Yüksek Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge .....	206
Çizelge 30. Orta Derecede Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge .....	207
Çizelge 31. Az Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge.....	208
Çizelge 32. En Az Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge .....	209
Çizelge 33. En Yüksek Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge .....	210
Çizelge 34. Yüksek Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge.....	211
Çizelge 35. Orta Derecede Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge.....	212
Çizelge 36. Az Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge .....	213
Çizelge 37. En Az Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge.....	214
Çizelge 38. En Yüksek Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge.....	215
Çizelge 39. Yüksek Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge .....	216
Çizelge 40. Orta Derecede Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge .....	217
Çizelge 41. Az Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge.....	218
Çizelge 42. En Az Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge .....	219

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yaygın Olarak Kullanılan Ekolojik Ölçekler (World Resource Institute, 2005). .....	3
Şekil 2. Araştırma Akış Planı.....	9
Şekil 3. Ekosistemi Oluşturan Bileşenler ve Bunların Birbirleriyle Bağlantıları (Evrendilerk, 2004) .....	14
Şekil 4. Toprak Kaybı Hesaplaması Amacıyla Elde Edilen RUSLE Yöntemi Parametreleri .....	41
Şekil 5. Arazi Çalışmaları ile Belirlenen Noktalardan Toprak Örneklerinin Alımı ..	42
Şekil 6. Yangın Riski Kapsamında Değerlendirilen Değişkenler .....	50
Şekil 7. Ekolojik Riskin Modellenmesi Sürecinde Kullanılan Veriler ve Yöntemler	56
Şekil 8. Bakırçay Havzası Lokasyon Haritası .....	62
Şekil 9. Bakırçay Havzası'nın Jeoloji Haritası .....	65
Şekil 10. Bakırçay Havzası'nın Hipsometrik Haritası.....	68
Şekil 11. Belirli Noktalar Arasındaki Yükseklik Profilleri.....	69
Şekil 12. Bakırçay Havzası'nın Eğim Haritası .....	70
Şekil 13. Bakırçay Havzası'nın Yükseklik Basamaklarının Kapladıkları Alanlar ve Toplam Havza Alanına Oranları .....	72
Şekil 14. İstasyonlara Ait En Yüksek, En Düşük ve Ortalama Sıcaklık Değerleri....	78
Şekil 15. İstasyonlara Ait Aylık ve Yıllık Ortalama Basınç Değerleri .....	79
Şekil 16. İstasyonlara Ait Aylık Ve Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızları. ....	81
Şekil 17. İstasyonların Rüzgâr Esiş Sayılarına Göre Yıllık Frekans Gülleri. ....	81
Şekil 18. İstasyonların Hâkim Rüzgâr Yönleri. ....	82
Şekil 19. İstasyonlara Ait Bağıl Nem Oranları. ....	83
Şekil 20. İstasyonlara Ait Aylık Yağış Miktarları. ....	84
Şekil 21. İstasyonlara Ait Yağış Miktarlarının Mevsimlere Göre Dağılışı.....	85
Şekil 22. Bakırçay Havzası'nda Yer Alan Toprak Grupları ve Miktarları.....	88
Şekil 23. Bakırçay Havzası'nın Toprak Haritası .....	89
Şekil 24. Bakırçay Havzası'nın Hidrografya Haritası .....	99
Şekil 25. Bakırçay Havzası'nda 1985 Yılı Arazi Kullanımı ve Örtüsü. ....	110
Şekil 26. Bakırçay Havzası'nda 1999 Yılı Arazi Kullanımı ve Örtüsü. ....	111
Şekil 27. Bakırçay Havzası'nda 2013 Yılı Arazi Kullanımı ve Örtüsü. ....	112

Şekil 28. Bakırçay Havzası'nda 1985-1999 Yılları Arasında Arazi Kullanımında ve Örtüsünde Meydana Gelen Değişim .....	113
Şekil 29. Bakırçay Havzası'nda 1999-2013 Yılları Arasında Arazi Kullanımında ve Örtüsünde Meydana Gelen Değişim. ....	114
Şekil 30. Bakırçay Havzası'nda 1985-2013 Yılları Arasında Arazi Kullanımında ve Örtüsünde Meydana Gelen Değişim. ....	115
Şekil 31. Bakırçay Havzası'nda 1985-1999-2013 Yıllarına Ait Arazi Kullanımı/Örtüsü Sınıflarının Oranları. ....	116
Şekil 32. Yunt Dağı Üzerinde Mera-Çalı Sınıfına Ait Arazilerden Bir Görüntü .....	120
Şekil 33. Bakırçay Ağzına Çekilen Set ve Deltada Nehirden Su Çekilerek Yapılan Tarım Faaliyetleri.....	125
Şekil 34. Bakırçay Deltası'nda İnşası Devam Eden Çandarlı Limanı .....	127
Şekil 35. Bademalanı Yakınlarında Açık Toprak ile Taş .....	128
Şekil 36. Soma Çevresinde Yer Alan Maden Sahalarının Zamansal Değişimi ve Gelecekteki Potansiyel İlerleme Seviyesi .....	129
Şekil 37. Bakırçay Havzası'nda 2027 Yılı Muhtemel Arazi Kullanımı ve Örtüsü..	132
Şekil 38. Bakırçay Havzası'nda RUSLE Yöntemine Erozyon Potansiyelinin Risk Gruplarına Göre Mekânsal Dağılışı .....	137
Şekil 39. Soma Çevresinde Yüksek LS ve C Faktör Değerlerine Sahip Sahalar.	138
Şekil 40. Yunt Dağı Kütlesi Üzerindeki Vejetasyon Özellikleri .....	139
Şekil 41. Bakırçay Havzası'nda SPI Analiz Sonuçlarına Göre Nemli Değerlere Sahip Sahaların Yüzeysel Dağılışı .....	143
Şekil 42. Bakırçay Havzası'nda SPI Sonuçlarına Göre Normal Değerlere Sahip Sahaların Yüzeysel Dağılışı .....	144
Şekil 43. Bakırçay Havzası'nda SPI Analiz Sonuçlarına Göre Kurak Değerlere Sahip Sahaların Yüzeysel Dağılışı .....	145
Şekil 44. Bakırçay Havzası'nda Nüfus Dağılışı Meydana Gelen Değişimin Risk Gruplarına Göre Mekânsal Dağılışı .....	149
Şekil 45. Havza Tabanı Üzerinde Yer Alan Yerleşmelerin Havza Tabanı Yönünde Yayılışı .....	151
Şekil 46. Bakırçay Havzası'nda Yükselti Basamaklarının Yangın Riski Değerleri	156
Şekil 47. Topografik Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı.....	157
Şekil 48. Eğimli Bir Yüzeyde Yer Alan Ağaçların Taç Kısımlarının Temas Etmesi Yangının Yayılma Hızını Artırmaktadır. ....	157

Şekil 49. Bakırçay Havzası'nda Eğim Değerlerine Göre Yangın Riski Değerleri ..	159
Şekil 50. Bakırçay Havzası'nda Bakı Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri .	160
Şekil 51. Bakırçay Havzası'nda Topografik Nemlilik Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri .....	161
Şekil 52. Vejetatif Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı.....	163
Şekil 53. Bakırçay Havzası'nda Bitki Örtüsü Türlerinin Yanabilme Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri .....	165
Şekil 54. Bakırçay Havzası'nda Bitki Örtüsü Kapalılık Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri .....	166
Şekil 55. Klimatik Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı .....	167
Şekil 56. Bakırçay Havzası'nda Güneşlenme Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri.....	168
Şekil 57. Bakırçay Havzası'nda Ortalama Yangın Dönemi (Haziran-Ekim) Yağış Miktarlarına Göre Yangın Riski Değerleri .....	169
Şekil 58. Beşeri Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı. ....	171
Şekil 59. Bakırçay Havzası'nda Yollara Olan Mesafeye Göre Yangın Riski Değerleri .....	172
Şekil 60. Bakırçay Havzası'nda Yerleşmelere Olan Mesafeye Göre Yangın Riski Değerleri.....	173
Şekil 61. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski Değerleri.....	175
Şekil 62. Bakırçay Havzası'nda Çok Kriterli Analiz Teknikleri ile Ekolojik Risk Modeli .....	180
Şekil 63. Bakırçay Havzası'nda Analitik Hiyerarşi Süreci ile Ekolojik Risk Modeli .....	183
Şekil 64. Bakırçay Havzası'nda Ekolojik Risk Karakterizasyonu ile Ekolojik Risk Modeli .....	187
Şekil 65. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski ile Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi Riski .....	190
Şekil 66. K-Ortalamlar Algoritmasına Göre Risk Faktörlerinin Kümelere Göre Dağılışı .....	193
Şekil 67. Bakırçay Havzası'nda K-Ortalamlar Algoritması Sonucuna Göre Kümelerin Dağılışı .....	194

## KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
AHS	: Analitik Hiyerarşı Süreci
BMÇMS	: Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORINE	: Coordination of Information on Environment
ÇKAT	: Çok Kriterli Analiz Teknikleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
FAO	: Food and Agricultural Organization
GPS	: Global Positioning System
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
IDW	: Inverse Distance Weighting
MAM	: Marmara Araştırma Merkezi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NLCD	: National Land Cover Dataset
OLI	: Operational Land Imager
RUSLE	: Revised Universal Soil Loss Equation
SPI	: Standardized Precipitation Index
SYM	: Sayısal Yükseklik Modelli
TM	: Thematic Mapper
TNİ	: Topografik Nemlilik İndeksi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilim Teknik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UA	: Uzaktan Algılama
UHYS	: Ulusal Havza Yönetim Stratejisi
UNEP	: United Nations Environment Programme
UNESCO	: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
UNISDR	: United Nations International Strategy for Disaster Reduction
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
WWAP	: World Water Assessment Programme



# 1.GİRİŞ

## 1.1. Konu

Su, yaşam üzerindeki önemi nedeniyle tarih boyunca tüm medeniyetler için ön planda tutulan bir doğal kaynak olmuştur. İnsan faaliyetlerinin birçoğu hem suya bağımlıdır hem de suyu etkilemektedir. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]) Dünya Su Değerlendirme Programı (World Water Assessment Programme [WWAP]) (2009) raporunda belirtildiği üzere demografik, ekonomik ve sosyal süreçler kapsamındaki insan faaliyetleri su kaynakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu baskılar teknolojik yenilik, kurumsal ve mali koşullar ve iklim değişikliği gibi bir dizi faktörler tarafından etkilenmektedir (İlhan, 2011). Ayrıca nüfus artışı ile birlikte yaşam standartlarındaki hızlı yükselişin de su kaynaklarının sürdürülebilirliği önündeki en önemli tehdit olduğu bilinmektedir (WWAP, 2009). Uluslararası standartlar dikkate alındığında, Türkiye’de 2012 yılı itibariyle teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir su miktarı kişi başına yıllık 1.500-1.700 m<sup>3</sup>’tür (Anonim, 2014a). Bu nedenle Türkiye “*periyodik su stresi*” yaşayan bir ülke olarak değerlendirilmektedir. 2030 yılında ise Türkiye’nin kişi başına düşen 1.100 m<sup>3</sup> kullanılabilir su miktarıyla su sıkıntısı çeken bir ülke durumuna gelmesi ön görülmektedir (Anonim, 2014a). Bu oranlar dikkate alındığında Türkiye’nin, su zengini değil, aksine su problemi olan bir ülke olduğu söylenebilir.

Suyun temel bileşen olduğu havzalar coğrafi olarak, bir akarsuyun kaynağı ile sonlandığı yer arasında çizgisel akış tarafından drene edilen, birbirlerinden su bölümü çizgileri ile ayrılmış sahaları ifade etmektedir. Birleşik Devletler Çevre Koruma Örgütü (United States Environmental Protection Agency [USEPA]) tarafından havza; bir göl, nehir, dere, sulak alan, haliç veya koya akışı sağlayan alandır (USEPA, 2008). Türkiye Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde ise havza; “Bir akarsu, göl, baraj rezervuarı veya yeraltı su haznesi gibi bir su kaynağını besleyen yeraltı ve yüzeysel suların toplandığı bölgenin tamamıdır” şeklinde tanımlanmıştır (Resmi Gazete, 2004). Havzalar ekosistem ölçeğinde incelendiğinde

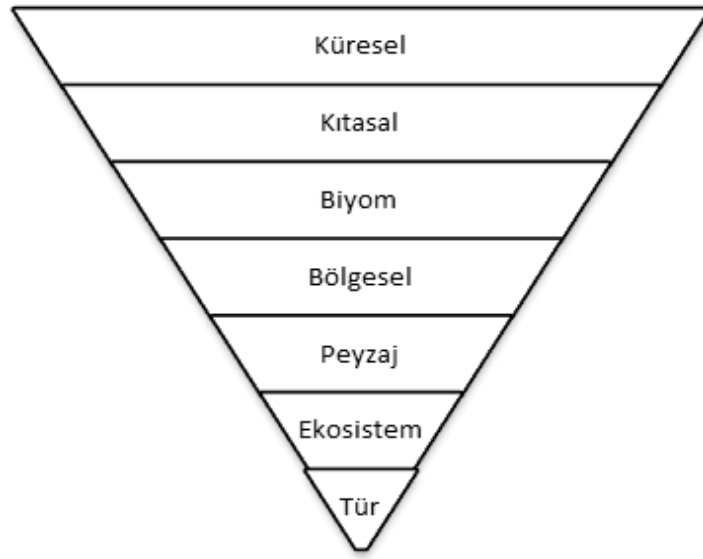
ise akarsu ađları ile birbirine bađlanmış; boylamsal, yanal, dűsey ve dűnemsel olarak birbirleri ile etkileşim içerisinde bulunan habitat lekeleri mozaikinden oluřan ekosistemlerdir (Randhir, 2007). Havzalar, abiyotik faktűrler tarafından belirlenmiř bir sistemdir ve o sisteme bađımlı olan biyotik faktűrleri içermektedir. Bu faktűrlerden birinde gerçekleřebilecek bir bozulmanın diđerini de etkilemesi beklenen bir sonuçtur. Bu nedenle havzalar birbirinden farklı fakat birbirine bađımlı dinamiklere sahiptirler. Öyle ki, bir havza ekosisteminin herhangi bir katmanında meydana gelen olumsuz bir durum “bűtűn” tarafından hissedilmektedir (Uzun, 2003).

Ekosistemler farklı ۆleklerde ele alınmaktadır (řekil 1). Bunlar içerisinde akarsu havzaları yalnızca suyun deđil, tűm biyotik ve abiyotik faktűrlerin birlikte ve sűrdűrűlebilir kullanımlarının sađlanarak korunabilmesi için seçilebilecek en uygun ekolojik birimlerdir (Uzun, 2003). Havzaların bu ۆzelliklerinden dolayı birçok geliřmiř ۆlkede planlama çalıřmaları havza ۆleđinde yűrűtűlmektedir.

Havzalar, sahip olduđu tűm kaynaklar arasında bir enerji akıřı olan ekolojik ۆlekdir. Bu ۆzelliđi ile havzaların, barındırdıđı kaynakların bűtűnlűk içerisinde korunmasını sađlayan bir yűnetim anlayıřına sahip olması gerekmektedir. Bu kapsamda bir su toplama Havzası’nda ekolojinin temel ilkeleri gűz ۆnűnde bulundurulurak, toplumun sosyo-kűltűrel ve ekonomik yűnden ilerlemesine imkűn tanıyacak řekilde dođal kaynakların sűrdűrűlebilir kullanımının planlanması, geliřtirilmesi ve yűnetilmesi gerekmektedir (Anonim, 2000). Bir diđer gűrűse gűre ise, havzanın sađladıđı hidrolojik hizmetleri muhafaza ederek; toprađın, bitki ۆrtűsűnűn ve suyun o alanda yařayanların yararına bűtűnleřik kullanımı, havza yűnetim sűrecinde temel unsurdur (Daeghouth, 2008).

İdari yapılanmanın havza sınırlarını ařması durumunda, akarsu havzaları içerisinde yapılan çalıřmalar birbirinden bađımsız idari mekanizmalar dűzeyinde gerçekleřmektedir. Bunun yerine, ekolojik planlama ve yűnetim çalıřmalarında mekűnsal ۆlek havza ۆleđi olacak řekilde ele alınmalıdır (Dawei ve Jingsheng, 2001). Havzalar, sűrdűrűlebilir kalkınma stratejileri ile deđil, dođal dengenin sűrdűrűlebilirliđine yűnelik stratejiler ile sulak sistemlerin ve su havzalarının korunması yűnűnde yűnetimin esas olması gereken birimlerdir (İlhan, 2011). Dolayısıyla su kaynaklarının yűnetiminde, ekonomik ve siyasi boyutların yerine

bütüncül bir yaklaşım çerçevesinde, ekolojik ve sosyo-ekonomik unsurlar havza ölçeğinde dikkate alınmalıdır (Uzun, 2003). Buna göre oluşturulması hedeflenen mekanizmalar; idari sınırların dikkate alınmadığı, sınırların coğrafik ve hidrolojik esaslara göre belirlendiği, şimdiki ve gelecek kuşaklar için sürdürülebilir çok yönlü kullanımının devam ettirildiği, doğal süreçlerin, sosyo-ekonomik ihtiyaçların ve siyasi-idari süreçlerin aynı potada ele alındığı entegre havza yönetimi sistemleridir (Grontmij, 2004).



Şekil 1. Yaygın Olarak Kullanılan Ekolojik Ölçekler (World Resource Institute, 2005).

Dünya genelinde su kaynaklarının havza ölçeğinde kapsamlı teknik planlaması 1950’li yıllarda başlamıştır. Bunun temel nedenleri planlama sürecini şekillendirecek debi, jeolojik ve topografya verilerinin eksikliği ile planlama tekniklerinin yeterli düzeye ulaşmamasıdır (Bilen, 2008). Havza yönetim projeleri, ilk olarak “mühendislik” yaklaşımına sahip, genelde yalnızca orta ve büyük ölçekli akarsularda toprak ve su kaynaklarının yönetilmesi, erozyon ve yüksek arazilerin dengelenmesi amacıyla tasarlanan fiziki önlemler olarak düşünülmüştür (Grontmij, 2004). Örneğin 1933 yılında Tennessee Vadisi’nde baraj inşa edilerek taşkın kontrolü, elektrik üretim ve dağıtımı, sanayi faaliyetlerinin geliştirilmesi, toprak koruma ve tarımsal verimliliğin artırılmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Genel olarak bu

dönemdeki çalışmalarda amaç şiddetli sel olaylarını sınırlamak, yüzeysel akışı kontrol altına almak ve siltasyonu yavaşlatmaktır (Daeghouth vd., 2008).

1990'lı yıllardan itibaren gelişmiş ülkelerde havza yönetim programlarının sadece doğal kaynakların korunmasını kapsamaktan uzaklaştığı görülmektedir. Yaklaşım, ekolojik ve idari anlamda sürdürülebilir, yerel halka faydalı, yoksulluğu azaltan ve kaynak kullanım verimliliğinde artış hedefler hale gelmiştir (Kerr, 2002).

1992 yılındaki Dünya Zirvesi (Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı) sonucunda ortaya konulan Gündem 21'de doğrudan su kaynaklarının çevre bütünü içinde değerlendirilmesi gerektiği; kaynak yönetiminin de havza bazında, diğer doğal kaynaklarla "entegre" biçimde gerçekleştirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma felsefesi içinde yönetilmesi zorunluluğu vurgulanmıştır (Harmancıoğlu ve Fıstıkoğlu, 2002; Canseven, 2013). Bu durum, suyun sadece doğal bir kaynak olarak değil, sosyal ve ekonomik kaynak olarak da ele alınmaya başlandığını göstermektedir.

Türkiye'de su yönetimi kapsamında 1950'li yıllardan önce yapılan havza çalışmaları genellikle tek amaçlıdır ve bu çalışmalarda belirli ihtiyaçlar üzerinde durulmuştur (Cansseven, 2013). Türkiye'de havza planlama ve su yönetimi anlayışına, Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanun'un 1954 yılında yürürlüğe girmesi ile geçilmiştir. Diğer bir ifadeyle Türkiye'de su ve havza yönetimi süreci, başlangıçta kalkınma hedefleri doğrultusunda ve arz odaklı bir su yönetimi temelinde kurgulanmış; ancak 1950'li yıllardan itibaren dağınıklaşan ve karmaşıklaşan bir kurumsal hukuki yapının ortaya çıktığı şekle dönüşmüştür (Duran, 2010). Türkiye'de havza yönetimi projelerine ilişkin ilk çalışma 1958 yılında Kızılcahamam Su Toplama Havzası Uygulama Raporu ile başlamıştır. Bu dönemde gerçekleştirilen projelerin ortak özelliği, erozyon, sel kontrol ve hidrojeoloji gibi envanter çıkartma ve etüt planlama amacı gütmeleridir.

1990'lı yıllarda Türkiye'deki havza yönetimi çalışmaları, dünyadaki gelişmelerden farklılık göstermektedir. Türkiye, 1992 yılındaki Dünya Zirvesi sonucunda açıklanan belgelerden "İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" hariç tamamına taraf olmasına rağmen, entegre havza yönetimi sistemine yönelik somut adımları atılmamıştır. 1993 yılında uygulamaya konulan Doğu Anadolu Su Havzası Rehabilitasyon Projesi daha

çok toprak korumaya yönelik olmakla birlikte, halkın katılımının sağlanması bakımından Türkiye’de gerçekleştirilen ilk uygulamadır (Canseven, 2013).

Türkiye’de gerçekçi bir havza yönetimi anlayışı günümüze kadar kabul görmemiş ya da uygulanması sağlanmamıştır. Son yıllarda yapılan girişimler ile Avrupa Birliği (AB) Su Çerçeve Direktifi doğrultusunda kapsamında “*Entegre (Bütünleşik) Havza Yönetimi Planları*”nın ortaya konulması hedeflenmiştir. Bunun bir yansıması olarak Türkiye Bilim Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi (MAM) tarafından 14 havzanın havza koruma eylem planlarının hazırlanması planlanmıştır. Bu kapsamda Ağustos 2009 - Aralık 2010 tarihleri arasında Kızılırmak, Büyük Menderes, Yeşilirmak, Susurluk, Marmara, Konya, Küçük Menderes, Seyhan, Burdur, Ceyhan ve Kuzey Ege olmak üzere 11 havzanın koruma eylem planları hazırlanmıştır.

Havza yönetim süreci, ekolojinin temel ilkeleri dikkate alınarak, sosyo-kültürel ve doğal sistemleri kapsayan, havzada baskı unsurlarının karakterini ortaya koyan bir yönetim yaklaşımı gerektirmektedir. Nitekim havzalar sadece hidrolojik bir sistem değil; bitki örtüsü, topografya, toprak, jeoloji, iklimik ve sosyo-kültürel özelliklerin farklı açılardan birbirleriyle ilişki içerisinde olduğu sistemdir (DeBarry, 2004). Ayrıca tüm ekosistemler ekonomik, politik ve sosyal süreçlerden etkilenmekte ve bu etkileşimler çok karmaşık bir yapıda hüküm sürmektedir (Erdoğan, 2012). Bu bağlamda havza ölçeğinde gerçekleştirilecek bir planlamanın temel ilkeleri; havzanın bütün olarak algılanması ve değerlendirilmesi, farklı karar vericiler tarafından gerçekleştirilen değerlendirmelerin entegrasyonu, yerel halkın desteği, dinamik planlama mantığı ve ekolojik risk değerlendirmesi şeklindedir (Hızal vd., 2008). Havza yönetim sürecinde karar mekanizmaları; havza içerisinde risk altında olan ekolojik unsurları, bunların konumlarını, karakterlerini ve söz konusu riskin etkilediği alanların korunması yönünde yapılacak en uygun çözüm yollarının tespitine ihtiyaç duymaktadır (USEPA, 2000a). Ekolojik risk değerlendirmesi; çevre yönetim kararlarını geliştirmek için ihtiyaç duyulan bilimsel bilgiyi toplamak, organize etmek ve sunmak için gereken bir süreçtir (Van Leeuwen, 1997; Serveiss, 2002).

Ekolojik riskin karakterizasyonu, risk değerlendirmesi sürecinin bir adımıdır. Risk karakter analizi; ekosistem üzerinde baskı unsuru olduğu düşünülen faktörlerin ve

risk unsurlarının, mekansal dağılışının tespit edilmesi ve kantitatif olarak analiz edilmesini amaçlamaktadır. Nitekim birden fazla risk unsurunun etkili olduğu bir sahanın planlama ve yönetim süreci farklı karar vericileri sürece dahil edecekken, tek bir risk unsurunun etkili olduğu sahada süreç farklı ilerleyecektir. Söz konusu bütünleşik bir sistemin gerekli olduğu peyzaj planlama ve yönetimi sürecinde ekolojik riskin karakterize edilmesi, dinamik bir yapının oluşturulmasını sağlayacaktır.

Birçok faktörün etkili olduğu çevresel analizlerin, çok boyutlu ve disiplinler arası yaklaşımla ele alınması gerekir. Bu yaklaşımlar niteliksel ya da niceliksel, mekânsal ya da mekânsal olmayan özelliklere sahip olsalar da bir veri altyapısına ve bunların analizlerine ihtiyaç duymaktadır. Çevresel analizlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri karar destek sistemlerinin ihtiyaç duyduğu mekânsal verinin üretilmesinde, kullanımında ve hesaplanmasında entegre yapısıyla önemli rol oynamaktadır (Eedy, 1995; Antunes vd., 1996, Raheja, 2003). CBS teknolojileri geniş mekânsal ölçeklerde dağılış gösteren biofiziksel ve sosyo-ekonomik verilerin toplanması, depolanması, sunumu ve analizi süreçlerinin daha hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır (Goodchild vd.,1996a). Sonuç olarak farklı değişkenler kullanılarak planlanan senaryo analizleri, fayda maliyet analizleri, model geliştirme yapısı gibi özellikleri ile CBS teknolojileri, geniş zamansal ve mekânsal ölçekte gerçekleştirilmesi planlanan çevre planlama ve yönetimi çalışmalarında önemli araçlardır (Raheja, 2003).

## **1.2. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı**

Dünya’da ve Türkiye’de su sorunlarına ve suyun kullanımına yönelik çözüm önerileri geliştirilmektedir. Söz konusu problemler doğal, sosyal ve ekonomik boyutlarda etkilere sahip olduğundan dolayı, çok kapsamlı ve birbiriyle entegre yapıda işleyen yaklaşımlar başarılı sonuçlar vermiştir (Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi [Millennium Ecosystem Assessment], 2005). Diğer yandan Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi entegre ekosistem yönetiminde ve entegre akarsu havzası yönetiminde doğrudan ekosistem servislerini ve insan refahını birlikte ele alacak bir sürecin bütünleşik olarak ele alınması gerekliliğine dikkat çekmiştir. Araştırma, bu motivasyon kaynağından hareketle, entegre havza yönetim modeli içerisinde ekosistem-insan ilişkisi boyutuna odaklanmaktadır.

Ekosistem odaklı planlama ve yönetim çalışmalarının; önemli ekolojik değere sahip alanların tespitinde, araştırma sahası içerisinde hassas ve risk altındaki alanların belirlenmesinde, riskli sahaların karakterizasyonunda ve buna bağlı olarak karar-destek sistemlerinin oluşturulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Diğer bir ifadeyle, ekosistem odaklı yaklaşım, insan ve doğal sistemler arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, planlama ve yönetim çalışmalarının verimliliğini artırabilir (Albayrak, 2012).

Araştırmada insan, ekosistemin bir parçası olarak ele alınmıştır. Peyzajın eko-fiziksel boyutu ile çevre ve havza planlamada, ekolojik fonksiyonlar üzerinde karar verme ilişkisi üzerinde durulmuştur. Karar sürecinde baskı altında olan ekolojik unsurların tespit edilmesi ve bunların karakterinin ortaya konulması gerekliliği düşüncesi benimsenmiştir. Bu kapsamda çalışmanın amacı Bakırçay Havzası ölçeğinde, doğal ve beşeri risk unsurlarının karakterizasyonunu gerçekleştirerek, havza yönetimi sürecinde ihtiyaç duyulan veri-bilgi dönüşüm sürecine yönelik model oluşturulmasıdır. Bu süreçte, havzanın planlama ve yönetimi sürecinde dikkate alınması gereken ekolojik baskı unsurları değerlendirilmiştir. Doğal (meteorolojik kuraklık, toprak erozyonu, yangın riski) ve beşeri (nüfus değişimi, arazi kullanımı/örtüsü değişimi) faktörlerin havza üzerindeki durumu araştırılmış; günümüz peyzajında risk oluşturduğu alanlar belirlenmiştir. Elde edilen bulgular mekansal analizler ile değerlendirilerek araştırma sahasının genel ekolojik risk karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Buna göre araştırma sahası olarak “*Bakırçay Havzası’nın*” seçilme nedenleri şu şekildedir:

- Bakırçay Havzası’nın, planlanan Kuzey Ege Çandarlı Limanı’ndan doğrudan etkilenecek olması,
- Bakırçay’ın; kuzeyinde Madra Dağını, güneyinde Yunt Dağını, havza tabanında geniş tarım alanlarını, aşağı havzasında sulak alanları, yukarı ve aşağı havzasında maden sahalarını bulundurması ile farklı ekosistem özelliklerine sahip alanları bir arada barındırması,

- İstanbul-İzmir Otoyolu Projesi Kesim IV: Balıkesir – İzmir (Yeşil Hat) olarak tanımlanan kısmının Savaştepe, Soma ve Kırkağaç ilçelerinden ve genelde zeytinlik alanlardan oluşan tarım arazilerinden geçecek olması,
- Yapılan arazi çalışmaları ile havza içerisinde yer alan hidrografik süreçlere beşeri müdahalelerin olduğunun tespit edilmesi,
- Havza sınırları içerisinde, çeşitli tarımsal faaliyetler, madencilik, sanayi, ulaşım, turizm gibi ekosistemler üzerinde baskı oluşturabilecek özellikleri barındırmasıdır.

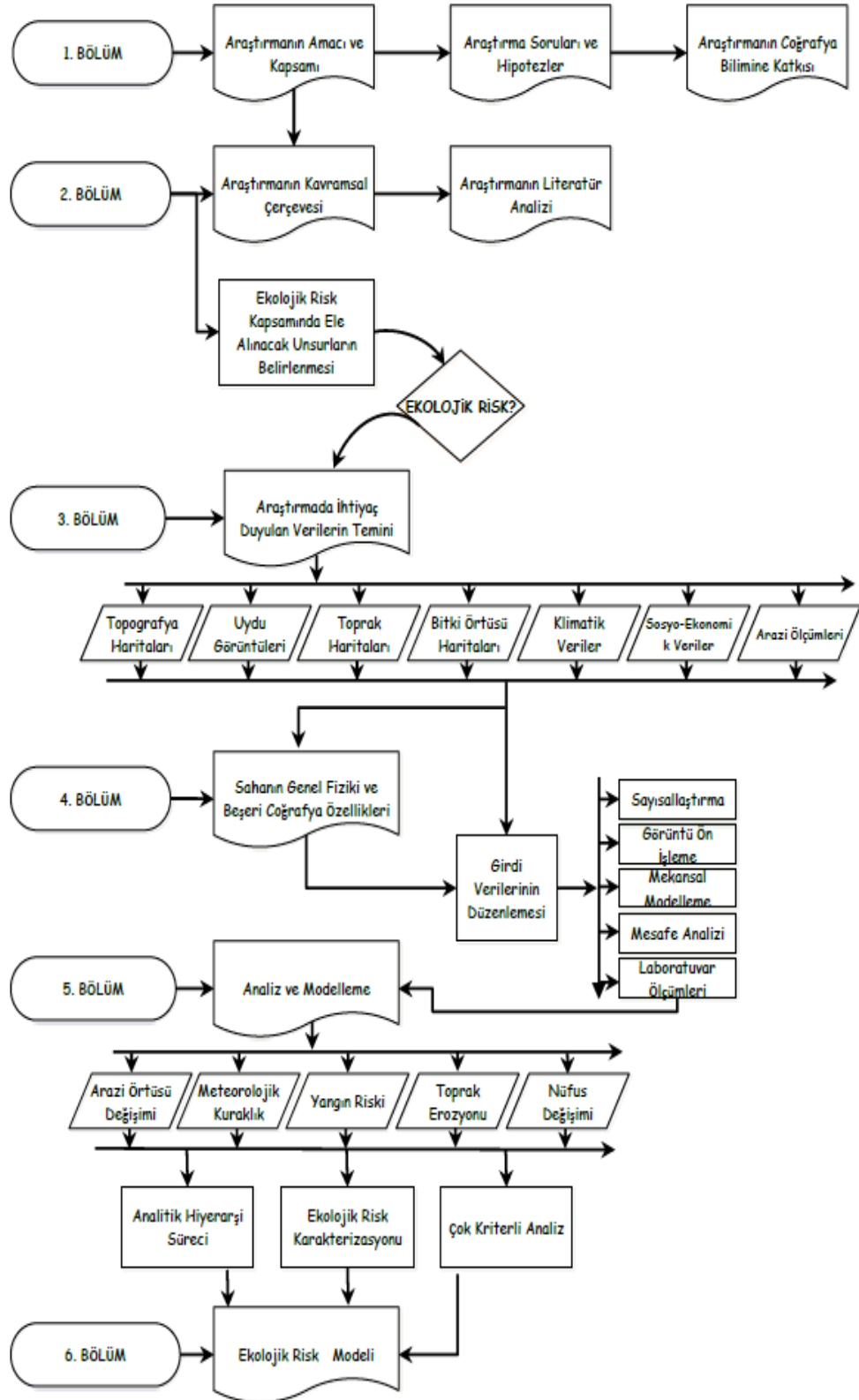
Araştırma sahasının bu özellikleri, sahanın mevcut ekolojik değerlerini, bunlar üzerindeki mevcut baskıyı ve ayrıca kısa ve orta vadede ekosistemler üzerinde artması muhtemel baskılara işaret etmektedir. Bu bağlamda, Bakırçay Havzası'nın koruma ve kullanma dengesini göz önünde tutan, sürdürülebilirlik temeline dayalı, ekolojik risk karakter analizi sonuçlarını dikkate alan peyzaj planlama ve yönetimi sürecinin geliştirilmesi için uygun mekansal ölçek olduğu düşünülmüştür.

Böyle bir sürecin Bakırçay Havzası'nda uygulanabilirliğinden hareketle, sistemin ihtiyaç duyduğu ekolojik riskin analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, peyzajın tüm dinamikleri (doğal sistem özellikleri ve sosyo-ekonomik sistem özellikleri) bütüncül bir yaklaşımla ele alınarak, havza yönetim sürecinde ekolojik risk kavramı üzerinde yoğunlaşmıştır. Farklı kaynaklardan ve arazi çalışmalarıyla elde edilerek üretilen veriler, CBS ve Uzaktan Algılama (UA) metotları yardımıyla analiz edilerek, planlama ve yönetim sürecinin ihtiyaç duyduğu bir ekolojik risk karakter analiz modeli oluşturulmuştur.

Tez çalışması 6 bölümden meydana gelmektedir (Şekil 2) . Bu bölümler şu şekildedir:

Araştırmanın ilk bölümünde, Dünya'da ve Türkiye'de su ve suyun yönetimindeki politikaların önemi, bunların günümüze kadar geçirdiği paradigma değişimleri, havzaların çevre planlama ve yönetimindeki önemi ve buna bağlı olarak araştırmanın motivasyon noktası, amacı, kapsamı ile araştırma soruları, hipotezler ve coğrafya bilimine yapacağı katkı açıklanmıştır.





Şekil 2. Araştırma Akış Planı

Araştırmanın kuramsal temeli ikinci bölümde açıklanmıştır. Buna göre ekolojik risk, ekolojik sistemlerin yönetimi ve ekolojik risk karakterizasyonu bu bölümde tartışılmıştır. Ayrıca araştırma konusu ve sahası ile ilgili literatürde yer alan bilimsel çalışmalar da bu bölümde ele alınmıştır. Bu kapsamda havza yönetimi çalışmalarındaki yaklaşımlar, ekosistem temelli çevre yönetim çalışmaları ve Bakırçay Havzası'nı ele almış araştırmalar irdelenerek, araştırmanın literatürdeki yeri ve doldurduğu boşluk ortaya konulmuştur.

Araştırmanın üçüncü bölümü; analiz sürecini ve kullanılan veri ve tekniklerinin açıklanmasını içermektedir. Kullanılan verilerin özellikleri, meta bilgileri, veri ön işleme ve analiz sürecinde hazırlık aşamaları açıklanmıştır. Kullanılan yazılımlar ve analiz teknikleri literatür kaynakları ile birlikte detaylı bir şekilde bu bölümde tanımlanmıştır.

Dördüncü bölümde araştırma sahası olan Bakırçay Havzası'nın fiziki ve beşeri coğrafya özellikleri açıklanmıştır. Buna göre sahanın jeolojik, jeomorfolojik, iklimik, toprak, bitki örtüsü özellikleri ve hidrografik özellikleri ile demografik, ekonomik, yerleşme ve ulaşım özellikleri bu bölümde açıklanmıştır.

Araştırmanın beşinci bölümü, ekolojik risk karakter analizi kapsamında ele alınan doğal ve beşeri unsurların analiz sürecini içermektedir. Bakırçay Havzası'nda arazi örtüsü ve kullanımında zamansal ölçekte meydana gelen değişim, meteorolojik kuraklık, yangın riski, toprak kaybı ve nüfus değişimi analizlerinin sonuçları bu bölümde açıklanmıştır.

Araştırmanın son bölümü olan altıncı bölümünde, ayrı birer parametre olarak ele alınan ekolojik riski belirleyici faktörler entegre edilerek, riskin karakterize edilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte çok kriterli analiz teknikleri, analitik hiyerarşi süreci ve karakter analizi yaklaşımları benimsenmiştir. Analizler her bir yaklaşım tekniğine göre gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılarak açıklanmıştır. Elde edilen bulguların havza yönetimi sürecinde kullanılabilirliği, doldurduğu boşluk ve sağlayacağı faydalar tartışılmıştır.

### 1.3. Araştırma Soruları ve Hipotezler

Araştırmada cevapları aranan araştırma soruları şu şekildedir:

1. Bakırçay Havzası'nda ekolojik risk kapsamında analiz edilen risk faktörlerinin peyzaj üzerinde mekânsal dağılışları nasıldır?
2. Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin karakterizasyonunda yoğunluk hangi risk faktöründedir?
3. Bakırçay Havzası'nda risk altında olan, hassas ve koruma statüsünde olması gereken alanlar yer almakta mıdır?
4. Ekolojik risk karakterizasyonu yaklaşımı havza yönetimi sürecine nasıl bir katkı sağlar?

Araştırmada test edilen hipotezler ise şu şekildedir:

- **H<sub>1</sub>**: Bakırçay Havzası'ndaki beşeri faaliyetler günümüz peyzajının en önemli belirleyicisidir. Beşeri faaliyetler, havzadaki bitki örtüsünün azalması, yamaçların istikrarsızlaştırılması ile toprak kaybı başta olmak üzere önemli peyzaj değişimlerine neden olmaktadır.
- **H<sub>2</sub>**: Ekolojik risk karakterizasyonu, havza yönetimi sürecinde insan – çevre ilişkisinin dinamik ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilmesi için gerekli olan bilgi sistemi ihtiyacını karşılayacak yapıya sahiptir.

### 1.4. Bilimsel Katkı

Karakter analizi yaklaşımı peyzajın karakteristik özelliklerinin ortaya konulması amacıyla sıkça kullanılan bir yöntemdir. Literatür araştırmaları sonucunda elde edilen bulgular ise bu araştırmada benimsenen riskin karakterizasyonu yaklaşımının daha önce kullanılmadığı yönündedir. Bu durum araştırmanın yöntemsel özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Bununla birlikte araştırma çıktılarının havza yönetimi çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı ön görülmektedir. Araştırmanın bu özelliği ile de çevre yönetimi çalışmalarına yeni bir perpektif kazandıracağı düşünülmektedir.

Bakırçay Havzası'nda ekolojik risk karakter analizini yapma amacına sahip olan bu çalışma, sahip olduğu kapsam ve yaklaşım ile inceleme alanı için ilk olma özelliği taşımaktadır. Bu bağlamda, ilgili paydaşlarla analiz sonuçlarının paylaşılması Bakırçay Havzası ölçeğinde gerçekleştirilecek havza koruma çalışmalarının ihtiyaç duyduğu temel ekolojik verilerin karşılanmasına önemli katkı sağlayacaktır.

Gerçekleştirilen literatür taramalarında elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, coğrafya bilimi kapsamında benzer çalışmalara rastlanılmamıştır. Bu sebeple "Bakırçay Havzası'nda Ekolojik Risk Karakterizasyonuna Dayalı Havza Yönetimi" konulu bu araştırma, hem çalışma alanı hem de metot itibariyle coğrafya bilimi çalışmaları arasında özgün olma özelliğine sahiptir. Araştırmanın motivasyon kaynaklarından biri olan bu özellik ile coğrafya bilimi çalışmalarına yeni ve farklı bir yaklaşım kazandırılacağı düşünülmektedir.

## 2. İLGİLİ ALANYAZIN

### 2.1. Kavramsal Çerçeve

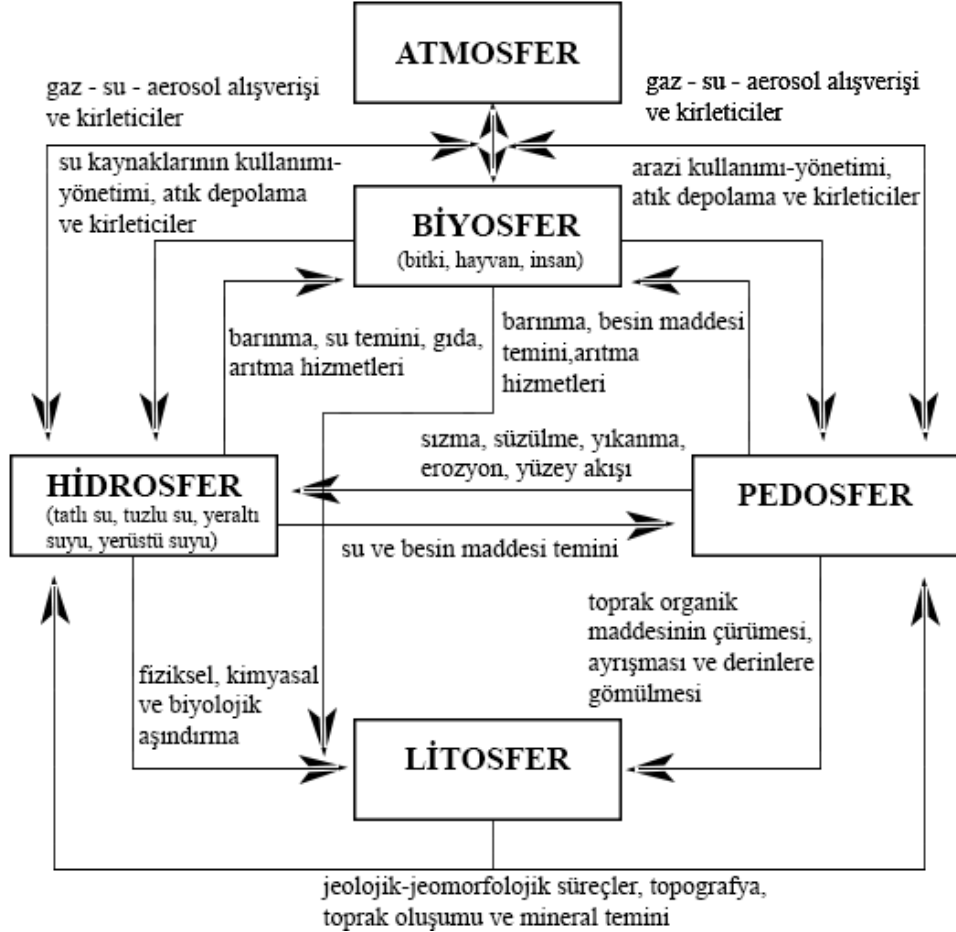
#### 2.1.1. Ekolojik Risk

Sistem, birbirine bağımlı değişik parçalardan oluşan, her parçası sınırlı bir alt görevi üstlenen, parçaları arasında eşgüdüm ve işbirliği bulunan ve hep birlikte belirli bir üst görevi yerine getiren işlevsel bir bütün olarak tanımlanmaktadır (Odum ve Barrett, 2005). Dünyamızı oluşturan doğal bileşenler belirli bir düzen içinde karşılıklı ilişki ile etkileşimin yaşandığı dinamik bir sistem yapısına sahiptir (Şekil 3). Bu sistem biyotik (organik) ve abiyotik (inorganik) yapıdaki iki temel bileşenden meydana gelmektedir. Abiyotik bileşenler; su (hidrosfer), hava (atmosfer), toprak (pedosfer), jeomorfolojik yapı ve ana materyal (litosfer) gibi cansız faktörlerden meydana gelmektedir. Biyotik bileşenler ise bitkiler (flora), hayvanlar (fauna) ve insanlar gibi canlı faktörlerden meydana gelmektedir. İşte bu abiyotik ve biyotik bileşenlerin belirli zaman ve mekan ölçeğinde karşılıklı etkileşiminin yaşandığı dinamik sistemlere ekolojik sistem, diğer bir ifadeyle ekosistem adı verilmektedir (Lindeman, 1942).

Belirtildiği üzere ekosistemlerin iki ana özelliği dinamik ve bütün olmasıdır. Ekosistemi oluşturan bileşenlerin düzen içerisinde birlikte oluşturduğu bütün, daha önce hiçbir alt birimde görülmeyen yeni özellikler ortaya çıkarmaktadır (Odum ve Barrett, 2005). Bileşenlerinin birbirine bağımlı ve karşılıklı etkileşim halinde olduğu ekosistem dinamiğini analiz ederken; (1) zaman boyutu, (2) mekân boyutu, (3) ekosistem yapısı, (4) ekosistem fonksiyonu, (5) rahatsızlık (baskı) rejimleri göz önünde bulundurulması gereken ana unsurlardır (Evrendilek, 2004).

Ekolojik baskı rejimleri ya da diğer bir ifadeyle ekosistemleri sınırlayıcı faktörler, ekosistem yapısının ve fonksiyonunun belirli bir zaman ve mekân ölçeğinde bozulmasına yol açan olaylardır (Evrendilek, 2004). Bu faktörler meydana gelme nedenlerine bağlı olarak doğal ve antropojenik kaynaklı olmak üzere iki ana gruba

ayrılmaktadır. Doğal baskılar; kütle hareketleri, volkanik faaliyetler, doğal yangınlar, kuraklık, sel, fırtına, çığ gibi olaylardır (White 1979). Antropojenik faktörler ise ekosistem ortamlarının yanlış ve aşırı kullanımından ya da değerinin anlaşılmasından kaynaklanan faktörlerden oluşmaktadır (Evrendilek, 2004).



Şekil 3. Ekosistemi Oluşturan Bileşenler ve Bunların Birbirleriyle Bağlantıları (Evrendilek, 2004)

Ekolojik baskı faktörlerinin ekosistem yapı ve fonksiyonları üzerindeki etkileri birbirlerinden farklıdır. Bu farklılıkla beraber, Shelford'un tolerans yasasına göre, çevresel faktörler için her canlı türünün hoşgörüsü ile karşılayabileceği bir minimum ve bir maksimum sınır vardır (Shelford, 1913). Ancak canlılar fiziksel çevre faktörlerine karşı tamamen boyun eğmiş değildir. Canlılar, buldukları çevreyi belirli ölçüde değiştirir ve yaşadıkları ortama uyum sağlarlar (Odum ve Barrett, 2005). Bir başka deyişle, ekolojik baskı rejimleri mevcut ekosistem özellikleriyle

karşılıklı etkileşim içerisinde. Bu nedenle ekolojik baskı faktörlerinin ekosistem üzerindeki etkisi oldukça karmaşıktır.

Ekosistemlerde etkili olan baskı rejimlerinin etkilerindeki farklılık, zamansal ve mekânsal ölçekte meydana gelmektedir. Bir baskı faktörünün etki alanı doğrudan bir türü ya da lokal ölçekte bir ekosistemi ilgilendirirken, bir diğeri küresel boyutlarda olabilmektedir. Aynı zamanda faktörler arasındaki etkileşime bağlı olarak başka bir baskı rejimi ortaya çıkabilmekte ya da tetiklenebilmektedir. Örneğin kuraklık faktörünün mevcudiyeti daha geniş alanları etkilemekteyken, yangın faktörü nispeten daha dar alanları etkilemektedir. Ayrıca kuraklık faktörü yangın olasılığını artıran özelliğe sahiptir.

Risk, genel çerçevede zararın ortaya çıkma; meydana gelmesi durumunda sonuçlarının büyüklüğünü niteleyen bir kavramdır (Okuyama ve Chang, 2004). Cheyne ve diğerlerine (1997) göre ise risk, nesne ya da olgunun bir etkileşim sonrasında insan ya da doğal çevrede zararlı etkiler oluşturma olasılığı ve belirli bir zamanda bu etkileşimin büyüklüğüdür. Olasılık veya ihtimalden ayrıldığı nokta, olumsuz sonuçlardır. Meydana gelmesi istenmeyen durumların olasılığı söz konusu olduğunda risk durumu ortaya çıkmaktadır. Bunlarla birlikte risk, tehlike teriminden hem meydana gelme ihtimalini hem de tehlikeyi nitelemesi noktasında ayrılmaktadır. Risk, çevresel ölçekte ele alındığında ise insan sağlığı ve çevre üzerinde kimyasal kirleticilere ve toksik maddelere bağlı olarak meydana gelebilecek olumsuz etkiler olarak tanımlanmaktadır (Holmes vd., 1993). Bu tanımdan hareketle çevresel risk araştırmalarında özellikle kimyasal kirleticilere odaklanan çalışmalar (Gold, 1992; U.S. EPA, 1994b; Bottelberghs, 2000; Bayliss vd., 2012) oldukça fazladır. Ancak çoğunlukla kimyasal kirlenme çerçevesinden ele alınan çevresel risk, sadece doğal kaynaklardaki kirletici kimyasal miktarlarıyla açıklamakta ve böylelikle ekosistemin genel işleyişi içerisindeki süreç ve konum bazlı riskleri ele almakta yetersiz kalabilmektedir (Erdoğan, 2012).

Ekosistem işleyişini ve yapısını dikkate alan, çevresel problemlerin çok boyutlu, konum bazlı, niceliksel ve niteliksel olarak ortaya konulan ekolojik risk yaklaşımı, bu noktada kapsamlı bir yaklaşım olacaktır. Bir ya da daha fazla etkenin ekolojik etkisinin meydana geldiği ya da meydana gelme olasılığının değerlendirildiği şeklindeki ekolojik risk tanımı (U.S EPA, 1992), bu kapsamdaki yaklaşımı

desteklemektedir. Ayrıca bu yaklaşım, havza ve çevre yönetimi konularında temel ekolojik veri altyapısını ve çevresel koruma kapsamında alınacak önlemlerin geliştirilmesi noktasında daha etkin sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

İnsan faaliyetlerinden ortaya çıkan topluma ve çevreye olan riskler, olayın ortaya çıkma olasılığının ve beklenen etki ya da büyüklüğünün ürünüdürler (Çelik, 2000). Riskin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar; planlama ve yönetim çalışmaları kapsamında politika veya programların tasarımının değiştirilmesi ve optimize edilmesinde, çevresel mülkiyet korumasında güvenlik oranının belirlenmesinde, yeni standartlar, kurallar ve öneriler belirlenmesinde kullanılabilir (Erdmenger, 1998).

Çevresel riskler iki adımda ele alınmayı gerektirmektedir (Çelik, 2000):

1. Risk Değerlendirmesi: Çevreyle ilgili riskin değerlendirilmesi, tehlikeli maddelere ve durumlara maruz kalınması durumunu belirlemeyi içerir.
2. Risk Yönetimi: Politika ve iyileştirme alternatiflerinin ağırlıklandırılmasını, değerlendirme sonuçlarının sosyoekonomik ve politik boyutlara bütünleşmiş edilmesi sürecinin değerlendirilmesini kapsamaktadır (McBean ve Rovers, 1998). Karşılaştırmalı risk analizi ve ekonomik analiz, risk yönetimi faaliyetleridir. Karşılaştırmalı risk analizinde çevresel tehlikeleri birbirlerine göreceli olarak değerlendirir ve tehlikelerin karakteristiklerine dayalı olarak her birine bir öncelik verir. Sonuçlar yüksek, orta veya düşük riskler olarak gruplandırılabilir veya puan sırasına dizilebilir (Schierow, 1994).

### **2.1.2. Ekosistem Odaklı Çevre Yönetim**

Ekosistem içerisinde biyotik veya abiyotik unsurların birbirleri ile olan ilişkileri ve etkileşimlerinin sonuçları, o ekosistemin sürdürülebilirliği üzerinde etkili olan temel süreçlerdir. Ekosistemin kendi içerisindeki karmaşık yapısı, kendi kendini düzenleyen ve doğal denge ile optimum uyum içerisinde varlığını devam ettiren bir yapıya sahiptir. Ancak bir ekosistem unsuru olarak insan; endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetleri ile bu yapının işlevlerini değiştiren, bozan ya da ortadan kaldıran bir faktördür. Gelişen teknoloji ve artan nüfus ile birlikte ekosistem içerisindeki



optimum uyum üzerinde insan etkileri giderek artmakta ve ekosistem servislerini değiştirmektedir (Roses vd., 2014).

Bu etkenler sonucunda ortaya çıkan çevresel sorunlar denildiğinde ilk akla gelen hava, su ve toprak kirliliğidir. Ancak; hızlı nüfus artışı, ekolojik taşıma kapasitesinin üzerinde ekosistem hizmet ve ürünlerinin kullanımı, arazilerin biyofiziksel kapasitesine uygun olmayan şekilde kullanılması gibi beşeri etmenlere bağlı olarak meydana gelen çevre sorunları ile sorunlara neden olan tetikleyici nedenler birbirlerinden farklı bir kavramlardır (Evrendilek, 2004). Bu nedenle çevre sorunları sadece kirlilik boyutuna indirgenmemelidir.

Ekosistem ürün ve hizmetlerinin olağan işleyişine engel olacak veya olan tüm sürdürülemez baskıların sonuçlarını kapsayan çevre sorunları, modern toplumun sanayileşmesiyle başlamış ve özellikle İkinci Dünya Savaşı sonrasında giderek artmıştır (Bookchin, 1994). 1960'lı yıllara kadar güdülen sanayi politikalarında, doğanın kirlilik tutmayacağı ve kendi kendini yenileceği düşüncesinden hareketle, sahip olunan tüm doğal kaynakların, ülkelerin sanayileşmelerine ve sanayilerini sürekli olarak büyütmelerine yeterli olacağı düşüncesi hâkimdi (Karabıçak ve Armağan, 2004). Çevre sorunlarının devletlerin gündemine gelmesi ve çevresel sorunların küreselleşmesi düşüncesi 1970'li yıllarla ortaya çıkan bir olgudur (İmga, 2006). Roma Kulübü'nün 1972 yılında yayınladığı 'Büyümenin Sınırları' (The Limits to Growth) adlı rapor, aynı yıl Birleşmiş Milletler tarafından 113 ülkenin katılımıyla gerçekleştirilen Stockholm Konferansı ile 5 Haziran tarihinin Dünya Çevre Günü olmasının kararlaştırılması, 1974'te Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)'nin kuruluşu, 1975'te Barcelona'da onaylanan Akdeniz Eylem Planı, 1987 tarihli sürdürülebilirlik odaklı Ortak Geleceğimiz adlı Brundtland Raporu, 1992 yılında 179 ülkeden 117 devlet başkanının yer aldığı Rio Konferansı ve yayınlanan Gündem 21 eylem planı, 2002'de Johannesburg'da yapılan Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, 1970 sonrasında çevresel sorunlara küresel anlamda dikkat çeken önemli belgeler ve girişimlerdir.

Tüm bu süreç içerisinde sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutuna vurgu yapılmış, stratejiler geliştirilmiş, tedbirler alınmış ve uygulamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ulusal ve uluslararası mevzuatlar çerçevesinde gelişen çevre politikaları ile insan ve doğal çevre faaliyetlerini sürdürülebilir şekilde kontrol altına almayı

hedefleyen “çevre yönetimi” anlayışı gelişmiştir. Bu yönetim anlayışı, ekonomik girişimleri çevresel etki değerlendirmesi sürecinde temel etmenlerden biri kabul eden, hangi faaliyetin ne tür kirliliğe yol açabileceğine ve bunların neden olabileceği çevresel etkilere odaklanan bir anlayıştır (Yaşamış, 1995). Diğer bir ifadeyle ekonomi, ekoloji ve teknolojinin bir arada olduğu bir yönetim anlayışıdır.

Sürdürülebilirlik temelli çevre yönetimi yaklaşımlarının doğal kaynaklarla-ihtiyaçlar, üretimle-tüketim, nüfus artışıyla-sürdürülebilir büyüme, dengeli kalkınmayla-yatırım etkinliği arasındaki çelişkileri azaltıcı bir tutum sergilediği ölçüde başarıyı yakalayabileceği bir gerçektir (Karabıçak ve Armağan, 2004). “Gelecek nesillerin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayan ekonomik gelişim” düşüncesinin hâkim olduğu bu yönetim anlayışının merkezindeki yaklaşım: ekonomik açıdan kârlı, sosyal açıdan kabul edilebilir ve çevreyle uyumlu bir şekilde hareket etmektir (Jorgensen, 2007). Söz konusu sürdürülebilirlik odaklı yönetim anlayışlarını vurgulayan girişimlerin mevcut çevre sorunlarının çözümü için spesifik nitelikli çözüm önerilerini getirdiği, fakat üretim ve tüketim kalıplarında gerçekleştirilmesi gereken bütüncül bir değişimi gösteremediği de savunulmaktadır. Bunu savunanların arkasında durduğu düşünce, mevcut paradigmanın ortaya çıkardığı tahribâtı bütüncül bir bakışla ele almak ve insanın bugünkü doğa algılamasının hâkimiyetine alternatif bir bakış açısı sunmaktır (İmga, 2006).

Sürdürülebilirlik temelli bu ekosistem yönetimi yaklaşımlarının yakın geçmişte ekosistem temelli bir yaklaşıma dönüştüğü görülmektedir (Albayrak, 2012). Biyo-çeşitlilik Topluluğu’nun 2004 yılında yayınladığı “Ekosistem Yaklaşımı” başlıklı bildirme, şimdiye kadar çevre yönetimi konusunda yayınlanan uluslararası raporlara göre daha fazla ekosistem odaklı olmasıyla dikkat çekmektedir. Buna göre:

- Toprak, su ve canlı kaynaklarının yönetim hedefleri toplumsal bir seçim meselesidir.
- Yönetim yetkileri en uygun seviyeye dağıtılmış olmalıdır.
- Ekosistem yöneticileri faaliyetlerinin komşu ya da diğer ekosistemler üzerindeki etkilerini (mevcut ya da olası) düşünmelidir.

- Yönetimden elde edilecek potansiyel getirinin tanınması, genellikle ekosistemi ekonomik kapsamda anlamayı ve yönetmeyi gerektirmektedir. Herhangi bir ekosistem yönetimi programı:
- Biyolojik çeşitliliği etkileyen olumsuz pazarlar azaltılmalı,
  - Biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımının artırılması için teşvikler ayarlamalı,
  - Mümkün olduğu ölçüde ekosistem fayda ve maliyetlerini dikkate almalı,
- Ekosistem servislerini korumak için ekosistem yapı ve işleyişlerinin korunmasında ekosistem yaklaşımı öncelikli hedef olmalı,
- Ekosistemler kendi işleyişleri göz önünde bulundurularak yönetilmeli,
- Ekosistem yönetimi uygun mekânsal ve zamansal ölçeklerde gerçekleştirilmeli,
- Farklı zamansal ölçeklerin etkileri farklı sürelerde ortaya çıkacağından, ekosistem yönetiminde hedefler uzun vadede belirlenmeli,
- Yönetim, değişimin kaçınılmaz olduğunu unutmamalı,
- Ekosistem yaklaşımında biyolojik çeşitliliğin korunması ve kullanımı arasında uygun bir denge ve entegrasyon olmalı,
- Ekosistem yaklaşımı konuyla ilgili tüm bilimsel ve mevcut bilgi formlarını kullanmalı, tüm yenilik ve pratikleri dikkate almalı,
- Ekosistem yaklaşımı, bütün ilgili sivil toplum kuruluşları ve akademik disiplinleri kapsamalıdır (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2004).

Bunun yanı sıra 2003 yılında Milenyum Ekosistem Değerlendirmesi Çalışma Grubu tarafından yayınlan Ekosistem ve Beşeri Refah isimli rapor ile de ekosistem temelli yaklaşımın önemi üzerinde durulmuştur. Rapor, ekosistemlerin, bu yönde sağlanacak hizmetlerin ve insan sağlığı ile olan ilişkisinin durum değerlendirmesinin entegre bir yaklaşım gerektirdiğini vurgulamaktadır (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Entegre çevre yönetimi için ekosistem içerisindeki temel fiziki, biyolojik ve sosyo-ekonomik bileşenlerin ilişkisi iyi anlaşılmalıdır (Reagan, 2007). Çevre konusunda alınacak yerelden genele tüm kararlarda bu ilişkinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu noktada bilimsel bilginin ve ekosistem değerlerinin gerekliliği US EPA (1998) tarafından “İyi bilim karar vermeyi destekler ancak değerler alınacak yönetim kararlarını belirler.” şeklinde açıklanmaktadır.

Karar odaklı ve ekosistem temelli olan bu yaklaşımın kapsamını, çevresel etki değerlendirme, çevresel risk değerlendirme, doğal kaynak hasar değerlendirmesi, çevresel yenileme, sosyo-ekonomik ve temel ekoloji kavramları oluşturmaktadır (Reagan, 2007). Bu kavramlar çerçevesinde ekosistemin sahip olduğu değerler, alınacak kararların kaynağını oluşturmakta ve bu süreçte insan hem ekosistemin bir parçası hem de karar verici olarak yer almaktadır. Göz önünde bulundurulacak değerler ise, değişken olmakla beraber, o çevrenin önemini açıkça ifade eden, korunması gereken ekolojik varlık ve değerlerdir (US EPA, 1998).

Karar verici olarak insan; sürdürülebilir, entegre ya da ekosistem odaklı bir çevre yönetim sürecinde en önemli bileşen olarak yer almaktadır. Alanın ekolojik değerlerinin ortaya konulması, varsa sorunların çözümü için kararların alınması ve önlemlerin uygulanması noktasında insan doğa üzerinde karar verici merci olarak yer almaktadır. Yönetim süreçlerindeki yaklaşımın odak noktasını ne oluşturursa oluşturursun, sonuçta insan karar verme sürecini yöneten konumdadır. Bu nedenle değişen yaklaşımlar ile söz konusu sürecin ekosistem lehine olması amaçlanmaktadır. Bu amaçla çevre yönetiminin temel kavramlarından olan ekolojik riskin ortaya konulması, yönetim sürecinin her aşamasında ihtiyaç duyulan önemli bileşenlerden biridir (Lemly, 1997; European Environment Agency, 1998).

Küresel ve bölgesel baskı unsurlarının doğal peyzaj üzerinde yol açtığı değişikliklerin mekânsal ve sayısal olarak ifade edilmesi, ekolojik çevrenin yönetimi için önemli bir araç haline gelmiştir (Xie vd., 2013). Amerika’da ve Avrupa Birliği ülkelerinde ekolojik risk analizi, yasal ve kurumsal altyapıya sahip bir metod olarak değerlendirilmektedir (U.S. EPA, 1994a; Van Leeuwen, 1997; U.S. EPA, 1998). Ekolojik risk analizi, bir ya da birden çok baskı unsuruna maruz kalmanın sonucu olarak ekolojik etkilerin ortaya çıkma olasılığının değerlendirilmesidir (Erdoğan, 2012). Ekolojik risk analizi, ekosistem yararı gözetilerek oluşturulan bir yönetim

sürecini kapsamaktadır. Bu şekilde oluşturulan bir yönetim modeli, Hollanda'da 1986-1990 yılları arasında gerçekleştirilen çevre yönetim programı kapsamında kullanılmıştır. Program kapsamında risk yönetimi, ulusal çevre yönetimi süreci içerisindeki bir bileşen olarak ele alınmış ve sosyo-ekonomik fayda sınırı ile belirlenen risk unsurlarının maksimum değerleri tespit edilmiştir (Ministry of Housing, Physical Planning and Environment, 1991). Benzer olarak Avustralya'da çevresel etki değerlendirme süreçlerinde risk analizi yaklaşımı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Elliot vd., 2009).

Çevre yönetimi süreçlerindeki yaklaşımlarda meydana gelen değişime paralel, ekolojik risk değerlendirmesi önemli bir araç haline gelmiştir. Öyle ki bu önemi nedeniyle belirli uygulama çerçeveleri çizilerek standartlaştırma (U.S.EPA, 1992) ve belirli kavramlar üzerine oturtularak bir model haline getirme (Suter II, 1996; McDonald ve McDonald, 2002; Finlayson ve Bayliss, 2003) yönünde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tüm bunlar, ekosistem temelli çevre yönetimi sürecinde ekolojik risk değerlendirmesinin önemini ortaya koymaktadır.

### **2.1.3. Ekolojik Risk Karakterizasyonu**

Bir mekânda süregelen olayların deseni o mekânın karakterini belirlemektedir (Şahin, 2009). Bir mekânın başka bir mekândan ayırt edici farklı ve algılanabilir özellikleri, diğer bir ifadeyle karakteri, sınırsız sayıda özelliğin farklı kombinasyonlarda bir arada olabilme olasılığına bağlıdır. Mekânın karakteri, doğal ve kültürel peyzaja ait yapısal öğelerin, farklı kombinasyonlarda oluşturduğu mekânsal deseni ifade etmektedir (Görmüş, 2012). Bu çerçevede peyzajın karakter analizinde amaç, doğal ve kültürel peyzaj özelliklerini sistematik bir analizle belirlemektir. Buna göre peyzaj karakterizasyonu ile lokal, çevresel ve kültürel özellikler belirlenmekte; çevredeki değişimin izlenmesi mümkün olmakta ve gelişime, değişime neden olacak koşullar hakkında bilgi verme olanağına sahip olunmaktadır (Selman, 2006).

Peyzaj ile ilgili kantitatif ve kalitatif verileri planlama sürecinde karar vericilerin kullanımına sunması ile dinamik bir planlama sürecine katkı sağlamasından dolayı peyzaj karakter çalışmaları popüler hale gelmiştir (Güneroğlu, 2013). Peyzaj karakterinin analiz edilmesiyle elde edilen bilgi sistemi; planlama ve yönetim

birimlerinde, doğa koruma ve geliştirme birimlerinde, iklim değişimi çalışmalarında, biyoçeşitlilik çalışmalarında, stratejik planlama birimlerinde ve rekreasyon çalışmalarında kullanılabilir (LCA, 2011). Bu nedenle peyzaj karakterinin farklı ölçeklerde analiz edilerek tanımlanması, sürdürülebilirlik ve verimlilik açısından çok önemlidir (şahin, 2009).

Peyzaj karakteri alanın; topografik, vejetatif, hidrolojik ve kültürel özelliklerinin bir kombinasyonuna bağlı olarak ortaya konulmasıdır. Bu süreç ile mekânın karakterize olduğu peyzaj ile istenilen peyzaj arasında karşılaştırma yapabilmek olanağı elde edilmektedir (Swanwick, 2002). Ekolojik risk ise bölgenin doğal ve beşeri risk faktörlerinin ekosistem üzerindeki baskı durumuna bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Buna göre ekolojik riskin karakteri, riski belirleyen faktörlerin analiz sonuçlarının kombinasyonlarına bağlı olarak oluşan mekansal desene karşılık gelmektedir. Ekolojik riskin karakterize edilmesi, sahadaki riskleri ve buna bağlı olarak ortaya çıkan veya çıkması muhtemel durumları yorumlama ve tahmin etme olanağı sunmaktadır. Bu süreçte sahadaki riske maruz kalma durumu ile riskle müdahalenin sentezi gerekmektedir. Bunun sonucunda karar mekanizmalarının doğru kararlar alması olanağı sağlanırken diğer yandan kullanışlı bilgi sistemi oluşur. Ekolojik risk değerlendirmesi sürecinin son aşaması olan bu süreç, farklı teknik ve yaklaşımlarla gerçekleştirilmektedir (Surer, 2016).

Ekolojik risk karakterizasyonunun odak noktası sadece o mekândaki riskin karakteristiğini ortaya koymaktır. Karakter analizi farklı risk unsurlarının söz konusu olduğu peyzaj birimlerinde, risklerin bütünsel ve kantitatif olarak ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır. Ekolojik değerlendirmelerin nihai amacı, doğal kaynaklar üzerinde fiziki ve beşeri etmenler nedeniyle meydana gelen olumsuz etkileri saptayabilmektir (elikyay, 2006). Ekolojik risk karakterizasyonu bu süreçte söz konusu olumsuz etkilerin mekansal dağılışını ve yoğunluğunu karar vericilere hızlı ve doğru kararlar alabilmelerine olanak sağlayacak yapıda ortaya koyan bir analiz sürecini ifade etmektedir.

Bir peyzaj biriminde farklı risk unsurlarının bir arada etkili oldukları sahaların mevcudiyeti, müdahale ve koruma süreçlerinde farklı karar vericilerin yönetim mekanizması içerisinde olmasını gerektirmektedir. Riskin karakterize edilmesi, doğru lokasyonlarda, doğru karar vericilerin birbirleriyle koordineli ya da

birbirlerinden bağımsız bir şekilde politikalar üretebilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda, bir alandaki doğal ve kültürel peyzaj özelliklerinin tümünü kapsayan peyzaj karakteri yaklaşımının, bir sahadaki doğal ve beşeri unsurlara bağlı olarak meydana gelen riskleri ifade eden ekolojik riskin analizi sürecine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## **2.2. Literatür Taraması**

### **2.2.1. Ekolojik Risk Konusu ile İlgili Çalışmalar**

Problem tanımlama, analiz ve risk belirleme olmak üzere üç ana aşamadan oluşan ekolojik risk değerlendirmesi; içme suyu havzaları (Lemly, 1997), sulak alanlar (Serveiss, 2002), ormanlar (Hogsett vd., 1997), körfezler (Harris vd., 1994), taşkın alanları (Kooistra vd., 2001), vadiler (U.S. EPA, 1996), nehirler (U.S. EPA, 2000b) gibi farklı ekosistem ölçeklerinde uygulanmaktadır. Bu konuda ilk geniş kapsamlı rehber çerçeve oluşturan EPA tarafından, ekolojik riskin yönetiminde ekolojik risk analizinin tek araç olduğu kabul edilmektedir (U.S. EPA, 1997, 1998).

Holmes vd. (1993) tarafından insan sağlığı ve çevre üzerinde kimyasal kirleticilere bağlı olarak meydana gelebilecek olumsuz etkiler şeklinde yapılan ekolojik risk tanımından hareketle çevresel risk araştırmalarında özellikle kimyasal kirleticilere odaklanan çalışmalar oldukça fazladır (Gold, 1992; U.S. EPA, 1994b; Ankley vd. 1996; Bottelberghs, 2000; Bayliss vd., 2012). Bu yönde gerçekleştirilen çalışmalardaki amaç ise farklı hayvan ve bitki türlerinin kirletici faktörlerden nasıl etkilendiğini ortaya koymaktır. Yapılan çalışmalar sadece belirli türler veya belirli fonksiyonlar üzerindeki kirleticilerin etkilerini kapsadığı gibi (Kolar ve Lodge, 2002; Fedorenkova, 2012), risk oluşturabileceği düşünülen problemlerin bir risk modeli çerçevesinde ele alınmasını da kapsayabilmektedir (U.S. EPA 1982).

Hazırlanan böyle bir model kapsamında amaç, bir ekosistemin üzerinde baskı kuran risk faktörlerinin tespiti ve bunların ortadan kaldırılmasıdır. Söz konusu süreçte işlem adımları; problemin tespiti, baskı unsurlarının analizi, etkileri ve riskin karakterize edilmesini kapsamaktadır. Bu çerçevede geliştirilen bir model ise U.S. EPA'nın Chesapeake Körfezi için hazırladığı çalışmadır. Bu çalışmada; sulak alan değişimi, kıyı erozyonu, hidrolojik düzenlemeler, balıkçılık düzenlemeleri, kimyasal toksit birikimi, nütrient zenginleşmesi ve deniz altı vejetasyonunu kapsayan problemler

tespit edilmiştir. Tespit edilen bu ekolojik risk modeli çerçevesinde Defur (1997), analiz ve etki süreçlerini gerçekleştirerek, Chesapeake Körfezi için çevre yönetimi kararlarında kullanılmak üzere bir ekolojik risk analizi yapmıştır.

Teknolojik olanakların gelişimi, ekolojik risk konusunda gerçekleştirilen çalışmalarda da göze çarpmaktadır. Özellikle CBS teknolojilerinin sağladığı kolaylıklar, CBS temelli ekolojik risk analizi çalışmalarının sayısını arttırmıştır (Akçakaya, 1994; Antunes vd., 1996; Zeng ve Liu, 1999; Raheja, 2003; Chow vd. 2005; Zang vd., 2005; Mijangos vd., 2011). CBS teknolojileri bu yönde gerçekleştirilen çalışmalarda aynı amaç için farklı araçlar pozisyonlarında kullanılmıştır. Akçakaya (1994), RAMAS/GIS isimli doğal yaşam yönetimi sürecinde türlerin üzerindeki risklerin değerlendirilmesi amacıyla kullanılabileceğini belirttiği bir yazılım geliştirmiştir. Bu çerçevede yazılım; kullandığı peyzaj verileri ile peyzaj parçalılığını, demografik baskıları ve mekânsal diğer bazı özellikleri analiz ederek, belirli türler üzerinde meydana gelen ya da olası riskleri ortaya koymaktadır. Raheja (2003) ise ekolojik risk analizi için web tabanlı bir CBS uygulaması geliştirmiştir. Geliştirdiği bu uygulama ile tehlikeli ya da risk boyutunda gördüğü mekânsal verilerin mekânsal durumlarının görselleştirilmesi, CBS katmanlarını girdi olarak kullanabilmesi, karmaşık ve büyük veri setlerini daha hızlı ve etkin bir şekilde kullanılabilmesi noktalarında faydalanmıştır. Benzer şekilde Mijangos ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışma da, ekolojik etki sürecini CBS tabanlı bir sistem içerisinde incelenmesini kapsamaktadır. Çalışmada çevre yönetimi sürecinde bir baraj ve bir enerji santrali yapılması planlanan bölgede, bunların vejetasyon ve arazi kullanımını özellikleri üzerinde meydana getirebileceği olası risk ve etkiler CBS temelli bir süreç ile ortaya konulmuştur.

Ekolojik risk analizi çalışmalarındaki bu farklılıklar ulusal çalışmalarda da karşımıza çıkmaktadır. Salihoğlu ve Karaer (2005), Uluabat Gölü ölçeğinde gerçekleştirdikleri risk analizinde odak noktalarını kimyasal kirleticiler üzerine kurmuşlardır. Araştırmacılar, U.S. EPA tarafından belirlenmiş ekolojik risk çerçevesi kapsamında hazırladıkları kavram modelini uygulayarak Uluabat Gölü için oluşturulacak bir yönetim mekanizmasına girdi verisi sağlayacak sonuçlar elde etmişlerdir.

Doğal ortam odaklı ve ekosistem dinamiklerini bir bütün halinde etkileyebilecek risklerin ele alınarak analizi yaklaşımına sahip olan ekolojik risk analizi çalışması ise



Erdoğan (2012) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çok kriterli analiz mantığı kapsamında Büyük Menderes Havzası ölçeğinde gerçekleştirdiği bu çalışmada Erdoğan (2012), CBS ve UA teknolojilerinden faydalanarak bir ekolojik risk modeli oluşturmuştur. Model kapsamında, erozyon, kuraklık, yangın, net birincil üretim, nüfus değişimi, arazi kullanımı ve örtüsü değişimi unsurlarını havzada risk faktörleri olarak belirlemiş ve analizini gerçekleştirmiştir. CBS ve UA tabanlı modellemeler yardımıyla oluşturduğu analiz sürecini, çok kriterli analiz tekniğiyle tek bir modelde birleştirmiş ve Büyük Menderes Havzası'ndaki ekolojik olarak riskli olan alanları tespit etmiştir.

### **2.2.2. Araştırma Alanı ve Çevresi ile İlgili Çalışmalar**

Literatürde araştırma alanı olarak seçilen Bakırçay Havzası'nı ekolojik risk değerlendirmesi kapsamında konu alan çalışmaya rastlanmamıştır. Bu durum araştırma konusunun özgünlüğü açısından önemlidir. Bakırçay Havzası'nı konu edinen coğrafya ve diğer bilim dallarından olan çalışmalar incelendiğinde, havzanın; monografyası (Tuncel, 1964), genel beşeri coğrafya özellikleri (Sertkaya Doğan, 2005) ve doğal ortam ile arazi kullanımı ilişkisi (Gülersoy, 2008) konuları coğrafyacılar tarafından gerçekleştirilmiş olan çalışmalardır. Alan ölçeği baz alındığında literatürde çevresel problemlere odaklanmış; doğal radyoaktivite düzeyinin (Günkal, 2001), kirlilik etüdünün (Gündoğdu ve Turhan, 2004), nehrin ağır metal ve radyoaktif element konsantrasyonlarının (Ortabük, 2007) incelendiği mühendislik yaklaşımli çalışmalar yer almaktadır. Bunlara ek olarak çalışma alanını konu edinen kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilmiş önemli çalışmalar da yer almaktadır (DSİ, 1963, 1969, 1970a, 1970b, 1976, 1982; TÜBİTAK, 2010).

İdari sınırların veya havzanın belirli bölümlerinin ele alındığı ve yine coğrafyacılar ve araştırmanın konusuyla ilişkili diğer bilim dallarından çalışmalar da mevcuttur. Coğrafya çalışmaları aşağı havzada; alüvyal jeomorfolojisini (Pınar 1984), genel jeomorfolojik özelliklerini (Ölgen, 2002, 2004); orta havzada çevresel problemleri (Karadağ, 2002, 2004, 2005, 2006) ve biyocoğrafya özelliklerini (Ertekin, 2011); aşağı havzanın turizm özelliklerini (Emekli, 1998) ele alan çalışmalardır. Diğer çalışmalara bakıldığında ise; çevresel problemleri (Kaymakçı Başaran, 2004; Çağrı Taş vd., 2007; Ortabük, 2007), doğal ve kültürel kaynak potansiyellerini (Eryiğit

Urfalı, 2006), termal kaynakları (Özen vd., 2008) ve iklim özelliklerini (Eroğlu ve Bozyiğit, 2012) konu edinen çalışmalar karşımıza çıkmaktadır.

## **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1. Veri ve Yöntem**

#### **3.1.1. Veri**

Bakırçay Havzası'nda ekolojik risk analizine yönelik uygulanan model ve yöntemlerde kullanılan veriler, farklı kurum ve kuruluşlardan elde edilmiştir. Veri temini ya da üretimi yoluyla elde edilen birincil verilerle kullanılarak ikincil veriler hazırlanmıştır. Araştırmada kullanılan birincil ve ikincil verilerin meta bilgileri aşağıdaki gibidir.

Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilen 1:25.000 ölçekli sayısal vektör topografya haritaları UTM ED 1950 projeksiyon sisteminde, +-5 m düşey konum doğruluğundadır. Çalışma alanı, bu topoğrafya haritalarından yaklaşık 30 paftanın kapsamı içindedir. Temin edilen topografya haritaları izohips, akarsu, tepe noktası ve yerleşme katmanlarından oluşmaktadır. Analizler öncesi verilerin sahip olduğu teknik ve topolojik hatalar düzeltilmiştir. Bunlar içerisinde en yaygın gözlenen hata yükselti bilgisi olmayan izohipslerdir. Tüm hataların temizlenmesi ve topolojik kontrollerin yapılmasından sonra havza sınırları içerisinde kalan tüm paftalar birleştirilerek araştırma sahasının vektör tabanlı topografya haritası elde edilmiştir.

Bakırçay Havzası iklim özelliklerinin ve iklim tipinin belirlenmesinde Akhisar, Dikili, Bergama ve Soma meteoroloji istasyonlarına ait ölçüm verileri (1998-2013) değerlendirilmiştir. Havza sınırları içerisinde ve yakın çevresinde yer alan Aliğa, Çandarlı, Yunt Dağı, Kınık, Kırkağaç meteoroloji istasyonlarına ait veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş ancak ilgili istasyonların mevcut ölçüm değerlerinin sürekli olmaması nedeniyle, ilgili veriler iklim özelliklerinin belirlenmesinde ve ekolojik risk analizi girdilerinin oluşturulması amacıyla kullanılmamıştır.

Bakırçay Havzası'nın jeolojik özelliklerini ortaya koyabilmek amacıyla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA) 1:25.000 ölçekli jeoloji haritaları temin edilmiştir. Formasyon ve formasyon yaşı öznitelik bilgilerine sahip olan haritalar araştırmanın koordinat sistemine göre uyarlanarak UTM ED 1950 projeksiyon sisteminde analiz edilmiştir.

Çalışma alanının genel toprak özelliklerinin incelenmesinde, arazi örtüsü ve kullanımı değişimi analizinde sınıflandırmanın değerlendirilmesi sürecinde Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'ndan temin edilen toprak haritaları kullanılmıştır. Veriler araştırma koordinat sistemine uyarlanmış ve UTM ED 1950 projeksiyon sisteminde analiz edilmiştir. Analizlerde verinin sahip olduğu büyük toprak grubuna göre gerçekleştirilen toprak sınıflandırması ve arazi kabiliyet sınıflandırması girdilerinden faydalanılmıştır.

Çalışmada kullanılan bir diğer birincil veri seti ise Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan temin edilen 1:25.000 ölçekli bitki örtüsü haritalarıdır. Öznitelik bilgisi olarak meşcere sınıfları, bitki örtüsü kapalılığını içeren bu haritalar ile çalışma alanının bitki örtüsü özelliklerinin ortaya konulmasında ve ekolojik risk analizi girdilerinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Ekosistem üzerindeki risk ve baskıların tahmin edilmesinde sosyo-ekonomik göstergelerin kullanılması sonuçların kalitesini olumlu yönde etkilemektedir (Dow, 2000; Bolin vd., 2002; Luck vd., 2009). Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edilen bütün yerleşmelerin 1985 ve 2013 nüfus verileri ekolojik riskin analizi sürecine dahil edilmiştir.

Yeryüzünde meydana gelen değişimin zamanında ve doğru bir şekilde tespit edilmesi, insan doğa etkileşiminin anlaşılması ve problemlerin çözümüne yönelik daha sağlıklı kararlar alınabilmesi bakımından önemlidir (Lu vd. , 2004). Uzaktan algılanan görüntüler, hızlı, ekonomik ve güncel olma özellikleriyle arazide meydana gelen değişimin tespitine yönelik çalışmalarda önemli veri kaynaklarıdır. Bu nedenle, zamansal ölçekte arazi kullanımında meydana gelen değişimin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi amacıyla uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada geniş mekânsal ölçekli arazi kullanımı değişiminin ortaya konulması amaçlandığı için LANDSAT uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. 1972 yılında NASA (National

Aeronautics and Space Administration) tarafından LANDSAT 1 uydusunun fırlatılmasıyla LANDSAT uydu görüntüleri elde edilmeye başlanmıştır ve 40 yılı aşkın süredir LANDSAT uyduları tarafından uydu görüntüleri alınmaya devam edilmektedir. Son olarak Şubat 2013'te LANDSAT 8 uydusu gönderilmiştir. LANDSAT görüntülerinin en yaygın kullanıldığı alanlardan biri, arazi örtüsü haritalarının oluşturulmasıdır. Arazi kullanımı/örtüsü haritalarının üretilmesi ve değişimin yönünün (*Change Detection*) tespitinde LANDSAT uydu görüntüleri, spektral band çeşitliliğine sahip olması ile arazi örtüsü türlerinin ayırt edilmesinde sağladığı avantaj, kolay erişilebilir olması ve zamansal ölçekte geniş arşive sahip olmasından dolayı tercih edilmektedir (Song vd., 2001).

Uydu görüntüleri kullanılarak zamansal ve alansal değişimin tespit edildiği çalışmalarda, mevsimsel ve fenolojik farklılık, toprak nemi ve güneş açısına bağlı hataları ortadan kaldırabilmek için aynı döneme ait görüntüler tercih edilmelidir (Tağıl, 2006a). Bu nedenle, Bakırçay Havzası'nda arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimin tespiti amacıyla 05.08.1985 ve 17.08.1999 tarihli LANDSAT Thematic Mapper (TM) ve 30.07.2013 tarihli LANDSAT Operational Land Imager (OLI) uydu görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 1). Uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılması ve doğruluğunun test edilmesi işleminde ERDAS IMAGINE 2014, Stokastik Markov Zincirleri modeli uygulanmasında IDRISI SELVA yazılımları kullanılmıştır.

Topografya, yeryüzündeki ekolojik süreçlerin açıklanmasında ya da kontrol edilmesinde dikkate alınması gereken ana faktörlerden birisidir (Huggett ve Cheesman, 2002). Topografyanın en iyi modelleri ise Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) dir. SYM, üç boyutlu yeryüzü detaylarının iki boyutta yani bir düzlemde gösterilmesi; diğer bir ifadeyle eşyüksele eğrilerinin kullanımı yerine topografya detaylarının yüzey üzerinde ifade edilmesidir (Kılıç ve Gökaşan, 2009). 1990'lı yıllardan önce topografya haritaları topografya üzerinde gerçekleştirilecek kantitatif analizler (eğim değerleri, drenaj yoğunluğu vs. ) için kullanılan ana materyallerdi (Strahler, 1957; Mark, 1975; Gardiner ve Park,1978). 1950'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlanan (Miller ve Leflamme, 1958) SYM, günümüzde topografya analizlerinde geniş kullanım alanına sahiptir (Dikau vd., 1995; Hancock ve Willgoose, 2001; Jaboyedoff vd., 2009; Romstad ve Etzelmüller, 2012).

Çizelge 1. Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri ve Özellikleri

Uydu ve Sensör	Zamansal Ölçek	Tayfsal Çözünürlük( $\mu\text{m}$ )	Mekânsal Çözünürlük (m)
LANDSAT (TM)	05.08.1985 17.08.1999	Bant 1 0.45 – 0.52	30
		Bant 2 0.52 – 0.60	30
		Bant 3 0.63–0.69	30
		Bant 4 0.76–0.90	30
		Bant 5 1.55–0.75	30
		Bant 6 10.4 – 12.5	120
		Bant 7 2.08–2.35	30
LANDSAT (OLI)	30.07.2013	Bant 1 0.43 - 0.45	30
		Bant 2 0.45 - 0.51	30
		Bant 3 0.53 - 0.59	30
		Bant 4 0.64 - 0.67	30
		Bant 5 0.85 - 0.88	30
		Bant 6 1.57 - 1.65	30
		Bant 7 2.11 - 2.29	30

SYM'yi oluşturmak amacıyla gerekli X, Y ve Z koordinat bilgilerine sahip noktalar, çeşitli ölçüm yöntemleri ile elde edilmektedir. Bu araştırmada SYM üretiminde 1:25.000 ölçekli topografya haritalarından elde edilen eş yükselti eğrileri kullanılmıştır. SYM 30m x 30m mekânsal çözünürlükte üretilmiştir. SYM'nin oluşturulmasında Hutchinson (1989) tarafından geliştirilen interpolasyon modeli SYM üretim modeli kullanılmıştır. Bu modelin tercih edilmesindeki sebep, SYM oluştururken drenaj yapısını dikkate alması ve girdi olarak verilen izohipslerin tepelik alanları ve akarsu ağını nispeten daha doğru yansıtmasıdır (ESRI, 2013).

### 3.1.2. Yöntem

#### 3.1.2.1. Ekolojik Risk Faktörleri

Ekolojik riskin modellenmesine yönelik gerçekleştirilen işlemlerin başında risk faktörlerinin belirlenmesi gelmektedir. Havzalar kendi iç dinamiklerine sahip ekolojik birimlerdir. Bu nedenle ekolojik riskin analizi sürecinde risk faktörlerinin belirlenmesi, havzanın kendi dinamikleri göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Araştırmada ele alınan faktörler Bakırçay Havzası'nın doğal ve kültürel dinamikleri kapsamında literatür araştırmaları ile belirlenmiştir. Buna göre kullanılan risk faktörleri:

- Arazi kullanımı/örtüsü değişimi,
- Toprak kaybı,
- Meteorolojik kuraklık,
- Nüfus değişimi,
- Yangın riski şeklindedir.

### **3.1.2.1.1. Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi**

#### **3.1.2.1.1.1. Sınıflandırma Yöntemi**

Araştırma sahasında arazi kullanımı/örtüsü sınıflandırılmasında 1985-1999 ve 2013 yıllarına ait LANDSAT uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sınıflandırma öncesi görüntü işleme teknikleriyle analize hazır hale getirilen görüntüler, su yüzeyleri, ormanlık alanlar, mera-çalı arazileri, ekili-dikili araziler, beşeri yapılar, çıplak toprak ve taş yüzeyleri ve maden sahaları şeklinde sınıflandırılmıştır.

Sınıflandırma süreci öncelikle kullanılacak verinin zamansal ve mekânsal ölçeğinin tespiti ile başlamaktadır. Hedeflenen amaç, araştırma sahası, veri olanakları gibi şartlara bağlı olarak bu durum değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada 1985 – 2013 yılları arası zamansal ölçek; 30 m. mekânsal ölçek olarak kabul edilmiştir. Ancak havza ölçeğinde arazi kullanımı ve örtüsündeki değişimin tespit edildiği çalışmalarda yukarıda bahsedilen nedenlere bağlı olarak farklı mekânsal ölçekler kullanılabilir (Bhaduri vd., 2000; Tang vd., 2005).

Uydu görüntülerinin diğer veri gruplarıyla bağlantılı şekilde değerlendirilebilmesi için aynı koordinat sistemine sahip olması; diğer bir deyişle geometrik düzeltmesinin yapılması gerekir (Jensen, 1996). Bu amaçla her bir görüntü için 120 kontrol noktası (*ground control point*) ve alana ait topografya haritaları kullanılarak elde edilen lokasyon bilgileri ile koordinat düzeltilmesi (*rektifikasyon*) gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında 21.07.2013 tarihli görüntü, temel görüntü olarak kullanılmıştır. Kullanılan üç görüntünün de yaklaşık ortalama karekök hatası (*root mean square error*) bir pikselden az tutulmuştur. Düzeltmesi yapılan LANDSAT görüntülerinden çalışma alanı elde edilirken sınıflandırma hatalarını önlemek için havza sınırına 1000 m tampon alan eklenmiştir. Hücre değerlerinin sürekliliğinin sağlanması amacıyla, yapılan tüm haritalar bu tampon sahayı kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Arazideki zamansal değişimin ortaya koyulduğu analizlerde ise bu sahalar analize dâhil edilmemiştir.

Uydu görüntüleri birçok farklı yöntem ile sınıflandırılmaktadır (Tarhan, 2007). Bu çalışmada uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında “Hybrid supervised-unsupervised classification” yöntemi kullanılmıştır (Crews-Meyer, 2002). Bu yöntem çerçevesinde uydu görüntüleri öncelikle denetlenmemiş (*unsupervised- ISODATA*) yöntemle sınıflandırmıştır. Elde edilen 255 sınıf üzerinden dönüşüm aralığı (*transformed divergence*) dikkate alınarak yansıma değerleri analiz edilmiş ve sınıf sayısı yaklaşık 60’a indirilmiştir.

Bir sonraki aşamada gerçekleştirilen işlem denetlenmiş - en yüksek olasılık (supervised - maximum likelihood) yöntemidir. Denetlenmemiş sınıflandırma yöntemiyle elde edilen 60 sınıfa ait yansıma değerleri kullanılarak, denetlenmiş sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışmada son sınıfların oluşturulduğu değerlendirme süreci; band kombinasyonları, arazi gözlemleri, mevcut Global Positioning System (GPS) verileri ve hali hazırda Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından temin edilen arazi kullanımı haritaları ile yapılmıştır.

Bir sınıflandırma doğruluk değerlendirmesi (*accuracy assesment*) yapılana kadar tamamlanmamış sayılmaktadır (Congalton, 1991). Arazi sınıflandırması çalışmalarında oluşturulan sınıfların doğruluk değerlendirmesi birçok teknikte yapılabilmektedir (Congalton ve Green, 2009). Çalışmada sınıfların doğruluk değerlendirmesi hata metrikleri oluşturularak yapılmıştır (Congalton ve Green, 2009). Bu kapsamda tematik görüntü üzerinden rastgele seçilen her bir arazi kullanımı sınıfı için 30 örnek noktanın; yersel kontrol noktaları, topografya haritaları, hava fotoğrafları ve arazi kullanım haritaları kullanılarak doğruluk değerlendirmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç itibariyle elde edilen 1985, 1999 ve 2013 yılları için her bir sınıf ve genel olarak tüm sınıflandırmayı kapsayan Kappa katsayıları (Çizelge, 2), literatür değerlendirmesine göre geçerli bir değerdir (Congalton ve Green, 2009).

Sonuç olarak sınıflandırma ve bunların doğruluğunun analiz edilmesi işlemi ile Bakırçay Havzası’nın 1985, 1999 ve 2013 yıllarına ait arazi kullanımı/örtüsü haritaları elde edilmiştir. Yıllar arasındaki değişim bu görüntüler kullanılarak



gerçekleştirilen “-den -e” (from to) analizi yardımıyla tespit edilmiştir. Analizde 1985–1999, 1999–2013 ve 1985–2013 yıllarına ait haritalar karşılaştırılmış; sonuç olarak *hücreden hücreye* değişim ortaya konulmuştur.

Çizelge 2. Sınıflandırma İşlemlerinin Kappa Katsayıları

Sınıflar	Sınıflandırma Kappa Değerleri		
	1985 – 1999	1999–2013	1985–2013
Su Yüzeyleri	0,98	0,91	0,98
Orman Alanları	0,62	0,66	0,91
Mera-Çalı Alanları	0,59	0,69	0,56
Ekili-Dikili Araziler	0,73	0,77	0,82
Beşeri Yapılar	0,67	0,75	0,95
Çıplak Taş ila Toprak Yüzeyleri	0,53	0,61	0,48
Maden Sahaları	0,97	0,92	0,94
<b>Tümü (<i>overall Kappa</i>)</b>	<b>0,77</b>	<b>0,80</b>	<b>0,72</b>

### 3.1.2.1.1.2. Sınıfların Belirlenmesi

Analiz sürecinde bir diğer önemli nokta, arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının belirlenmesidir. Uluslararası düzeyde Coordination of Information on Environment (CORINE) ve National Land Cover Dataset (NLCD) gibi arazi kullanım standartları bu noktada başvurulabilir şablonlardır. Araştırmada kullanılan arazi kullanımı/örtüsü sınıfları ve bunların tercih nedenleri Çizelge 3’de verilmiştir.

**Su Yüzeyleri:** Elde edilen sınıflardan ilki tatlı ve tuzlu su kaynaklarını kapsayan “Su Yüzeyleri” sınıfıdır. Ege Denizi’ne kıyısı bulunan araştırma sahası ayrıca çok sayıda tatlı su kaynağını da bünyesinde barındırmaktadır. Özellikle farklı amaçlarla inşa edilen göletler, su yüzeyleri sınıfı içerisinde önemli oranda yer kaplamaktadır. Görüntü sınıflandırmasında, deniz yüzeyi, günümüzde aktif olarak kullanılmakta olan 5 baraj (Sevişler, Sarıbeyler, Kestel, Çaltıkoru, Yortanlı), 5 sulama göleti (Bakır, Harputlu, Tekkedere, Aydıncık, Çaltıcak) ve mekânsal çözünürlüğün imkân sağladığı düzeyde tespit edilen akarsular, su yüzeyleri sınıfına dâhil edilmiştir. Taban suyu seviyesinin yüksek olduğu alanlarda, yansımının “Su Yüzeylerine” benzer şekilde gerçekleşmesinden dolayı, bu sahaların da kontrolsüz sınıflandırma aşamasında su yüzeyleri sınıfına dâhil olduğu tespit edilmiştir. Ancak komşuluk

ilişkisi (neighborhood) kullanılarak bu sınıflar su yüzeylerinden mümkün olduğunca ayrılmıştır.

Çizelge 3. Kullanılan Arazi Kullanımı/ Örtüsü Sınıfları ve Tercih Nedenleri

Arazi Kullanımı / Örtüsü Sınıfı	Açıklama	Ekolojik Etki
Yüzeyleri	Deniz, akarsular ve baraj su rezervleri.	Su rejimi, su ve hava kalitesi, toprak özellikleri (tuzluluk), erozyon, sedimantasyon, sosyo-ekonomik özellikler, biyolojik ve ekolojik değişim (Dougherty ve Hall, 1995)
Orman Alanları	Geniş yapraklı, iğne yapraklı ve karışık ormanlar.	Hidrolojik özellikler (infiltrasyon, su rejimi), iklimik özellikler (evaporasyon, transpirasyon, intersepsiyon) erozyon, toprak özellikleri, toplum sağlığı, biyolojik ve ekolojik değişim (Çepel, 1986)
Mera ve Çalılık Arazileri	Maki formasyonu, garig formasyonu, orman geçiş alanları, mera, orman içi mera ve doğal otlak arazileri	Erozyon, toprak özellikleri, hidrolojik özellikler, iklimik özellikler, biyolojik ve ekolojik değişim,
Ekili-Dikili Araziler	Mutlak, marjinal ve dikili tarım arazileri	Toprak özellikleri (tuzluluk, agro-kimyasal kullanımına bağlı kirlilik), arazi degradasyonu, erozyon, biyolojik ve ekolojik değişim (Gürbüz, 1992; Organisation for Economic Co-operation ve Development, 1998)
Beşeri Yapılar	Kentler, sanayi alanları, mahalleler ve yollar.	Kentleşme, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, evsel ve endüstriyel kirlilik, hava kirliliği, yüzey ve yeraltı suyu özelliklerinde değişim (Gürbüz, 1992, Anonoim, 2005)
Maden Sahaları	Açık maden ocakları	Arazi örtüsünde bozulma, yüzey ve yeraltı sularında kirlilik, yüzey ve yeraltı sularının rejimlerinde bozulma, hava kalitesi (Grebb vd., 2006).
Çıplak Toprak ve Taş Yüzeyleri	Çıplak arazi yüzeyleri, erozyon sahaları, maden ocakları	

Burada göz önünde bulundurulması gereken bir diğer nokta baraj rezervlerinin mevsimlik değişimidir. Görüntülerin ait olduğu mevsimlerde şüphesiz rezervler, nispeten düşük seviyelerde yer almaktadır. Fakat tüm görüntülerin aynı döneme ait

olmasından ve araştırmanın amacı kapsamında mevsimsel karşılaştırmalar dikkate alınmadığından, bu durum göz ardı edilmiştir.

**Orman Alanları:** Arazi örtüsü sınıflarından bir diğerini “*Orman Alanları*” oluşturmaktadır. Araştırma sahasının bitki örtüsü özellikleri bölümünde detaylıca açıklandığı üzere saha, bitki örtüsü bakımından farklı formasyonlara sahiptir. Bunlar içerisindeki kızılçam (*Pinus brutia*), karaçam (*Pinus nigra*) ve çeşitli meşe (*Quercus*) formasyonları orman alanları sınıfına dahil edilmiştir. Ayrıca araştırma sahasının çeşitli yerlerinde parçalar halinde yer alan fıstıkçamı (*Pinus pinea*) ormanları bu sınıfı oluşturan diğer formasyondur.

**Mera ve Çalılık Araziler:** Araştırma kapsamında arazi örtüsü sınıflarının ayrımı ekolojik risk perspektifinde gerçekleştirilmiştir. Bu çerçevede her bir ekosistemde meydana gelen bozulmanın yol açabileceği problem ölçeğine göre değerlendirilmiştir. Buna göre mera ve çalılık araziler, farklı ekosistemler olsa da buralarda meydana gelen bozulmaların benzer ekolojik problemlere yol açacağı düşünüldüğünden aynı arazi sınıfı içerisinde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen sınıflandırma, araştırma sahasındaki kısa boylu ve karışık bitkilerden meydana gelen, ot ya da çalimsı bitki türlerinin oluşturduğu vejetasyon örtüsü ile kaplı doğal otlatma alanları bu sınıfın içerisine dâhil edilmiştir. Söz konusu mera alanları ile birlikte çam ve meşelerden meydana gelen ormanların tahrip edilmesi sonucu oluşan maki toplulukları, yine önemli ölçüde tahrip edilen sahalarda oluşan garig toplulukları bu sınıf içerisinde ele alınmıştır. Ayrıca araştırma sahasında orman ve çalı formasyonları ile birlikte yer alan veya onların tahribatı sonucu oluşmuş açıklıklarda, kıyı alanlarında, tuzluluk, alkalilik gibi özel şartlara sahip olan sahalarda ve yüksek taban suyu seviyesine sahip bölgelerde yer alan ot formasyonları da mera ve çalılık araziler sınıfına dahil edilmiştir.

**Ekili-Dikili Araziler:** Araştırma sahasında “*Tarım Arazileri*” kategorisinde mutlak, marjinal ve dikili tarım arazileri yer almaktadır. Çalışmanın amacı çerçevesinde zeytin ve fıstıkçamı gibi araştırma sahasında geniş alanlarda yayılış gösteren dikili tarım sahaları ile mutlak ve marjinal tarım sahalalarının ekolojik faktörler üzerine olan etkisi aynı çatı altında ele alınmıştır. Burada araştırmanın odak noktasını arazi kullanımında meydana gelen değişim ve değişimin yönü oluşturmaktadır. Tarımsal faaliyetlere bağlı olarak meydana gelen çevresel bozulmalardan erozyon faktörü, ayrı

bir analiz ile incelenmiştir. Bu nedenle mutlak, marjinal ve dikili tarım arazilerinin ekosistem üzerindeki farklı etkileri, araştırmanın konusu kapsamında bulunmadığından bu sahalar bütün olarak dikkate alınmıştır.

**Beşeri Yapılar:** Arazi kullanımı ve örtüsündeki değişim bize insanın çevre üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu durum ekonomik faaliyetlere bağlı olarak gerçekleşeceği gibi, doğrudan insanların yerleşme ihtiyaçlarını karşılamak şeklinde de olmaktadır. Araştırma sahası idari bakımdan; üç farklı ili (İzmir, Manisa, Balıkesir), beş ilçe merkezini (Bergama, Kınık, Soma, Kırkağaç, Savaştepe) ve 245 mahalleyi içermektedir. Şüphesiz bu durum araştırma sahası üzerinde doğrudan ve dolaylı yollardan gerçekleşen beşeri baskıların boyutlarını doğrudan etkileyecektir. Bu bağlamda, sahada yer alan kent merkezleri, mahalleler ve yollar “*Beşeri Yapılar*” kategorisi içerisinde sınıflandırılarak tespit edilmiştir. Havza ekosisteminde kirletici faktörlerden olması nedeniyle önemli konuma sahip “*Sanayi Alanları*”, mekânsal çözünürlük beşeri yapıların özelliklerine göre detaylı kategorilerde ele alınmasına imkân tanımadığından, beşeri yapılar kategorisi içerisinde değerlendirilmiştir. Bu sahalar özellikle havza tabanında konumlanmış olan, tarıma dayalı sanayi tesisleri ve havzanın batısında, aşağı havzada, yer alan seracılık faaliyetlerine bağlı olarak kurulan tesisleri kapsamaktadır.

**Çıplak Toprak ve Taş Yüzeyleri:** Araştırma sahasının yüksek dağlık ve tepelik alanların bazı kesimleri, çeşitli faktörlerin etkisi altında herhangi bir bitki örtüsü formasyonuna sahip olmamakla birlikte, hiçbir ekonomik faaliyetin de gerçekleştirilmesine olanak sağlamamaktadır. Söz konusu özelliklerinden dolayı “*Çıplak Toprak ve Taş Yüzeyleri*” olarak sınıflanan bu sahalar ayrı bir kategori altında ele alınmıştır. Böylece doğal şekilde karakterize olmuş sahaların yanı sıra, maden sahalarından kaynaklanan bazı açıklıklar, ekim yapılmamış ya da ekimi tamamlanarak bekletilen bazı tarım arazileri, yeni dikim yapılmış dikili tarım arazileri ve yerleşme alanlarının bazı kesimleri, yansıma değerlerindeki yüksek benzerliklerinden dolayı bu kategori içerisine dâhil edilmiştir.

**Maden Sahaları:** XX. yüzyılın başlarından günümüze kadar araştırma sahasında madencilik faaliyetleri gerçekleştirilmektedir (Karadağ, 2005). Özellikle yukarı havzada yer alan Soma kenti bu konuda Türkiye’de önemli bir yere sahiptir. Madencilik; arazi örtüsünün bozulmasına neden olan, yüzey ve yeraltı sularını

kirleten, yine yüzey ve yeraltı sularının rejimlerinin bozulmasına etki eden, ayrıca hava kalitesini etkileyen bir faaliyettir (Grebb vd., 2006). Maden sahalarının söz konusu çevresel etkileri dikkate alındığında, diğer sanayi faaliyetlerinden ayrı olarak ele alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, araştırma sahasında uydu görüntülerinden tespit edilen açık maden işletmeleri “*Maden Sahaları*” sınıfında ayrı bir kategoride ele alınmıştır.

### **3.1.2.1.1.3. Stokastik Markov Modeli**

Arazi örtüsünde gelecekte meydana gelebilecek potansiyel değişimlerin tespiti amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır (Çağlayan ve Dağlı, 2014). Bu yöntemler statik ya da dinamik, tümevarımlı ya da tümdengelimli, mekânsal ya da mekânsal olmayan, etmen ya da arazi yüzeyi tabanlı gibi farklı yaklaşımları benimseyen modellerdir (Mas vd., 2014). Yaklaşımları farklı olsa da, tüm modellerde amaç, mevcut durumun dikkate alınması ile geleceğe yönelik projeksiyonların üretilmesidir.

Markov Zincirleri bu amaçla kullanılan yöntemlerden bir tanesidir (Collinns, 1975). Yöntemin temel dayanak noktası, bir noktadaki gelecek arazi kullanımı mevcut arazi kullanımının bir fonksiyonu şeklindedir. Bir diğer ifadeyle ( $t+1$ ) zamandaki olaylar  $t$  zamanındaki duruma bağlıdır (Iacono vd., 2012).

Bu çalışmada Markov Zincirleri yöntemi üzerine geliştirilen *Stokastik Markov Modeli* kullanılarak, araştırma sahasının gelecekteki arazi kullanımı/örtüsü durumu modellenmiştir. Stokastik Markov Modeli'nin işleyişi, belirli bir zamandaki arazi örtüsü durumunun tahmin edilebilmesi, geçmişteki duruma değil şu anki duruma bağlı olduğu temeline dayanmaktadır (Bozkaya, 2013).

Stokastik modellerde tamamıyla mevcut rassal değişkenin durumu dikkate alınmaktadır. Mekânın etkisi dikkate alınmadığı için eksiklik olarak görülse de (Eastman, 2009), mekânsal değişkenleri dikkate alan modeller ile karşılaştırıldığında, birbirlerine yakın hatta bazı modellerden daha fazla doğrulukta sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Bozkaya, 2013).

Stokastik Markov süreci; iki farklı tarihe ait sayısal arazi kullanımı görüntüsünden geçiş olasılığı matrisi (*transition probabilities matrix*), geçiş olasılık alanları matrisi

(*transition areas matrix*) ve koşullu olasılık görüntüsü (*conditional probability images*) ile gelecekteki olası arazi kullanımı haritasının elde edilmesini kapsamaktadır.

Burada geçiş olasılığı matrisi, belirlenen zamansal ölçekte her bir arazi sınıfının bir diğer sınıfa geçiş olasılığını, geçiş alanları matrisi ise zamansal ölçekte bir arazi örtüsü sınıfından bir diğer sınıfa geçmesi beklenen hücrelerin sayısını ifade etmektedir (Bozkaya, 2013). Modelde kullanılan son girdi olan koşullu olasılık görüntüsü ise zamansal ölçekte arazi kullanımında en çok değişimin yaşandığı sınıfa bağlı olarak elde edilen, süreç sonunda piksellerin hangi arazi kullanımı sınıfına dâhil olacağını göstermektedir.

#### **3.1.2.1.2. Toprak Kaybı**

Yanlış arazi kullanımının devam etmesi doğal bitki örtüsünün yok olmasına; bu da toprak fonksiyonlarında problemlere neden olmaktadır (Tağıl, 2009). Yanlış arazi kullanımının yol açtığı en önemli problemlerden biri de üst toprağın taşınması, yani erozyondur. Özellikle doğal süreçler dışında beşeri faaliyetlerin neden olduğu arazi kullanımından kaynaklanan yanlışlıklar ile ormanlık alanların ortadan kaldırılması, toprak kaybını ve riskini daha da artırmaktadır (Lal ve Pierce 1991).

Toprak kaybının tespitinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanlar; Universal Soil Loss Equation (USLE; Wischmeier and Smith, 1978), Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation (ANSWERS; Beasley vd., 1980), Erosion Productivity Impact Calculator (EPIC; Williams vd., 1983), Water Erosion Prediction Project (WEPP; Nearing vd., 1994), Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA; Kirkby, 1999) ve Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE; Renard vd., 1994) yöntemleridir. Bu çalışmada CBS ile entegre çalışabilmesi (Yitayew vd., 1999), büyük ve küçük ölçeklerde kullanılabilmesi (Lim vd., 2005) ve en çok tercih edilen modellerden biri olması (Tiwari vd., 2000; Tağıl, 2007b) nedeniyle RUSLE yöntemi tercih edilmiştir.

İlk olarak Universal Soil Loss Equation-USLE (Wischmeier and Smith, 1978) olarak kullanılan yöntem genel olarak tarımsal araziden oluşan erozyonu tahmin etmek için geliştirilmiştir. Ancak daha sonra Renard vd., (1994) tarafından revize edilmiş hali olan RUSLE modeli, sadece tarımsal arazilere değil, kentsel kullanım alanlarına,

ormanlık alanlara, otlak ve mera sahalarına, otoyol setlerine kadar geniş kullanım alanlarına sahip hale gelmiştir. RUSLE yöntemi, uzun vadede damla etkisinden ve yüzeysel akıştan kaynaklanan toprak kaybının ton/hektar/yıl cinsinden tahmini amacıyla kullanılmaktadır. Model, ortalama erozyon tahmini sürecinde altı faktörü dikkate almakta ve bunlar aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır (Renard vd., 1994):

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Formülde dikkate alınan parametreler:

**A:** Ortalama yıllık toprak kaybı (ton/hektar/yıl),

**R:** Yağış aşındırma faktörü,

**K:** Toprak erozyon duyarlılığı faktörü,

**L:** Eğim uzunluğu faktörü,

**S:** Eğim dikliği faktörü,

**C:** Arazi örtüsü ve kullanımı faktörü,

**P:** Erozyon kontrol faktörüdür.

**R Faktörü;** RUSLE modeli, diğer faktörler sabit olduğunda, alandaki toprak kayıplarının doğrudan yağış parametresine orantılı olduğunu kabul etmektedir. Yağış faktörü Wischmeier'in erozyon indeksi (EI) dir (Wischmeier and Smith, 1978). Yağışın toplam kinetik enerjisi (E) ve maksimum 30 dakikalık yağış yoğunluğu ( $I_{30}$ ) işleme alınarak hesaplanır. Bu işlem ile hesaplanan, yağmurun sıçratma ve akışının hareket ettirme etkisidir (Wischmeier and Smith, 1978). R değeri alana ait yağış yoğunluğu ( $\text{cm h}^{-1}$ ) ve yağış süresi (dk) biliniyorsa aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanır:

$$R = E * I_{30} / 100$$

Burada;

**R:** Yağışın erozyon yaratma faktörü ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1} * \text{mm h}^{-1}$ ),

**E:** Toplam şiddetli yağış enerjisi ( $\text{MJ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ),

**$I_{30}$ :** Maksimum 30 dakikalık yağış şiddetidir ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

Ancak birçok gelişmekte olan ÷lkede yağış yoğunluğu verisinin elde edilmesinin g÷çlüğünden dolayı, R faktörünün elde edilmesinde farklı formüller geliştirilmiştir. Bu araştırmada Arnoldus (1977) tarafından geliştirilen şu form÷l kullanılmıştır:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{1.5 \log p_i^2 / P - 0.8188}$$

Burada,

**R:** Yağış aşındırma faktörü

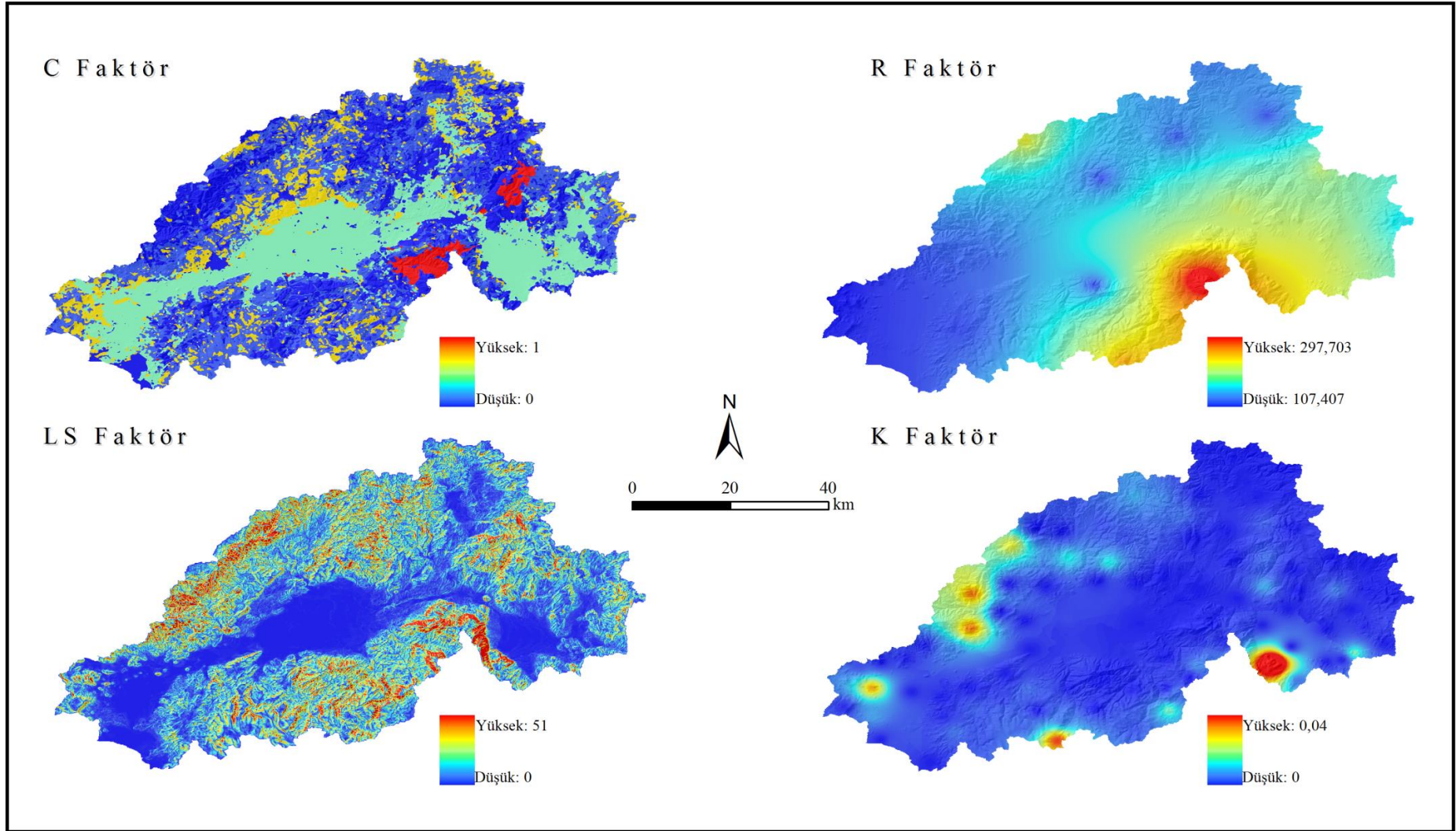
**p<sub>i</sub>:** Aylık ortalama yağış miktarı,

**P:** Yıllık ortalama yağış miktarıdır.

Buna göre araştırma sahası ve yakın çevresinde yer alan Dikili, Bergama, Soma ve Akhisar istasyonlarına ait 1998-2013 yılları arasındaki ölç÷lmüş yağış değerleri kullanılarak R faktörü hesaplanmıştır (şekil 4 ).

**K Faktörü:** Toprağın erozyon güçleri tarafından ayrılmasına ve taşınmasına neden olan hassasiyetinin bir ölçüsüdür. K faktörü, toprağın yapısal özelliklerini temel olarak erozyona duyarlılık potansiyelinin RUSLE standart grafiği (Wischmeier vd., 1978) kullanılarak hesaplanmasıyla elde edilmektedir (Renard vd., 1994). Bu grafik beş basit toprak parametresinden yararlanarak K değerinin bulunmasını sağlamaktadır. Bu toprak parametreleri; a) silt+çok ince kum (%) b) kum (%) c) organik madde (%) d) strüktür ve e) geçirgenliktir (Wischmeier vd., 1978). Buna göre çalışmada, havza içerisindeki toprak tiplerinde gözlemlenen değişikliklere, eğim ve yükselti şartlarına bağlı olarak 108 nokta belirlenmiştir. Toprak örneği noktalarının belirlenmesinde karelej yöntemi kullanılmıştır. Yöntem uygulanırken öncelikle araştırma sahası 6\*6km'lik eşit aralıklı karelere bölünmüştür. Ardından her bir karenin ortasına denk gelecek şekilde 108 örnek noktasından, 0-30 cm derinlikten numuneler elde edilmiştir (şekil 5). Alınan örneklerin organik madde ve tane boyu analizleri, Tariş Ar-Ge Müdürlüğü'ne ait toprak-bitki-su analiz laboratuvarında yapılmıştır.





Şekil 4. Toprak Kaybı Hesaplaması Amacıyla Elde Edilen RUSLE Yöntemi Parametreleri

K faktörü hesaplanmasında RUSLE standart grafiği yanı sıra Williams ve Berndt (1972) tarafından geliştirilen, toprağın yapısal özelliklerine ait değerleri dikkate alan matematiksel eşitlik de kullanılmaktadır (Tağıl, 2007b). Buna göre araştırma sahasında 108 noktadan alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizleri sonucu elde edilen değerlerin K faktörü (Şekil 4) hesaplamasında kullanılan formül şu şekildedir:

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 S_d(1 - S_i / 100)]\} * [S_i / (C_i + S_i)]^{0.3} * \{1.0 - 0.25 C / [C + \exp(3.72 - 2.95 C)]\} * [1.0 - 0.7(1 - S_d / 100)] / \{1 - S_d + \exp[-5.51 + 22.9(1 - S_d / 100)]\}$$

Burada,

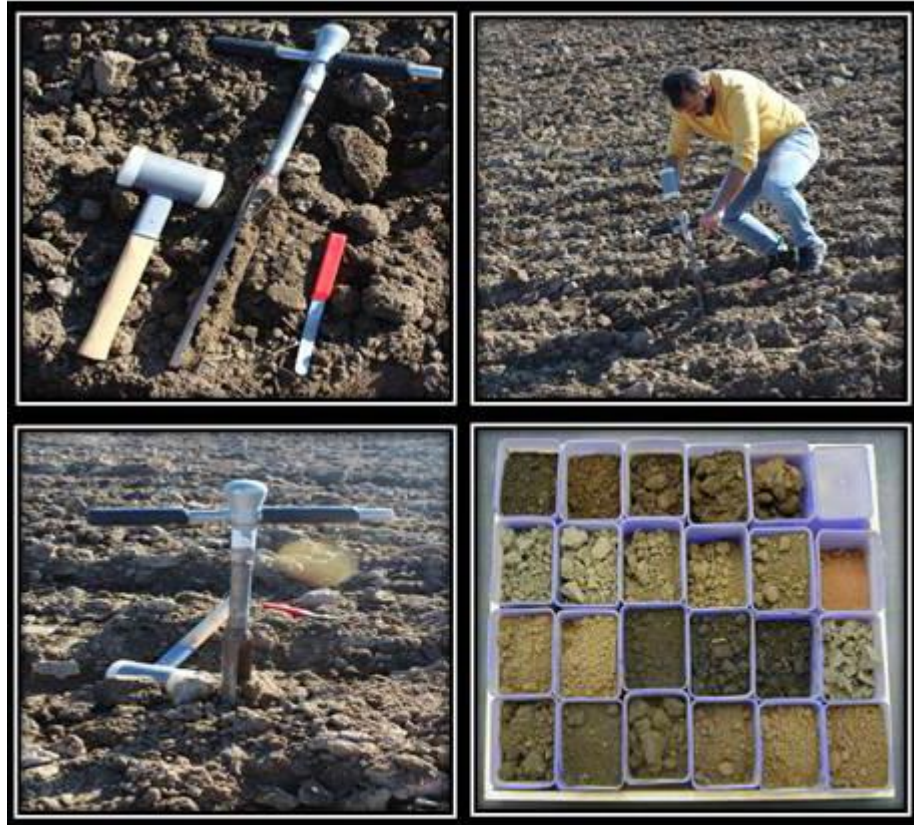
**K:** Toprak erozyon duyarlılığı faktörü,

**S<sub>d</sub>:** kum (%),

**S<sub>i</sub>:** Silt (%),

**C<sub>i</sub>:** kil (%),

**C:** karbon-organik madde (%) dir.



Şekil 5. Arazi Çalışmaları ile Belirlenen Noktalardan Toprak Örneklerinin Alımı

**LS Faktörü:** Eğim uzunluğunu ve dikliğini ifade etmektedir. Eğim uzunluğu, eğimin değişmeden sabit bir aralıkta kaldığı bölgelerin, eğim yönünde sahip olduğu maksimum mesafeyi (Wishmeier ve Smith, 1978); eğim dikliği faktörü ise eğimin erozyon üzerindeki etkisini vermektedir (Lu vd., 2004a). LS faktörünün hesaplanmasında aşağıda verilen formül kullanılmıştır (Williams ve Berndt, 1972).

$$LS(r) = (m+1)[A(r) / a_0]^m [\sin b(r) / b_0]^n$$

Burada,

**A(r):** Her bir eşyüksele eğrisi genişliğine katkı yapan üst eğim

**b(r):** Eğim (derece)

**m:** Parametre (Deneysel olarak belirlenmiştir)

**n:** Parametre (Deneysel olarak belirlenmiştir.)

**a<sub>0</sub>:**Eğim uzunluğu (22,1m = 72,6 ft)

**b<sub>0</sub>:**Standart USLE pilotunun eğimi (0,09 = %9 = 5,16 derece)

Çalışmada LS faktörü SYM kullanılarak hesaplanmıştır. Denklemin CBS ortamında hesaplanması aşağıda verilen formül ile gerçekleştirilmiştir (Moore and Burch, 1986). LS faktörünü hesaplayabilmek amacıyla öncelikle SYM'den eğim ve akım yığılımı (flow accumulation) haritaları üretilmiştir. Girdi verilerinin üretilmesinden sonra araştırma sahasının LS faktörü hesaplanmıştır (Şekil 4).

$$LS = \text{Power}(\text{"Fac"} * R / 22.1, 0.4) * \text{Power}(\text{Sin}(\text{"E"} * 0.1745) / 0.9, 1.4) * 1.4$$

Burada;

**LS:** Eğim uzunluğu ve dikliği faktörü

**Fac:** Akım Yığılımı

**R:** Harita Çözünürlüğü

**E:** Eğim

C Faktörü, erozyonun, kontrolün gerçekleştirildiği yüzey koşullarını yansıtması bakımından RUSLE modeli içerisindeki en önemli değişken olarak nitelendirilmektedir (Toy vd., 1999). Toprak biyokütlesi ve vejetasyon örtüsünün artması ile C faktörü azalmakta, vejetasyondan yoksun, hafif bünyeli toprağa sahip, düşük biyokütle miktarına sahip sahalarda ise artmaktadır.

Araştırmada C faktörünün tespitinde 1975, 1986 ve 2013 yıllarına ait LANDSAT görüntülerinin sınıflandırılmasından faydalanılmıştır. Hesaplama güncel 2013 yılı görüntüsünden elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Bu kapsamda belirlenen arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıfları için C faktör değerleri farklı literatür kaynaklarından elde edilmiştir. Buna göre su yüzeyleri, ormanlık alanlar, mera ve çalılık alanlar, ekili ve dikili sahalar, beşeri alanlar, çıplak toprak ve taş yüzeyleri ve maden sahalarına ait C faktör değerleri sırasıyla, .000, .002, .007, .300, .002, .500, 1.000 şeklinde belirlenmiştir (Toy vd.,1999; Lee ve Lee 2006; Choi vd., 2013; Panagos vd., 2015).

**P Faktörü:** Erozyon kontrolüne ve önlenmesine yönelik bir çalışmanın mevcudiyetine bağlı olarak belirlenen değerdir. Çeşitli nedenlerden dolayı bu faktörün hesaplanmadığı durumlarda P faktörü, 1 değerini almaktadır (Renard vd., 1994). Çalışmada P faktörünün çalışma alanı için belirlenmesinin güçlüğünden dolayı faktör değeri 1 olarak kabul edilmiştir.

### **3.1.2.1.3. Meteorolojik Kuraklık**

Kuraklık, çeşitli ekosistemler tarafından kullanılan doğal su varlığının, belirli bir zaman boyunca ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın ya da normalin altında gerçekleşmesinin sonucunda oluşan su açığı şeklinde tanımlanmaktadır (Türkeş, 2007). Doğal bir süreç olmasının yanında, etki boyutundan ve derecesinden dolayı Birleşmiş Milletler Uluslararası Afet Risk Azaltma Stratejisi (UNISDR) tarafından “afet” olarak nitelendirilmektedir (UNISDR, 2009). Bu bağlamda kuraklık, hem stokastik doğal bir olaydır hem de canlılar için yaşamsal öneme sahip olan su açığına neden olduğundan, doğal ekosistemler üzerinde ve sosyo-ekonomik olarak önemli etkilere yol açmaktadır (Wilhite ve Buchanan-Smith, 2005; Tatlı ve Türkeş, 2010, 2011).

Kuraklık hesaplanması amacıyla farklı ya da benzer değişkenleri dikkate alan, hidrolojik ya da meteorolojik kuraklığın hesaplanması amacıyla birçok indis geliştirilmiştir (Heim, 2002). Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanları: Standart Yağış İndeksi (SPI- McKee vd., 1993), Uyarlanmış Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (MSPI- Türkeş ve Tatlı, 2009), Palmer Kuraklık gıddeti Endeksi (PDSI- Palmer, 1965), Keetch–Byram Kuraklık İndeksi (KBDI- Keetch ve Byram, 1968), Birleşmiş

Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi (UNCCD) kuraklık indisi (UNCCD, 1995) Ortalama Yağışın Yüzdesi İndeksi (PNI- Willeke vd., 1994), Çin Z İndeksi (CZI - Wu vd., 2001), Yüzdeler İndeksi (DI – Gibbs ve Maher, 1967) şeklindedir. Söz konusu indeksler, farklı yaklaşımlara ve değişkenlere sahiptir. Bu araştırmada Bakırçay Havzası'nda kuraklık riskinin tespiti analizi SPI ile gerçekleştirilmiştir. SPI, hızlı ve pratik hesaplama olanağına sahip olması ve bununla birlikte sunduğu etkili sonuçlar ile araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir (Türkeş, 1996; Wu vd., 2005; Türkeş vd., 2007; Karavitis vd., 2011; Karabulut, 2015).

Kuraklığın izlenmesi amacıyla geliştirilen SPI, belirli zamansal ölçek içerisinde normal dağılıma dönüştürülmüş yağış dizilerinin ortalamadan farklarının standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanmaktadır (McKee vd., 1993). Yağış değerlerinin olasılık dağılım fonksiyonlarının, standart normal dağılıma uymamasından dolayı SPI hesaplamasından önce ilk adımda, ham yağış verilerinin olasılık dağılım fonksiyonlarının, yağış verilerine en iyi uyan (Thom 1966) gamma olasılık dağılım fonksiyonuna dönüştürülmesi gerekmektedir (Guttman 1998; McKee vd., 1993; Wilks 1995). Bir sonraki adım gamma olasılık fonksiyonundan gelen değerlerin, ters standart normal dağılım fonksiyonu kullanılarak “normalleştirilmiş” standart yağış değerlerinin elde edilmesidir (Türkeş ve Tatlı, 2009). Bu işlem ile ortalama değeri 0 ve varyansı 1 olan standartlaştırılmış yağış indisi elde edilmektedir. Son işlem adımı aşağıda verilen eşitlik kullanılarak SPI kuraklık değerlerinin hesaplanmasıdır.

$$SPI = (X_i - \bar{X}_i) / \sigma$$

Burada,  $X_i$  yağış miktarı,  $\bar{X}_i$  yağış ortalaması ve  $\sigma$  standart sapmadır. Sonuç olarak elde edilen değerler Çizelge 4'te verilen aralıklar dikkate alınarak McKee vd., 1993) tarafından önerilen SPI kuraklık sınıflarına dönüştürülmektedir.

Bakırçay Havzası'nda kuraklık riskinin hesaplanmasında Akhisar, Soma, Bergama ve Dikili meteoroloji istasyonlarının 1999-2013 yılları arasındaki yağış serileri dikkate alınmıştır. Girdi verileri, ilgili yıllar arasındaki aylık toplam yağış miktarıdır (mm). Analiz sonuçları Türkeş ve Tatlı (2009) tarafından belirtilen, Türkiye'de görülme olasılıkları dikkate alınarak nemli, kurak ve normal değerleri şeklinde birleştirilerek sunulmuştur.

Çizelge 4. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) Kuraklık Sınıflandırması

SPI	Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 – 1.99	Çok nemli
1 – 1.49	Orta düzeyde nemli
-0.999 – 0.999	Normal – Normale Yakın
-1 – -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.5 – -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

Mekânsal sürekliliği olan veriler, doğal kaynak yönetimi, ekolojik risk değerlendirmesi, ekolojik planlama gibi çevre yönetimi süreçlerinde önemli role sahiptir (Collins ve Bolstad, 1996; Hartkamp vd., 1999; Li ve Heap, 2008). Ancak bazı verileri mekânın tamamını yansıtacak türde elde etmek mümkün değildir. Örneğin iklimik verilerin ölçümleri, sabit meteoroloji istasyonlarında gerçekleştirildiği için, mekânsal sürekliliği olmayan, belirli bir noktaya ait değerleri ifade etmektedir. Bu sebeple, iklim verileri gibi nokta temelli değerlere sahip olan doğal süreçlere ait verilere, mekânsal sürekliliği yansıtması istenilen durumlarda, jeostatistiksel ve matematiksel modeller uygulanmaktadır (Stein, 1999; Li ve Heap, 2008). Jeostatistiksel yöntemler, düzensiz bir şekilde dağılmış noktasal verilerden, düzenli bir şekilde dağılmış grid özelliğinde verileri temin etmek amacıyla, rakamsal fonksiyonları kullanmaktadır (Daly vd., 2002).

Jeostatistiksel yöntemlerden biri olan enterpolasyon metotları, deterministik ve stokastik olmak üzere iki farklı teknikle gerçekleştirilmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Stokastik yöntemler Kriging olarak da bilinmektedir. Kriging yöntemleri; simple kriging, ordinary kriging, universal kriging, indicator kriging, probablity kriging, disjunctive kriging ve co-kriging olmak üzere farklı amaçlarla kullanılan farklı modellerden oluşmaktadır. Deterministik yöntemlerden en çok kullanılanları Ters Ağırlıklı Mesafe Yönetmi (Inverse Distance Weighting [IDW]) ve Spline yöntemleridir (Dodson ve Marks, 1997; Li vd., 2000; Wei vd., 2005; Güler ve Kara, 2007). Araştırmada tercih edilen IDW yöntemi ise bilinmeyen değerli bir noktanın değerinin tespit edilmesinde kullanılan deterministik bir yöntemdir. Yöntem, tahmin edilmek istenilen bir noktaya ait değer, ona en yakın noktaların değerine daha fazla



benzediğini; ondan daha uzak noktaların değerlerine ise daha az benzediği temeline dayanan mekânsal istatistik yöntemidir (Hartkamp vd., 1999). IDW yöntemine ait genel formül aşağıda verilmiştir (Chen ve Liu, 2012).

$$\hat{z}(u_0) = \frac{\sum_{i=1}^N z(u_i) w_i}{\sum_{i=1}^N w_i}, w_i = d_{i0}^{-p}, i = 1, \dots, N.$$

Burada, tahminin yapıldığı değeri bilinmeyen  $u_0$  lokasyonu, komşu ölçümleri  $n$ 'nin bir fonksiyonu durumundadır ( $z(u_i)$  ve  $i=1,2,\dots,n$ );  $p$  bilinen değerlerin her birinin ağırlığını belirleyen üstür ve  $d$  gözlem lokasyonu olan  $u_i$  ile tahmin lokasyonu  $u_0$ 'ı ayıran mesafeyi işaret etmektedir. Üs büyüdükçe, tahmin edilen  $u_0$  noktasından uzaktaki gözlemlerin ağırlığı küçülmektedir. Bir diğer ifadeyle üssün büyümesi, tahmin değerlerinin en yakındaki gözlem değerlerine çok benzediğini göstermektedir.

Bu bağlamda, araştırma kapsamında Bakırçay Havzası'na ait kuraklık değerleri SPI yöntemi ile elde edilmiştir. Değerlerin yüzeysel sürekliliğinin sağlanması amacıyla jeostatistiksel entorpolasyon modeli IDW kullanılmıştır. Sonuç olarak mekânsal sorgulamaların gerçekleştirilebileceği ve Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin hesaplanmasında kullanılacak, raster tabanlı kuraklık haritaları oluşturulmuştur.

#### **3.1.2.1.4. Nüfus Değişimi**

Her birey, içinde bulunduğu toplumun özelliklerine bağlı olarak birey ölçeğinde kendi doğal çevresine bir etkide bulunmaktadır. Bireyin ihtiyaç duyacağı doğal ve yapay kaynakların minimum düzeyde karşılanması söz konusu olsa bile, artan nüfus ile birlikte insanın ekolojik unsurlar üzerindeki baskısı önemli boyutlara ulaşmıştır. Nüfusa bağlı olarak gelişen bir diğer olay da insanların nerede yaşayacağı sorunudur. Kentleşmenin getirdiği diğer başka ihtiyaçların sağlıklı bir biçimde sağlanması gerekliliği, insan-çevre arasındaki ilişkiye farklı bir boyut daha eklemiştir.

Nüfus ile ekolojik unsurlar arasında çok boyutlu bir ilişki olması nedeniyle, meydana gelen bu etkinin, niceliksel olarak ortaya konulması güçtür. Ancak aralarındaki pozitif korelasyon ilişkisi göz önüne alındığında, nüfus değişiminin tespiti, ekolojik unsurlar üzerine olan riskin niceliksel tespiti için bir ölçüt konumundadır (Erdoğan,

2012). Burada bağımsız değişken, nüfusun birim alandaki sayısını ifade eden nüfus yoğunluğu değişimi iken; bağımlı değişken ise ekolojik unsurlar üzerindeki baskıdır. Diğer bir ifadeyle insanların mekânsal etkisi yakınlık ve yoğunluk ile ilişkilidir. Yoğun nüfuslu sahaların bulunduğu alanlarda mekânsal ilişki daha geniş alanlara yayılacağından, ekolojik unsurlar üzerindeki baskı, buna paralel olarak artacaktır.

Araştırma sahasında nüfusun ekolojik unsurlar üzerindeki baskısını hangi boyutta ve sahanın nerelerinde daha fazla olduğunu niceliksel olarak tespit etmek amacıyla, 1985 ve 2013 yıllarına ait nüfus verileri kullanılmıştır. Sahada yer alan kent merkezleri yanı sıra diğer tüm mahallelere ait nüfus verileri ayrı ayrı ele alınmıştır. Burada amaç nüfus verisinin kent merkezlerinde yoğunlaşmasını engelleyip, tüm havzayı alansal olarak doğru yansıtmasını sağlamaktır. Bu kapsamda tüm yerleşim noktalarına ait veriler konumlarıyla birlikte CBS ortamına aktarılarak nüfusun mekânsal dağılışı hesaplanmıştır. Nüfusun mekânsal interpolasyon yöntemlerinden IDW yöntemi kullanılmıştır.

Meteorolojik kuraklık bölümünde detayları açıklanan IDW yöntemi ile 1985 ve 2013 yıllarına ait nüfus dağılışı araştırma sahası ölçeğinde hesaplanmıştır. Sonuçlardan elde edilen nüfus bilgisi kullanılarak, yıllar arasındaki değişiminin tespiti ve bu değişimin miktarı ile risk parametreleri tespit edilmiştir. Riskin tespiti alansal nüfus değişiminin en fazla meydana geldiği alanlar dikkate alınarak belirlenmiştir.

### **3.1.2.1.5. Yangın Riski**

Ormanlara zarar veren abiyotik faktörler içerisinde yer alan yangınlar, ekosistemler üzerinde önemli boyutta etkilere neden olan süreçlerden biridir (Food and Agricultural Organization [FAO], 2007). Toprak degradasyonu, toprak erozyonu, doğal canlı yaşamı ve biyoçeşitlilik gibi önemli lokal etkilere neden olan orman yangınları, bununla birlikte ormanların sera gazı emisyonu üzerinde önemli bir paya sahip olması nedeniyle küresel boyutta etkilere sahiptir (Omi, 2005; Chuvieco, 2008). Doğal yangınlar doğanın kendi yangın döngüsü içerisinde, doğal bir yenilenme mekanizması olarak görev almaktadır. Ancak yangına etki eden iklimik ve sosyal koşullardaki değişimlere bağlı olarak söz konusu doğal döngü bozulmakta ve bu durum yangınlar üzerinde negatif etkilere neden olmaktadır (Chuvieco, 2008). Yangınlar üzerinde çeşitli doğal ve beşeri değişkenler bir arada rol oynamaktadır. Bu



faktörler; topografik yapı (eğim, bakı, yükselti), vejetasyon özellikleri (yoğunluk, yanabilirlik), iklimatik koşullar (sıcaklık, yağış, nemlilik, rüzgâr) ve beşeri faaliyetler (arazi kullanımı, yollar, yerleşmeler) şeklinde sınıflandırılabilir (Prasad vd., 2008). Değişkenlerdeki bu çeşitlilik nedeniyle ortamı yangına eğilimli hale getiren faktörlerin doğru bir şekilde belirlenmesi ve analiz edilmesi, yangın önleme ve engelleme süreçlerinin başarılı bir şekilde yönetilebilmesi için çok önemlidir (Chuvieco ve Congalton, 1989).

Orman yangınları ile mücadele edebilmek için öncelikle, yangın riskinin yüksek olduğu yerler tespit edilmelidir (Doğanay ve Doğanay, 2003). Bu bağlamda yüksek riske sahip alanlar, orman yangınlarının meydana gelmesinde etkili olan doğal ve beşeri süreçlerin, belirli önceliklerde bir arada bulunduğu sahalardır. Faktörlerdeki öncelik, yangına etki edebilme derecesine bağlı olarak değişmektedir. Diğer bir ifadeyle, yüksek yangın riskine sahip alanların belirlenmesi, bütün faktörlerin etki derecelerine göre sınıflandırılarak ortak bir potada ele alınmasını gerektiren bir sürece bağlıdır. Bu kapsamda Çok Kriterli Analiz Teknikleri (ÇKAT) , birden fazla değişkeni, belirlenen öncelik durumuna göre bir arada analiz edebilme yapısına sahip olması nedeniyle, yangın riskine sahip alanların belirlenmesinde, ideal bir yaklaşım olma özelliği taşımaktadır (Erdoğan, 2012).

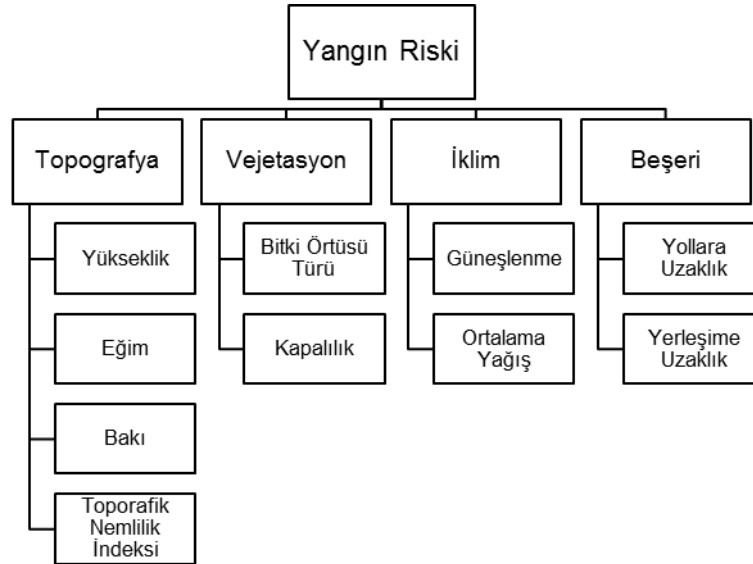
ÇKAT; karmaşık ekolojik problemlerin analiz edilmesi, alternatif çözüm senaryolarının üretimi, ekolojik, sosyal ve ekonomik değişkenlerin bir arada ele alınmasını gerektiren karar-destek sistemleri gibi süreçlerde çoklu kriterleri birleştirerek analiz edilmesine olanak sağlayan temel yaklaşım tekniğidir (Herath ve Prato, 2006). CBS'nin analiz yeteneği ile ÇKAT yaklaşımının birleşimi, mekânsal problemlerin çözümünde geniş kullanım olanağına sahiptir (Eastman, 1999). Yangın riskine sahip alanlarının belirlenmesini kapsayan risk analizi, ÇKAT'nin sıkça kullanıldığı mekânsal problemlerden biridir (Prasad vd., 2009; Karabulut vd., 2013).

Yangın riskine sahip alanların tespiti amacıyla literatürde farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir (Prasad vd., 2009; Chuvieco vd., 2010; Thompson ve Calkin, 2011; Erdoğan, 2012). Bu çalışmada Prasad vd., (2009) ve Erdoğan, (2012) tarafından geliştirilen yöntemler dikkate alınarak, Bakırçay Havzası'nda yangın riski üzerine etkili faktörler belirlenmiştir (Şekil 6). Faktörlerin belirlenmesinde dikkate alınan temel husus; değişkenlerin topografik yapı, vejetasyon özellikleri, iklimatik koşullar

ve beşeri faaliyetleri kapsayacak şekilde belirlenmesi ve araştırmanın diğer analizlerinde kullanılan mekânsal ölçeği ile aynı olmasıdır. Tespit edilen değişkenlere sahip oldukları yangın riski oluşturma kabiliyetlerine göre ağırlık değerleri atanmıştır (Çizelge 5).

Sonuç olarak faktör, kat sayı ve ağırlık değerleri baz alınarak aşağıda verilen formül yardımıyla Bakırçay Havzası'nda yangın risk haritası oluşturulmuştur. Buna göre dikkate alınan parametrelere atanan ağırlık katsayıları ile elde edilen denklem şu şekildedir:

$$YR= 8* B\ddot{o}T+5* (B\ddot{o}K+Y\ddot{o}M+Y\ddot{e}M)+3*(Y+E+Bk+TN\ddot{i}+GN+OY)$$



Şekil 6. Yangın Riski Kapsamında Değerlendirilen Değişkenler

Yangın riskine sahip alanların tespiti amacıyla ele alınan parametrelerin tanımları ve kullanılan yöntemler şu şekildedir:

### 3.1.2.1.5.1. Vejetasyon Parametreleri

**Bitki Örtüsü Türü (BÖT):** Doğal bitki örtüsünün sahip olduğu yanabilirlik derecesi, yangın davranışını etkileyen önemli faktörlerdendir. Bu nedenle bitkilerin yanabilirlik özelliklerini tespit etmek, çevre yönetimi çalışmalarında önemli yere sahiptir (Dimitrakopoulos ve Papaioannou, 2001). Bu bağlamda Bakırçay Havzası'nın sahip olduğu vejetasyon özellikleri, yanabilirlik özellikleri dikkate alınarak, risk gruplarına ayrılmıştır. Grupların sınıflandırılması, Dimitrakopoulos ve Papaioannou, (2001);

Çizelge 5. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski Analizinde Kullanılan Değişkenlerin Risk Değerleri ve Kriter Ağırlıkları.

Değişken Adı	Değişken Değerleri	Risk Durumu	Risk Değeri	Kriter Ağırlığı
<b>Bitki Örtüsü Türü (BöT)</b>	Diğer	En Az Riskli	1	8
	Tarım	Az Riskli	2	
	Meşe-Sedir	Riskli	3	
	Karaçam-Meşe-Ot	Yüksek Riskli	4	
	Kızılcım-Fıstıkçanı	En Yüksek Riskli	5	
<b>Bitki Örtüsü Kapalılığı (Bök) (%)</b>	0-10	En Az Riskli	1	5
	11-40	Riskli	3	
	41-70	Yüksek Riskli	4	
	>70	En Yüksek Riskli	5	
<b>Yükselti (Y) (m)</b>	0-200	Az Riskli	2	3
	201-400	En Yüksek Riskli	5	
	401-600	Yüksek Riskli	4	
	601-800	Riskli	3	
	801-1212	En Az Riskli	1	
<b>Eğim (E) (°)</b>	0-5	En Az Riskli	1	3
	5,01-10	Az Riskli	2	
	10,01-20	Riskli	3	
	20,01-30	Yüksek Riskli	4	
	>30	En Yüksek Riskli	5	
<b>Bakı (Bk)</b>	Düz	En Az Riskli	1	3
	Kuzey	Az Riskli	2	
	Doğu	Riskli	3	
	Batı	Yüksek Riskli	4	
	Güney	En Yüksek Riskli	5	
<b>Topografik Nemlilik İndeksi (TNI)</b>	12,01-23	En Az Riskli	1	3
	10,01-12	Az Riskli	2	
	7,01-10	Riskli	3	
	5,01-7	Yüksek Riskli	4	
	3-5	En Yüksek Riskli	5	
<b>Güneşlenme (GN) (kW/m<sup>2</sup>)</b>	417,11-475	En Az Riskli	1	3
	476-550	Az Riskli	2	
	551-625	Riskli	3	
	626-700	Yüksek Riskli	4	
	701-805	En Yüksek Riskli	5	
<b>Ortalama Yağış (OY) (mm)</b>	31,01 - 33,1	En Az Riskli	1	3
	30,01 - 31	Az Riskli	2	
	29,01 - 30	Riskli	3	
	28,01 - 29	Yüksek Riskli	4	
	26,2 - 28	En Yüksek Riskli	5	
<b>Yollara Mesafe (YoU) (m)</b>	>400	En Az Riskli	1	5
	301-400	Az Riskli	2	
	201-300	Riskli	3	
	101-200	Yüksek Riskli	4	
	0-100	En Yüksek Riskli	5	
<b>Yerleşmelere Mesafe (YeU) (m)</b>	>2000	En Az Riskli	1	5
	1501-2000	Az Riskli	2	
	1001-1500	Riskli	3	
	501-1000	Yüksek Riskli	4	
	0-500m	En Yüksek Riskli	5	

Durmaz, (2004); Küçük, (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

**Bitki Örtüsü Kapallığı (Bök):** Yüksek bitki örtüsü yoğunluğu, yüksek yanabilirlik anlamına gelmektedir (Prasad vd., 2009). Ayrıca birim alandaki bitki örtüsünün yoğun olması, yangın tarafından üretilen ısının da yüksek olmasına neden olacaktır (Chandler vd., 1983). Bu nedenle araştırmada  $\text{km}^2$ 'ye düşen bitki örtüsünün fazla olduğu sahalarda yüksek yangın riskine sahip alanlar olarak belirlenmiştir.

### 3.1.2.1.5.2. Topografik Parametreler

**Yükselti (Y):** Rüzgârın davranışını şekillendirmesinden dolayı (örneğin ısınan vadilerden daha soğuk yamaçlara havanın hareketi) önemli coğrafi faktörlerdendir. Yükselti ayrıca, alınan yağış durumunu ve çevredeki arazilerle olan ilişkiyi de etkilemesi nedeniyle yangın üzerinde önemli etkilere sahiptir (Rothermel, 1983). Türkiye'de meydana gelen yangınların önemli bir bölümü beşeri faaliyetlerin yoğunlaştığı 0-400 metre yükselti basamağında meydana gelmektedir (Kadioğlu, 2012). Bu araştırmada yangın ekosistem üzerindeki etkisi kapsamında değerlendirildiğinden, yükselti, araştırma sahasında ormanlık alanların yoğun olduğu sahalarda dikkate alınarak ele alınmıştır. Buna göre sahanın yangın riski en yüksek alanları 200-400 metre yükselti basamağı olarak belirlenmiştir.

**Eğim (E):** Daha dik eğimlerde yanma işleminin daha hızlı gerçekleşmesi ve yangının yönünü etkilemesi bakımından önemlidir (Kushla and Ripple, 1997). Yangın, yüksek eğimli alanlarda daha hızlı ilerlemektedir. Öyle ki % 55 ve üzeri eğime sahip alanlarda yangının yayılma hızı, % 5'e kadar eğimli olan sahalara göre yaklaşık 4 kat daha fazladır (Rothermel, 1983).

**Bakı (Bk):** Alınan güneş radyasyonunda farklılık yaratması nedeniyle, yangın davranışı üzerinde güçlü etkisi bulunmaktadır. Humus tabakasının daha kalın olduğu ancak diğer kısımlara göre daha az güneşlenme süresine sahip olan kuzey kısımlar, yangınlar için avantajlıdır. Ancak güneşlenme süresinin uzun olduğu ve gün içerisinde çok daha yüksek sıcaklığa sahip olan güney kısımlar, yangın riski en yüksek olan sahalardır. Güneyli kısımlardan sonra güneşlenme süresinin en fazla olduğu batı yönlü kısımlar ise gün içerisinde güneşi ilk alan doğu yönlü kısımlara

göre daha yüksek yangın riskine sahiptir. Buna göre yangın riski en yüksek olan güney, batı, doğu ve kuzey yönlü sahalardır.

**Topografik Nemlilik İndeksi (TNİ):** Topografya yüzeyinde suya doygun alanları göstererek, bir alanın nemlilik derecesini belirlemektedir (Moore vd., 1991). Topografik olarak yüksek toprak nemine sahip alanlar yangın riskinin az olduğu alanlardır. Düşük nemlilik değerine sahip olan kuru alanlar ise yüksek yangın riskine sahiptir. (Prasad vd., 2009). TNİ aşağıda verilen eşitliğe göre elde edilmiştir.

$$(((FA)+1) / ([E]+1)).\text{Log}$$

Buna göre FA (Flow Accumulation), birim alandan ne kadar su kütlesinin aktığını, E (Eğim) ise suyun akış hızını göstermektedir (Tağıl, 2006b).

### 3.1.2.1.5.3. Klimatik Parametreler

**Güneşlenme (GN):** Yüksek güneşlenme süresine sahip sahaların yangına duyarlılığı daha fazladır. Yanıcı maddenin nem içeriğinin azalmasındaki temel faktörlerden olan güneşlenme, ArcGIS yazılımı içerisinde yer alan solar radyasyon analizi yardımıyla 1 W/m<sub>2</sub> biriminden hesaplanmıştır. Türkiye’de orman yangınlarının büyük çoğunluğu, yaz kuraklığının yaşandığı Haziran-Ekim ayları arasında başlamaktadır (Doğanay ve Doğanay, 2003). Bu bağlamda, güneşlenme değerlerinin hesaplanmasında 2013 yılının 1 Haziran-31 Ekim tarihleri arası dikkate alınmıştır.

**Ortalama Yağış (OY):** Yüksek yağışlı arazi yüzeyinde yer alan yakıtların, nemlilik değerlerini yükselteceğinden yangınlar için avantajlıdır. Burada dikkate alınması gereken husus, yağışın mevsimidir. Bu nedenle araştırmada yangın mevsimi dışında meydana gelen yağışlar dikkate alınmamıştır. Değişkenin hesaplanmasında Akhisar, Soma, Bergama ve Dikili meteoroloji istasyonlarının 1999-2013 yılları arasındaki en sıcak dönemlerde meydana gelen yağış miktarları kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin alansal dağılışına bağlı olarak, nispeten yüksek nemliliğe sahip sahalar, yangın riskinin az olduğu sahalar olarak sınıflandırılmıştır.

### 3.1.2.1.5.4. Beşeri Parametreler

**Yollara Mesafe (YoM):** Topografik, klimatolojik ve vejetasyon özellikleri ile yangın arasındaki ilişkiler genel olarak yangının davranışı ile ilişkiliyken; beşeri

parametrelerin, yangının meydana gelmesi üzerinde etkili olduğu gör÷lmektedir. Öyle ki orman yangınlarının çıkış nedenleri içerisinde doğal faktörler %8-9'luk bir orana sahipken, geri kalan yaklaşık %92'lik oran beşeri faaliyetlere bağlı faktörlere aittir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016b).

Yolların yangın üzerindeki etkisi iki farklı yolla olmaktadır. Bunlardan ilki yangının ilerlemesini bölmesi şeklinde, yani yangınlar için avantajlı bir şekildedir. Diğer bir etki yolu ise insanların hareket güzergâhlarını belirlemesi nedeniyle beşeri kaynaklı yangınların meydana gelmesine neden olacak ortam koşullarını sağlaması şeklindedir (Chuvieco ve Congalton, 1989). Zira bu kapsamda ele alındığında ormanlık alanlarda yer alan yollara yakın sahalara, yangın riskinin yüksek olduğu sahalardır (Jaiswal vd., 2002). Kazayla meydana gelen yangınlar incelendiğinde, bu tür yangınların yol güzergâhlarında daha sık meydana geldiği gör÷lmektedir (Erten vd., 2005).

Bu bağlamda, araştırma sahasında yer alan, daimi ve geçici olarak kullanılan yolların tamamına mesafe analizi uygulanmıştır. Buna göre yollara 100 metreden daha yakın olan alanlar, en yüksek yangın riski değerini alacak şekilde yeniden sınıflandırılmıştır.

**Yerleşmelere Mesafe (YeM):** En yüksek risk değerine sahip olan insan faktörü dikkate alındığında, insan aktivitelerinin gerçekleştirildiği alanlara yakın bölgeler, yüksek yangın riskine sahip sahalardır. Bu kapsamda araştırma sahasındaki tüm ilçe ve mahalleler dikkate alınarak, mesafe analizi uygulanmıştır. Buna göre yerleşme alanlarına 500 metreden daha yakın olan bölgeler, yüksek yangın riskine sahip sahalara olarak belirlenmiştir.

### **3.1.2.2. Ekolojik Risk Modeli**

Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin modellenmesi amacıyla belirlenen risk faktörleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, karar vericilerin ihtiyaç duyduğu veri alt yapısını gidermeye yönelik bilgileri içermektedir. Ancak ekolojik riskin ortaya konulması, ilgili faktörlerin analiz sonuçlarının belirli bir şablonda ele alınmasını gerektirmektedir. Bu süreç karar analizi kapsamında gerekli olan opsiyonların oluşturulması ve tercih etme aşamalarını kapsamaktadır.

Birden fazla kriterin ele alınması ve bu kriterler arasındaki etkileşim karar vermeyi güçleştiren bir durumdur. Özellikle çevresel sistemlerin karmaşık ilişkisinin karar analizi sürecinde farklı yaklaşımların ortaya çıkmasına neden olduğu görülmektedir (Malczewski, 2006). Söz konusu karmaşık yapı nedeniyle araştırmada ekolojik riskin modellenmesi sürecinde farklı teknikler kullanılarak, elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 7).

### 3.1.2.2.1. Çok Kriterli Analiz Teknikleri ile Ekolojik Risk Modeli

Çok kriterli analiz yaklaşımı; birden fazla alternatifin belirlenmesi, gruplandırılması ve öncelik seçeneklerinin belirlenmesi amacıyla ağırlıklandırılan, birbirlerinden farklı ölçü birimlerine sahip ve birbirleri ile tutarsız olan birden fazla kriterin bir arada değerlendirilmesidir (Yoon ve Hwang, 1995). Bu süreç, ölçülebilen ve ölçülemeyen stratejik ve operasyonel faktörleri aynı anda değerlendirme imkanı sağlayan, karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dâhil edebilen analitik yöntemlerden oluşmaktadır (Timor, 2011).

Bu yaklaşımda amaç: çok sayıda kriterin birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayarak, karar vericiye en iyi alternatifin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. CBS kapsamında çok kriterli analizin gerçekleştirilmesi amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır (Malczewski, 2006). Bunlar genel olarak AND ve OR operatörlerinin çalışma prensibine dayalı yöntemlerdir. Bununla birlikte kriterler arasındaki önem derecesi söz konusu olduğunda, kriterler arasında ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmektedir (Malczewski, 1999).

Araştırma kapsamında çok kriterli analizin yaklaşımı, ilk aşamada ağırlıklandırma işleminden bağımsız uygulanmıştır. Tüm risk faktörlerine ait değerler öncelikle standartlaştırılmış ve daha sonra aşağıda açıklanan formülasyon işlemi ile analiz edilmiştir.

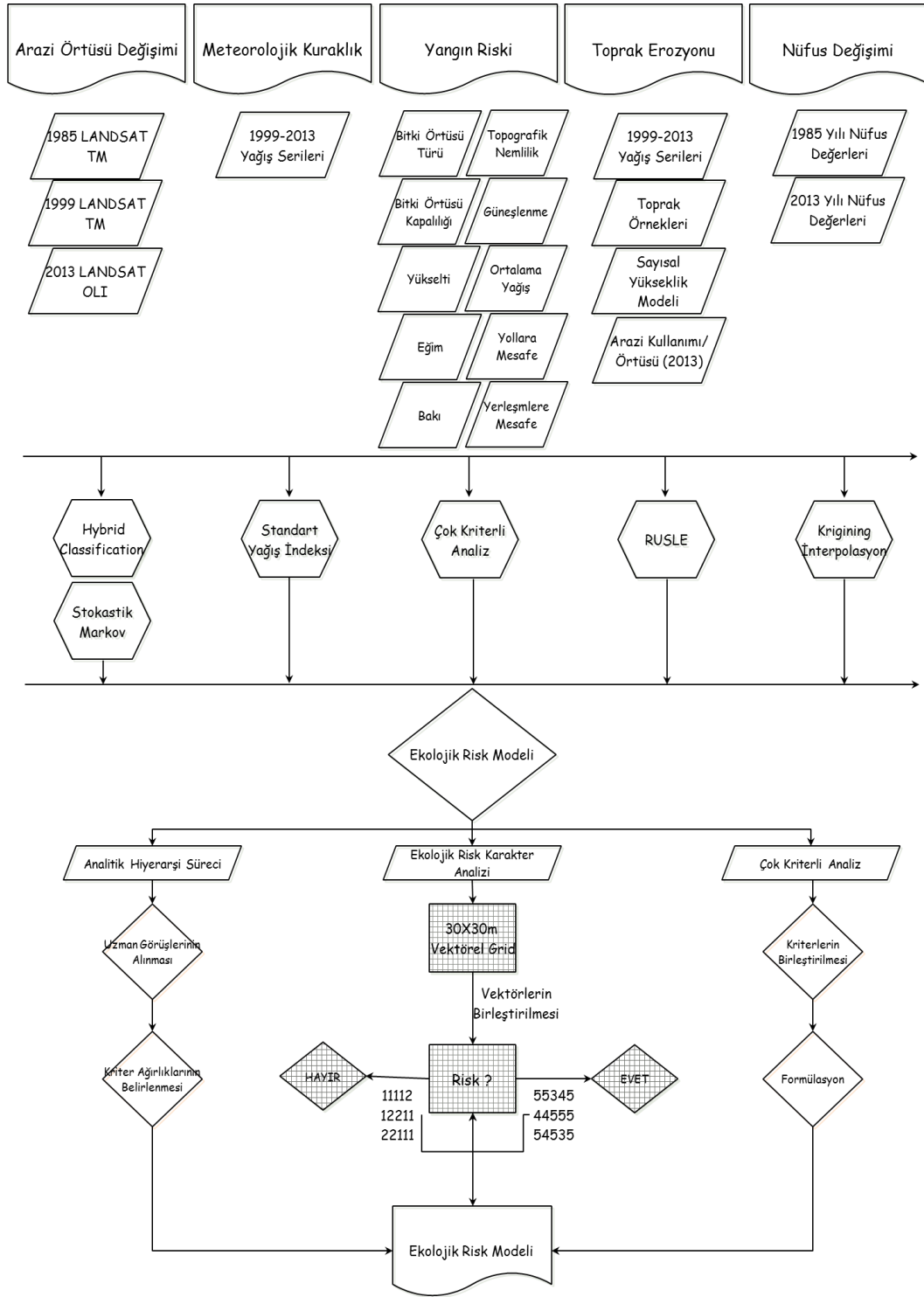
$$\text{ERM: (AKD+TK+MK+ NFS+YNG) / 5}$$

Burada,

**ERM:** Ekolojik risk modeli,

**AKD:** Arazi kullanımı/örtüsü değişimi riski değeri,

**TK:** Toprak kaybı risk değeri,



Şekil 7. Ekolojik Riskin Modellenmesi Sürecinde Kullanılan Veriler ve Yöntemler



**MK:** Meteorolojik kuraklık riski değeri,

**NFS:** Nüfus değişimi riski değeri,

**YNG:** Yangın riski değeridir.

### **3.1.2.2.2. Analitik Hiyerarşi Süreci ile Ekolojik Risk Modeli**

Karar verme; hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde mevcut alternatifler arasından seçim yapma eylemidir (Can, 2014). Çevresel süreçlerin modellenmesi ve yönetiminde doğru kararların alınabilmesi çeşitli karar analizleri ile gerçekleştirilmektedir. Genel kapsamda tek amaçlı karar verme, çok kriterli karar verme ve karar destek sistemleri olarak gruplandırılmaktadır (Zhou vd., 2006). Çok kriterli karar verme yöntemleri içerisinde yer alan tekniklerden biri analitik hiyerarşi sürecidir (AHS).

1980'lerde T. Saaty tarafından geliştirilen AHS'nin diğer yöntemlere göre en önemli üstünlüğü objektif ve sübjektif karar kriterlerinin karşılaştırılabilmesi ve birbirinden farklı karar kriterlere dayanan bir ağırlıklama ile sıralamanın elde edilebilmesidir (Timor, 2011). AHS, kriterlerin önem derecelerini belirleyerek çok boyutlu problemin tek boyuta indirgenmesini sağlamaktadır (Önder ve Önder, 2014). Olası birçok sonuç içerisinde en iyi olanın elde edilebilmesi için öncelik vektörleri kullanılmaktadır. AHS'nin en önemli özelliklerinden biri, farklı tecrübe, bilgi ve eğitim sahibi grupların ya da bireylerin kararları birleştirilerek tek bir sonuca ulaşılabilir olmasıdır (Saaty, 2008).

AHS tekniği kullanılırken kriterler, uzmanlar tarafından ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırmada Saaty tarafından belirlenen Çizelge (6)'da verilen ölçekler kullanılmaktadır. AHS yöntemi kullanılarak problem çözümünde izlenen adımlar:

1. Karar verme probleminin tanımlanması ve amacın belirlenmesi,
2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
3. İkili karşılaştırma matrisindeki her bir elemanın, bulunduğu sütundaki değerlerin toplamına bölünerek normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin elde edilmesi,
4. Kriterlerin göreceli öncelik değerlerinin elde edilmesi,
5. Tutarlılık oranının (CR- Consistency Rate) hesaplanması şeklindedir.

Bu kapsamda Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin modellenmesi sürecinde AHS'nin kullanımı ilk olarak risk kriterleri için ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıyla başlamıştır. Bu aşamada üniversitelerin coğrafya, çevre mühendisliği, jeoloji mühendisliği, orman mühendisliği ve peyzaj mühendisliği bölümlerinden 15 akademisyen ile görüşme gerçekleştirilmiştir. Görüşme sonucunda Çizelge 6'da belirtilen önem dereceleri elde edilmiş ve bunlara bağlı olarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Diğer işlem adımlarının tamamlanmasıyla %9,1 tutarlılık oranına sahip işlem matrisi sonucunda elde edilen değerler CBS'de analiz formülasyonunda kullanılmıştır. Buna göre AHS ile ekolojik riskin analizi formülü şu şekildedir:

$$\text{ERM: } 0,351 \cdot \text{NFS} + 0,256 \cdot \text{MK} + 0,176 \cdot \text{AKD} + 0,110 \cdot \text{YNG} + 0,107 \cdot \text{TK}$$

**ERM:** Ekolojik risk modeli,

**NFS:** Nüfus değişimi riski değeri,

**MK:** Meteorolojik kuraklık riski değeri,

**AKD:** Arazi kullanımı/örtüsü değişimi riski değeri,

**YNG:** Yangın riski değeri,

**TK:** Toprak kaybı risk değeridir.

Çizelge 6. Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri Tablosu

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargılara göre bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetle daha önemlidir.
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden biri diğerine göre çok yüksek derecede önemlidir.
2,4,6,8	Ara Değerleri Temsil Etmektedir	İki faktör arasındaki tercihte yukarıdaki açıklamalarda bulunan derecelerin ara değerleridir.
Karşılıklı Değerler	İ, j karşılaştırılırken bir değer (x) atanmış ise; j, i ile karşılaştırılırken atanacak değer (1/x) olacaktır.	

Kaynak: Saaty, T. L.(1980). The Analytic Hierarchy Process, New York, McGraw-Hill.

### 3.1.2.2.3. Ekolojik Risk Karakterizasyonu

Ekolojik risk, birçok faktörün iç içe olduğu çok boyutlu bir kavramdır. Bu kapsamda araştırma sahasında ekolojik riskin karakterinin ortaya konulması, farklı risk faktörlerinin tespitini ve bunların analizini gerektirmektedir. Her bir doğal veya beşeri faktör kendi iç dinamiğine sahiptir. Ayrıca bu faktörler bir ekosistem dinamiği içerisinde, birbirleriyle bağlantılı fonksiyonlara sahiptir. Bu nedenle ekolojik riskin karakterizasyonu; faktörlerin hem birbirlerinden bağımsız, hem de birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Risk analizlerinin tamamlanması ile her bir risk değişkeninin mekânsal dağılışı elde edilmiştir. Böylece faktörlerin; çok yüksek riskli, yüksek riskli, riskli, az riskli ve en az riskli olduğu sahaların mevcut durumları ortaya konulmuştur. İkinci aşama ekolojik riskin karakterize edilmesi aşamasıdır. Bu aşamada bağımsız olarak ele alınan risk faktörleri, birbirleriyle entegre edilmiştir. CBS kullanılarak gerçekleştirilen bu işlemin, karar vericilerin doğru ve hızlı karar almasına yardımcı olacaktır. Aynı zamanda entegre yapıdaki yönetim süreci içerisinde yer alan bütün paydaşlar tarafından kullanılabilir yapıda gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda risk faktörlerine hem birlikte hem de birbirlerinden bağımsız şekilde odaklanabilmeye olanak sağlayan çakıştırma yöntemi tercih edilmiştir.

Bu süreçte ilk aşama: raster tabanlı elde edilen faktör risk haritalarının, grid formda vektör tabanlı yapıya çevrilmesidir. İkinci aşamada vektör yapıdaki veriler, mekânsal ve grid kodlarının yer aldığı öz nitelik bilgileri ile birbirlerine entegre edilmiştir. Sonuç itibarıyla bütün faktörlerin 1337 farklı kombinasyon oluşturduğu yapıya sahip ekolojik risk karakteri haritası elde edilerek, ekolojik risk karakterizasyonu görselleştirilmiştir. Kombinasyonların sadeleştirilmesiyle bütün faktörler bakımından en yüksek riskli, yüksek riskli ve riskli bölgeler planlama ve yönetim süreçlerinde öncelikli olmalarından dolayı ön plana çıkartılmıştır. Bulguların konumsal ve anlamsal doğrulukları, arazide GPS ile gözlemlenerek sınanmıştır.

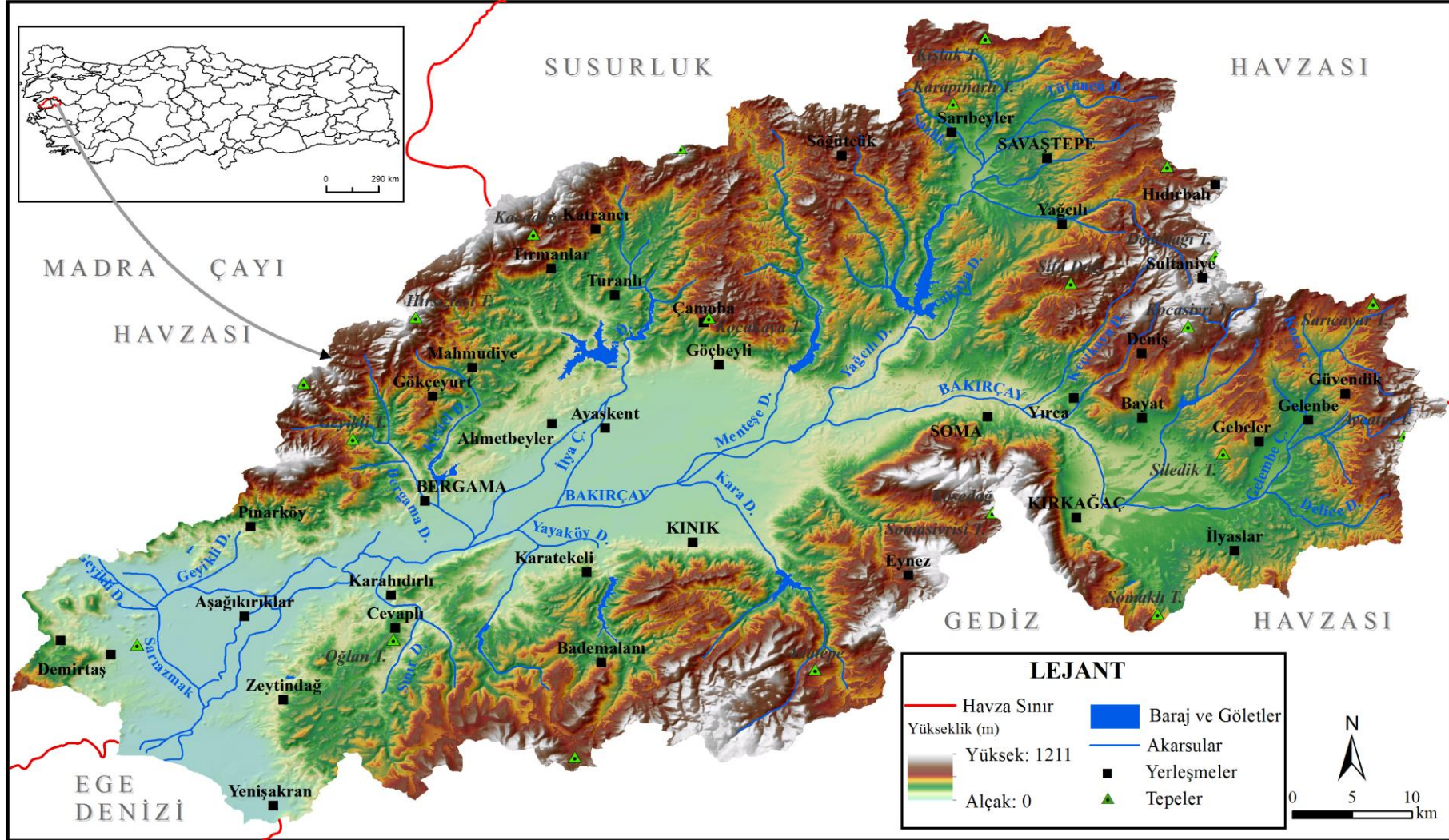
Sonuç haritasında yer alan bir pikselin, 25315 şeklinde bir değere sahip olması, sırasıyla, o hücrenin arazi örtüsü ve kullanımında meydana gelen değişim bakımından az riskli, toprak kaybı bakımından çok yüksek, meteorolojik kuraklık bakımından riskli, nüfus değişimi bakımından en az riskli ve yangın potansiyeli

bakımından çok yüksek riskli olduğunu göstermektedir. Bu şekilde yorumlanabilir bir yapıda karakterize edilmiş ekolojik risk analizi çıktısı ile paydaş kurum ve kuruluşlar arasındaki sorumluluğun, doğru bir şekilde paylaşılacağı düşünülmektedir. Öyle ki verilen örnekteki bir sahada, paydaşlar arasında meteorolojik kuraklık ve yangından sorumlu birim, en fazla sorumluluğa sahiptir. Böylece gerçekleştirilecek uygulama ve planlamaların doğru lokasyonlarda ve doğru kurumlar tarafından yapılmasına olanak sağlanacaktır.

#### 4. ÇALIŞMA ALANININ COĞRAFİ ÖZELLİKLERİ

Bakırçay Nehri Havzası, Ege Bölgesi'nin kuzeyinde, Ege Bölümü'nün Bakırçay yöresinde, genel olarak 27°-28° Doğu boylamları ile 39°– 40° Kuzey enlemleri arasında almaktadır (Şekil 8). Kaynağını Kocadağ'dan alan, Gelenbe Deresi'nin Karakurt Boğazı'ndan geçerek Kırkağaç Ovası'na girmesiyle Bakırçay adını alan nehrin uzunluğu 129 km'dir. Çizgisel akışı boyunca kuzeyde Madra Dağı ve güneyde Yunt Dağı'ndan kaynaklarını alan, birçok kol ile beslenen Bakırçay; Devlet Su İşleri (DSİ) ölçümlerine göre 2.887 km<sup>2</sup> su toplama havzasına sahiptir (DSİ, 1976). Yaptığımız mekânsal analizler sonucunda ise su toplama havzasının yüzölçümü 3356 km<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Nehrin akış yönüne doğru beslendiği kaynaklar; Gelenbe Çayı, Aksu, Yağçılı, Menteşe, Ilıca, Karadere, Kırkgeçit, Gümüş, Kestel, Bergama, Sınır, Boğazasar ve Sarıazmak dereleridir. Orta Havzası'nda en büyük kolu olan Yağçılı Deresi ile birleşen Bakırçay, Zeytindağ Ovası'ndan geçerek Çandarlı Ovası'ndan Ege Denizi'ne dökülmektedir.

Bir ekosistem birimi olarak havzalar, kendi dinamiklerine sahip mekânlardır. Bu nedenle söz konusu dinamiklere ait özelliklerin iyi bilinmesi; bunların karşılıklı etkileşiminin, birbirleriyle olan ilişkilerinin anlaşılması ve analiz edilmesi bakımından önemlidir. Hedeflenen amaç bir planlama çalışması ise, bir bütünün parçası olarak doğal ortamın sahip olduğu olanaklara ve topluma en uygun şekilde kullanımı hedeflenmelidir. Buna göre mevcut potansiyelin ortaya konulması yani *alan nasıl bir yer* sorusuna cevap verilmesi için sahanın sahip olduğu genel fiziki ve beşeri coğrafi özelliklerinin ortaya konulması gerekmektedir.



Şekil 8. Bakırçay Havzası Lokasyon Haritası

## **4.1. Bakırçay Havzası'nın Fiziki Coğrafya Özellikleri**

### **4.1.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikler**

#### **4.1.1.1. Jeoloji ve Tektonik**

##### **4.1.1.1.1. Litolojik Birimler**

Araştırma sahası genel olarak Batı Anadolu masifine dâhildir (Akyürek ve Soysal, 1981). Bölgede Hersinien ve Alp Orojenez safhaları kendini hissettirmiş ve bunun sonucu olarak kıvrımlar, faylar, itilmeler ve volkanik faaliyetler meydana gelmiştir (DSİ, 1976). Havzanın jeolojik yapısını Paleozoik, Mesozoik, Tersiyer ve Kuaterner'e ait birimler oluşturmaktadır (Şekil 9). Paleozoik araziler; Bergama'nın kuzeyi, Kozak civarı, Savaştepe kuzeyi, kısmen Soma civarı, Kınık güneydoğusu ve güneybatısı ve Zeytindağ çevresinde Permilen yaşlı kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarıyla temsil edilmektedir.

Mesozoik metamorfik formasyonlardan mermer, metakumtaşı, metaçakıltaşı, metavolkanit ve metamorfizmaya uğramış mafik volkanikler Alt Triyas yaşlıdır. Bunlardan metakumtaşı, metaçakıltaşı ve metavolkanit formasyonlar, Kozak'ın güneyinde ve doğusunda, Savaştepe'nin güneyinde Şifa Dağı (875 m) çevresinde, dar bir alanda Sevişler yerleşmesi dolaylarında, Soma'nın güneyinde Kovalık Tepe (787 m) civarında, Kınık'ın güneyinde yer alan Kınık formasyonu içerisinde ve Bergama'ya bağlı Karahıdırlı Köyü ile Cevaplı Mahallesi arasında kalan bölgede yayılış göstermektedir. Bu birim ilksel halini kısmen korumuş çeşitli kırıntılı kayaçların, yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş türlerinden (metakonglomera, metakumtaşı, milli kumtaşı metaçamurtaşı ve metavolkanit) ve kumlu kireçtaşı, kumtaşı, volkanerit ve aglomeradan oluşmaktadır (Akyürek ve Soysal, 1981).

Bakırçay Havzası'nda çakıltaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, miltaşı ve kireçtaşından oluşan Orta Triyas yaşlı Kapıkaya Formasyonu, Alt Triyas yaşlı Kınık Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Akyürek ve Soysal, 1981). Kınık'ın batısında Karatekeli Mahallesi civarında yer alan bu formasyon, yer yer Soma'nın güneyinde Asarkale Tepe (665 m) çevresinde de yüzeylenmektedir. Üst Triyas yaşlı Mesozoik

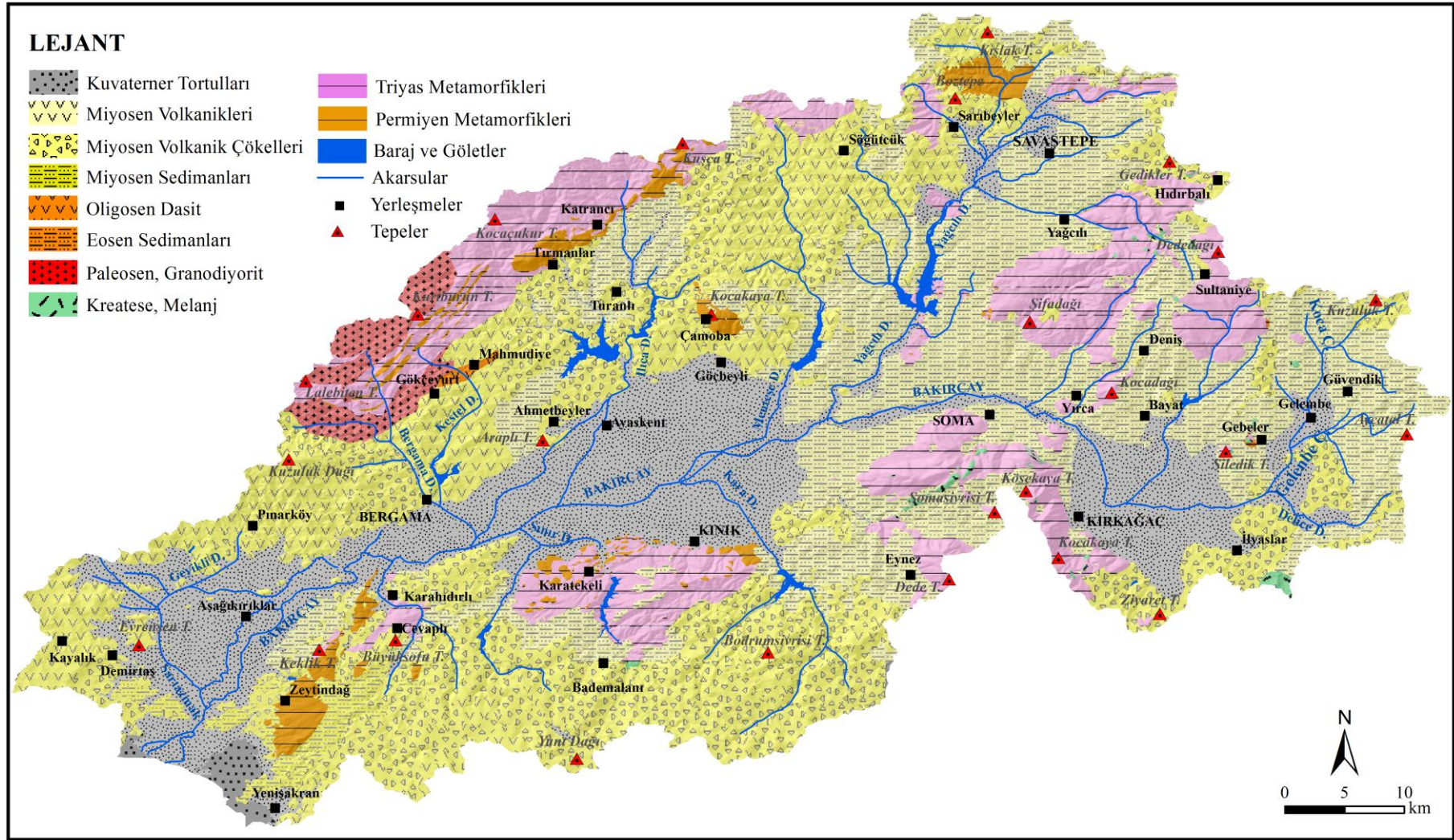
kireçtaşları ise havzanın doğusunda, Savaştepe'nin güneyinde, Şifa Dağı çevresinde, Soma ile Kırkağaç çevresinde ve Dededağı (919 m) etrafında genel olarak, altta Kapıkaya Formasyonu ile geçişli şekilde yayılım göstermektedir.

Araştırma sahasındaki Neojen'e ait volkanitler ve sedimanlar, havzanın hâkim formasyonudur. Bu formasyonlar, taban konglomerasıyla başlamakta, kumtaşı, kiltası, marn ve kireçtaşıyla devam etmekte; volkanik tüf, aglomera, tüfit, gibi unsurları bünyesinde barındırmaktadır. Epirojenik hareketler sırasında kırılma özelliği bulunmayan sahalarda, şiddetli kırılmalar meydana gelmiştir. Havzada görülen Neojen yaşlı bu volkanik formasyonlar, volkanik etkinlik sırasında, yörede görsel ortamların varlığının ve bu ortamlarda volkanik malzemenin hızlı bir soğumaya maruz kaldığının göstergesidir (Tuncel, 1964).

Neojende meydana gelen volkanik etkinlikler, Miyosende başlamış ve Pleistosen'de son bulmuştur. Genellikle karasal (göl-volkanik) fasiyeslerden oluşan bu Neojen tortulları, çökme ortamının özelliğine ve niteliğine göre havzada ekonomik değeri yüksek borat ve linyit yatakları içermektedir (Ketin, 1983). Üst Miyosende oluşan göllerin ürünü olan linyitler, yüksek kaliteli ve zengin rezervlidir. Özellikle Bakırçay güneyinde, Soma - Eyzek arasında ve Bakırçay kuzeyinde, Evciler, Deniz arasındaki Neojen alanları, linyit yönünden zengindir (Brinkmann vd., 1970).

Havzanın orta ve batı kesiminde ise Kuaterner dönemine ait depolar yer almaktadır. Bu formasyonları 3 grupta incelemek mümkündür: Yamaç molozları, birikinti konileri ve alüvyonlar (Gülersoy, 2008). Yamaç molozları Kırkağaç'ın batısı ile Kınık-Dündarlı arası ve Soma civarında yer almaktadır. Birikinti konileri, genellikle dağlık kısımlardan ovaya doğru açılarak akan sulu ve kuru derelerin, sel ve taşkın sularının dik yamaçlı topografyadan ovaya girişte bırakmış oldukları irili ufaklı çakılların yanı sıra, kum, kil ve silte kadar değişen karma yığınlardan ibarettir. Kınık, Karadere, Gümüşdere, Bergama, Göçbeyli-Ayazköy arası Menteşe ve Ilıca Dere ile Bergama derelerinin ovaya açıldığı yerlerde birikinti konileri yer almaktadır. Alüvyonlar ise daha ziyade çakıl, kil, killi çakıl, killi kum, kum ve silt şeklinde malzemelerden oluşmaktadır ve kalınlıkları 100 m civarındadır (DSİ, 1976).





Şekil 9. Bakırçay Havzası'nın Jeoloji Haritası

#### 4.1.1.1.2. Morfotektonik Oluşum

Bakırçay Havzası, kuzey-kuzeybatı Anadolu sıradağları (pontidler) kuşağının batısındaki güney kanadını oluşturmaktadır (Ketin, 1966). Genel olarak İzmir-Ankara Zonu dâhilinde yer alan sahanın güneyi (Zeytindağ kütlesi) ve güneydoğusu Menderes Masifi'nin bir parçasıdır (Akyürek ve Akdeniz, 1989). Genel olarak, Batı Anadolu'nun günümüzdeki topografik yapısını kazanmasında etkili olan temel epirojenik hareketler, Bakırçay Havza'sının bugünkü durumunda da etkili olmuştur. Neotektonik faaliyetler sonucunda meydana gelen horst-graben sistemleri, Batı Anadolu'nun karakteristik topografya şekilleridir. Türkiye'deki birçok alüvyal dolgulu çöküntü ovalarıyla, bugün yükselmiş ya da yüksekte kalmış horst karakterindeki dağlarımızın hemen hepsi, Neojen ve Kuaterner esnasındaki etkili tektonik faaliyetlerin bir sonucudur (Ardos, 1985).

Permo-Karbonifer döneminde sığ deniz suları altında kalan Bakırçay Havzası, karasal ortam özelliğini bu dönemle birlikte kaybetmiştir. Araştırma sahası, ilk kıvrım hareketlerine Hersinyen'de maruz kalmış ve Paloejen'de tümüyle yükselerek kara halini almıştır. Miyosen'de Bakırçay Grabeni ortaya çıkmaya başlamış; grabenin doğusu Miyosen gölü, batısı ise Neojen deniziyle işgal edilmiştir (Gülersoy, 2008). Miyosen sonunda başlayıp, Pliyosen ve Kuaterner'de devam eden epirojenik hareketler sonucunda oluşan gerilim nedeniyle Egeid Karası çökmüş ve Bakırçay Grabeni oluşmuştur. Bu süreçte deltanın çevresindeki Neojen formasyonlar akarsularca boşaltılmıştır. Bir süre sonra gerçekleşen transgresyon ile Çandarlı Körfezi ve çevresindeki alçak alanlar deniz sularınca işgal edilmiştir. Pleistosen'de karaların tekrar yükselmesi sonucu değişen taban seviyesine göre akarsular, yataklarını derine doğru kazmışlardır. Bakırçay Deltası'nın oluşumunda başlıca rolü oynayan Bakırçay ve kolları, çevreden getirdikleri malzemeleri, şelfin sığ olduğu alanda biriktirmeye başlamışlardır. Söz konusu süreçte Bakırçayın ağız kısmı çevresinde yatağı, birkaç kez değiştirilmiştir. Önceleri daha içerden (doğudan) ve kuzeyden akan nehir, bu kesimden gelen derelerin getirdiği malzemelerin yatakta birikmesi sonucu meydana gelen taşkınları önlemek amacıyla, 1939 yılından itibaren kademeli olarak güneye kaydırılmış ve günümüzdeki yatağına kavuşmuştur (Pınar, 1984). Kuaterner'de Ege Denizi'ndeki seviye değişimlerinden delta alanı da etkilenmiştir. Bakırçay'ın getirdiği alüvyonlarla oluşan delta sahası, biriken alüvyon

miktarının az olması sonucunda Ege'deki diğer deltalara göre fazla gelişmemiştir (Pınar, 1984; Ölgen, 2002). Bakırçay Havzası aşağı kesiminin deniz seviyesine yakın olması nedeniyle Bakırçay, deltasını genişletmek yerine daha geride yer alan ovayı doldurmaya çalışmıştır (Pınar, 1984).

#### **4.1.1.2. Jeomorfolojik Özellikler**

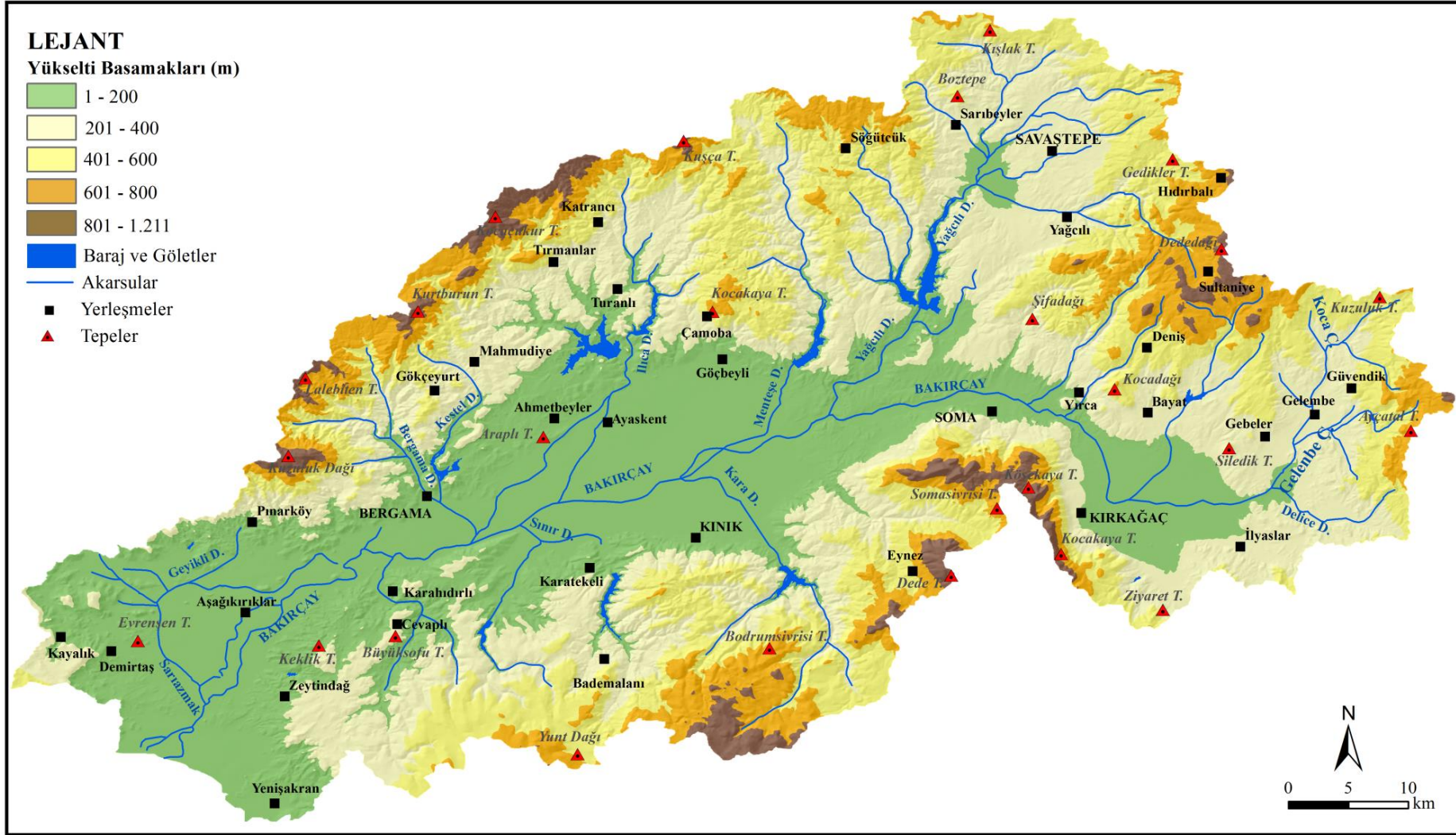
Bakırçay Havzası'nın hipsometrik haritasında görüldüğü gibi araştırma sahası, bütünüyle bir havza niteliğindedir (Şekil 10). Gerçekten sahanın iç kısımları, birbirlerinden alçak yükseltilerle ayrılıp birtakım ovalardan meydana geliyorsa da, sahanın bütününe nazaran, çevresindeki nispeten yüksek kütlelerin ortasında kalmış bir havza tabanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliğinden faydalanarak araştırma sahasını iki ana jeomorfolojik bölüme ayırmak mümkündür. Bu bölümler, ovalarla bunları birbirlerinden ayıran eşik sahalarının yer aldığı havza tabanı ve bunları çepeçevre kuşatan nispeten yüksek alanlardır. Araştırma sahasına ait jeomorfolojik özellikler, bu iki ana bölüm içerisinde ortaya konulmuştur.

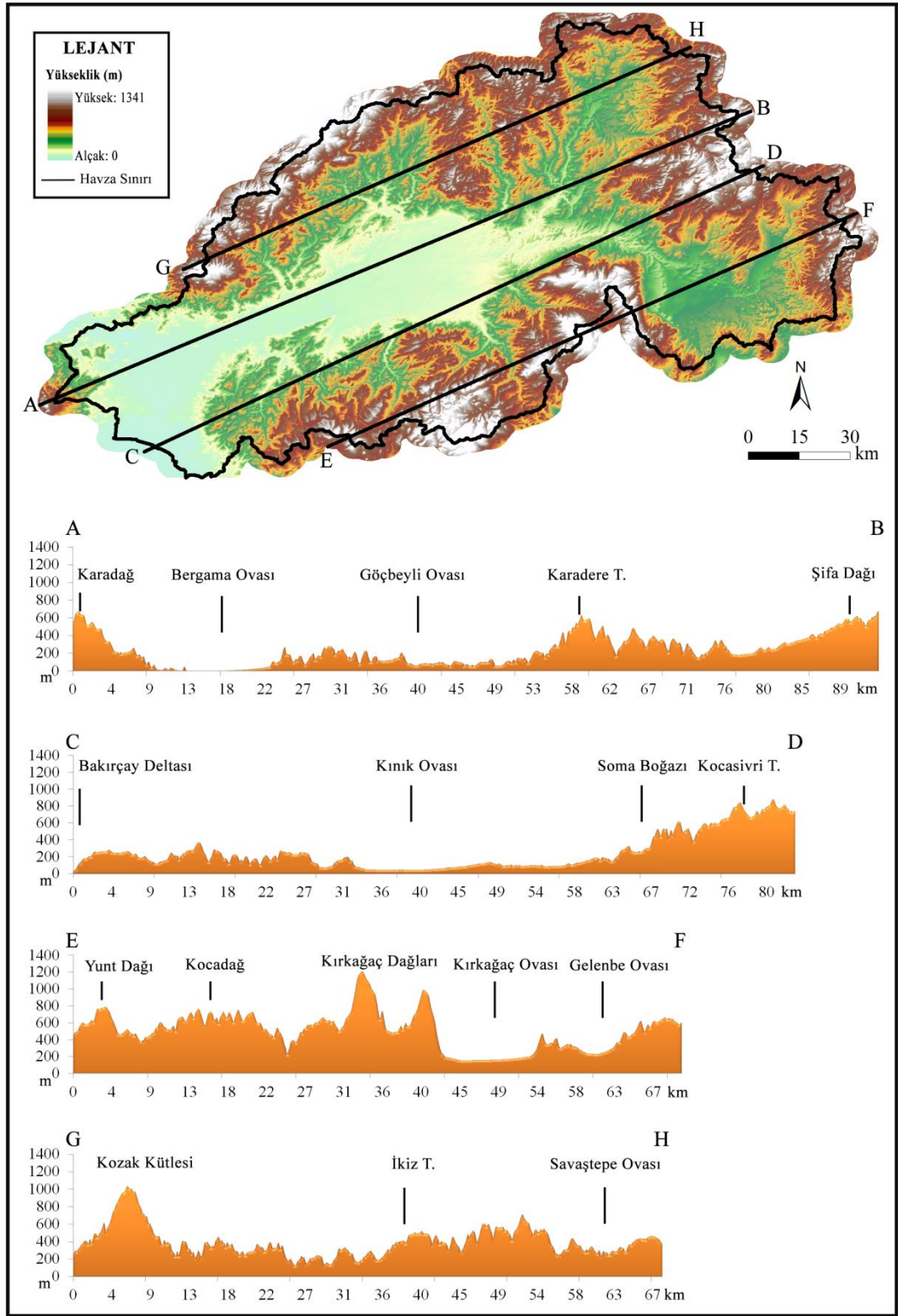
##### **4.1.1.2.1. Yüksek Alanlar**

Bakırçay Havzası'nın en yüksek kesimlerini oluşturan, ovaların yanında yer yer onlarla tezat oluşturacak şekilde bir görünüme sahip bu sahalar, en yüksek noktalarında 1200 metre yükseltiye ulaşmaktadır. Gerçekten havzanın güneyinde Köseadağ (Çamlıca Dağı) kütlesi üzerinde bulunan Dede Tepe'nin yükseltisi 1211 m'dir ve yükselti değerleri bu noktalardan itibaren alanın kuzey ve güney kuşakları boyunca, havza tabanına doğru kademeli şekilde alçalmaktadır. Havza tabanını çepeçevre kuşatan yüksek alanlar; faylanma, akarsu aşındırma ve biriktirme süreçleri, farklı dirençteki materyallerden oluşmaları gibi nedenlerden dolayı oldukça parçalı bir görünüm arz etmektedir (Şekil 11 a, b). Dar ve derin vadiler tarafından yoğun bir şekilde parçalanmış bu sahalarda eğim değerleri de yüksektir (Şekil 12).

Havzanın kuzey kesiminde, Batı Anadolu'daki hâkim morfolojik görünümünü oluşturan horstlardan biri olan Madra Dağı yer almaktadır. Kütle üzerinde 700 metrelerden başlayan ve doğuya doğru parçalara ayrılarak devam eden düzlükler yer almaktadır. Batıdan doğuya doğru Bergama'nın kuzey ve kuzeybatısında yer alan Geyikli Tepe (1062 m) ve çevresi, Yağcılar, Değirmen, Bergama ve Kestel derelerince

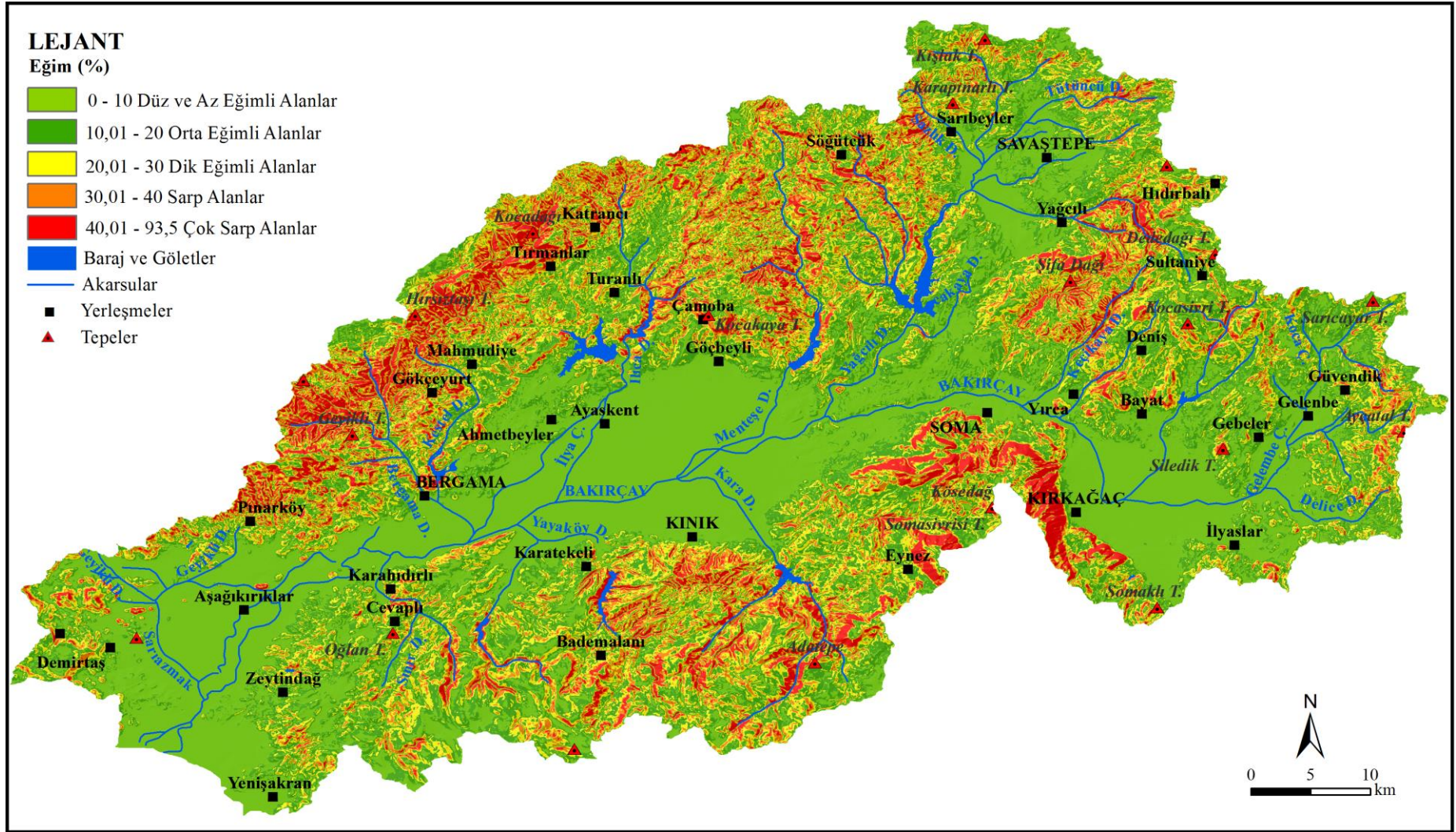






Şekil 11. Belirli Noktalar Arasındaki Yükseklik Profilleri  
 (a) “A-B” doğrultulu Karadağ – Şifa Dağı yükseklik profili, (b) “C-D” doğrultulu Bakırçay Deltası – Kocasivri Tepe yükseklik profili, (c) “E-F” doğrultulu Yunt Dağı – Gelenbe Ovası yükseklik profili, (d) “G-H” doğrultulu Kozak Kütlesi – Savaştepe Ovası





Şekil 12. Bakırçay Havzası'nın Eğim Haritası

parçalanmıştır. Sahanın kuzeybatısında yer alan Kozak Kütlesi'nin bir kısmı da havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu kütle, Paleozoik metamorfiklerle sarılmış granodiyoritlerden oluşmaktadır (Sütgibi, 2003). KD-GB uzanımlı Kozak Kütlesi, yapısal olarak bir horsta tekabül etmekte olup esasen tektonik ve volkanik hareketler sonucu kubbeleşerek plütonik bir dom halini almıştır (Gülersoy, 2008).

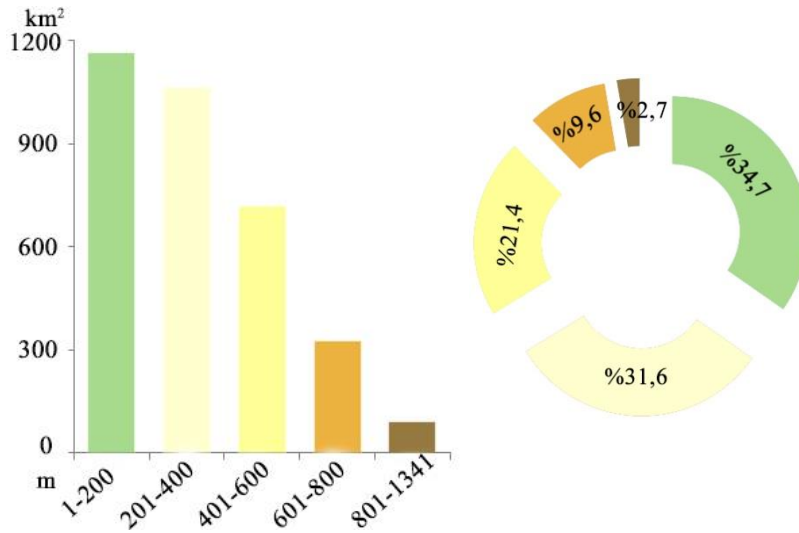
Savaştepe civarında, rölyefin ana çizgilerini Bakırçay ve kollarının drene ettiği çöküntü alanı ile onu çevreleyen kütleler meydana getirmektedir. Gerçekten parçalanmanın ve vadi yoğunluğunun en fazla olduğu kesimler, havzanın kuzeydoğu kesimleridir. Ayrıca 300 metre izohipsiyle çevrelenen Savaştepe çöküntü sahasının kuzeyinde Susurluk Havzası ile Bakırçay Havzası'nı birbirinden ayıran yükseklikler yer almaktadır. Bakırçay Havzası'nın doğusundaki önemli yüksek alanlar ise Dede Dağı (919 m) ve 875 metre yüksekliğindeki Şifa Dağı'dır. Havzanın yukarı çıkırında yer alan bu kütleler, aynı zamanda Gelenbe ve Kırkağaç Ovalarını Savaştepe Ovası'ndan ayırmaktadır.

Havza'nın güneydoğusunda, Kırkağaç Ovası'nın batısında, kabaca kuzey-güney doğrultusunda yaklaşık 20 km uzunluğa sahip Kırkağaç Dağları uzanmaktadır. Araştırma sahasındaki en yüksek eğim değerlerinin görüldüğü bu sahada, yükseklik 1000 metrenin üzerine çıkmaktadır. Genç faylarla parçalanmış bu yüksek kütlelerin batısında ve Soma'nın güneyinde, yine yükseltisi 1000 metreyi aşan sahalar yer almaktadır (Somasivrisi Tepe: 1109 m.).

Soma-Kınık arasında kalan sahanın güneyinde yer alan yüksek kütleler, araştırma sahasının en yüksek noktasının bulunduğu alandır. Yunt Dağı (1076 m)'nin bir parçası olan Köseadağ kütlesi üzerinde yer alan Dede Tepe 1211 metre yükseltisiyle, araştırma sahasının en yüksek noktasını oluşturmaktadır. Kristalize-dolomitik kireçtaşlarından oluşan bu kütlelerin (Gülersoy, 2008), batısında ve havzanın güneyinde Yunt Dağı kütlesi yer almaktadır. Volkanik unsurlardan oluşan bu kütle, Bakırçay ve Gediz Havzalarını birbirinden ayıran su bölümü çizgisiyle karakterize olmaktadır. Araştırma sahasının batısında yer alan Karadağ kütlesi (772 m), irili ufaklı derelerle parçalanmıştır (Şekil 11 a, b ). Volkanik malzemelerden oluşan bu kütle, Bakırçay'ın aşağı Havzası'nda Dikili Körfezi ile Çandarlı Körfezi'ni birbirinden ayırmaktadır.

#### 4.1.1.2.2. Havza Tabanı

Araştırma sahasının ortalama yükseltisi 615 m'dir. 0-200 metreler arası ve aynı zamanda eğimin az olduğu düz ve düze yakın alanlar, havza içerisindeki ovalık alanları, diğer bir ifadeyle havza tabanını kapsamaktadır. Havzanın ortasında yaklaşık 700 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümüyle yer alan Bakırçay Ovası, batısında Bayat ve Çandarlı (137 km<sup>2</sup>), merkezi kısımda Bergama-Göçbeyli-Kınık (325 km<sup>2</sup>) ve Soma (38 km<sup>2</sup>), doğuda Kırkağaç (120 km<sup>2</sup>), Gelenbe (30 km<sup>2</sup>), kuzeyde Sarıbeyler (16,4 km<sup>2</sup>) ve Savaştepe (13,5 km<sup>2</sup>) ovalarından oluşmaktadır (DSİ, 1976; Ardos, 1985; Soykan ve Önal, 2003; Gülersoy, 2008). Havza'nın %34,7'lik kısmına denk düşen havza tabanı (Şekil 13), aynı zamanda sahadaki nüfusun en yoğun olduğu bölgelerdir. Arazi kullanım özellikleri bölümünde daha detaylı anlatıldığı üzere, bu sahaların çok geniş bir kısmı tarım alanları ile kaplıdır.



Şekil 13. Bakırçay Havzası'nın Yükseklik Basamaklarının Kapladıkları Alanlar ve Toplam Havza Alanına Oranları

Sahanın kuzeydoğusunda yer alan Savaştepe (13,5 km<sup>2</sup>) - Sarıbeyler (16,4 km<sup>2</sup>) ovaları, havza tabanının en yüksek kesimini oluşturur. Bu ovalar Kuaterner alüvyonlarla birlikte Neojen materyallerle örtülmüştür (Gülersoy, 2008). Savaştepe-Sarıbeyler ovaları, çevresindeki yüksek alanlardan akarsularca getirilen Bakırçay Ovası'nın doğu kesiminde yer alan Kırkağaç Ovası Soma Boğazı'ndan itibaren doğuya doğru genişleyerek, kabaca kuzey-güney yönünde uzanmaktadır. Yüksek dağlık ve tepelik sahalardan çevrili olan Kırkağaç Ovası, güneyde Harta Boğazı ile Akhisar Ovası'ndan, doğuda ise Gelenbe Boğazı ile Gelenbe Ovası'ndan ayrılmaktadır. Alüvyal ve kolüvyal çökeller ile doldurulmuş olan saha, araştırma



sahasındaki verimli tarım alanlarından birini oluşturmaktadır. Kırkağaç Ovası'nın devamı niteliğindeki Gelenbe Ovası, yine kabaca kuzey-güney doğrultulu ancak Kırkağaç Ovası ile arasında hafif yükselti farkına sahip karakterdedir. Ova bu özelliğinin bir sonucu olarak, Kırkağaç Ovası'ndaki gerçekleştirilen arazi kullanım faaliyetlerinden farklı özellikleri taşımaktadır.

Bakırçay Havzası tabanının en geniş kesimini Soma-Kınık-Bergama arasında kalan saha teşkil etmektedir. Kırkağaç Ovası'nın kuzeybatısında yer alan Soma Boğazı'ndan itibaren başlayan söz konusu saha, batıda Bergama Boğazı'na kadar devam etmektedir. Yaklaşık 10 km uzunluğunda olan Soma Depresyonu, batısındaki Kınık-Bergama ovaları (Turgutalp Boğazı) ile doğusundaki Kırkağaç-Gelenbe ovaları arasında (Taşlıboğaz) bir geçiş sahasıdır. Bakırçay'ın orta çığırında yer alan bu saha, güneyinden ve kuzeyinden kademeli şekilde artan yüksek alanlarla çevrilmiştir. Neotektonik faaliyetler sonucunda akarsu aşındırmasının hızlanmasına bağlı olarak alüvyal malzemeye dolan havza tabanının bu kesimi, tarımsal faaliyetlerin en yoğun şekilde gerçekleştirildiği sahadır.

Bakırçay Ovası'nın aşağı kesimini Bayat ve Çandarlı ovaları oluşturmaktadır. Bu saha, Bergama civarında bir boğazla başlar ve Çandarlı Körfezi'ne kadar uzanır. Karadağ kütlesi ve çevresindeki morfolojik özelliklere bağlı olarak, batı kesimleri doğusuna göre daha yüksek olan bu ovalar, genel anlamda kıyı kaide seviyesi ovaları karakterini taşımaktadır (Gülersoy, 2008).

Bakırçay aşağı Havzası'nda, Zeytinadağ kütlesi ile Karadağ kütlesi arasında bulunan Köprübaşı Boğazı, Bayat Ovasıyla Bakırçay Deltası sınırını oluşturmaktadır. Delta çevresinde sürekli akarsularla birlikte, yüksekliğin fazla olmaması ve akaçlama havzalarının küçük olması nedeniyle, büyük malzeme taşıma ve biriktirmesini sağlayan geçici akarsular da oluşmamıştır (Pınar, 1985). Bakırçay'ın Çandarlı Körfezinde denize ulaştığı kısımda oluşan delta sahasında yaklaşık 5 metreden yüksek yüksekliğe sahip kuzey kesimi, tarımsal faaliyetler için kullanılırken, güneyde kalan yaklaşık 0-5 metre arası yüksekliğindeki alçak saha ise tuzlu alüvyal alanlardan meydana gelmektedir.

#### **4.1.2. İklim Özellikleri**

Araştırma sahasındaki iklim elemanlarının aylık, mevsimlik ve yıllık değişimlerinin, uzun yıllar ortalamaları ile bunların yıl içindeki genel rejimleri, çalışma alanının klimatolojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla incelenmiştir. Bu amaçla Dikili, Bergama ve Soma meteoroloji istasyonlarına ait 1998-2013 dönem verileri kullanılarak, Bakırçay Havzası'nın iklim özellikleri ortaya konulmuştur.

##### **4.1.2.1. Genel Sirkülasyon ve Cephe Sistemleri**

Bir yerin iklim özelliklerini oluşturan sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış gibi iklim elemanlarının yıl içindeki değişmelerini genetik-dinamik faktörler düzenler ve yönetir (Koçman, 1993). Farklı karakterdeki hava kütlelerinin bir geçiş sahası içinde yer alan araştırma sahası, yaz ve kış dönemlerinde farklı hava kütlelerinin etki alanlarına girmektedir. Araştırma sahasının bulunduğu Türkiye'nin batı kıyıları, kış dönemi Akdeniz ve Polar Cephelerine bağlı gezici alçak basınçların, yaz dönemi ise Azor Yüksek Basıncı ile Basra Alçak Basıncı arasında etkili olan güçlü hava hareketlerinin etkisi altındadır (Koçman, 1992). Sahanın iklim özelliklerini; yazın tamamen tropikal hava kütlesi, kışın tropikal ve polar hava kütleleri belirler. Planeter faktörlerin araştırma sahasındaki etkileri ve mevsimlere göre durumu şu şekildedir:

Yaz döneminde 60° N enlemi civarına çekilen polar cephe, yerini 40° N enlemlerine kadar genişleyen tropikal hava kütesine (Azor antisiklonu) bırakmakta; Basra siklonu ise sahasını genişletmektedir. Bu durumda Türkiye kontinental tropikal hava kütlesi etkisi altında kaldığından, çalışma alanında da frontal faaliyetler oluşmamaktadır. Cephe faaliyetlerinin oluşmasına uygun koşullar olmadığından çalışma alanında Ekim ayı sonlarına kadar yağışsız ve sıcak hava şartları hâkim olmaktadır. Bu dönemde Basra siklon sahasının genişlemesine bağlı olarak, kuzeybatıda bulunan antisiklon bölgesinden Batı Anadolu'ya doğru bir hava akımı (etezyen) meydana gelmektedir. Bu şekilde araştırma sahasına ulaşan tropikal (mT) hava kütlesi, yaklaşık olarak Haziran ayından itibaren kuzey-kuzeybatı sektörlerinde etkili olmaktadır. Yaz mevsiminde kuzey-kuzeybatı yönünde etkili olan bu rüzgârlar, güneyde ısınarak nispi nemliliğin azalmasına neden olmakta ve dolayısıyla yaz yağışlarının oluşmasına imkân tanımamaktadır.

Sonbahar geçiş mevsiminde ise araştırma sahası üzerinde nöbetleşerek egemen olan basınç şartlarına göre genellikle açık-sıcak ve sakin hava dönemleri ile aralanan, kuzey sektörlü serin-soğuk, bazen yağışlı rüzgârların estiği görülür (Koçman, 1989). Diğer bir ifadeyle bu geçiş dönemde yaz mevsimindeki kuzey rüzgârları ile daha çok soğuk mevsimde rastlanan ılık batı rüzgârları esmeye başlar. Fakat bu durum hızla değişerek aralık ayında batı rüzgârlarının etkinliği ile kış şartları egemen olur.

Araştırma sahası kış döneminde coğrafi konumunun bir sonucu olarak Atlas Okyanusu'nun kuzeybatısından kaynaklanan denizel polar (mP), zaman zaman Orta ve Doğu Avrupa üzerinden gelen kontinental polar (cP) hava kütleleri ile güneyden sokulan Kuzey Afrika kökenli tropikal hava kütlelerinin karşılaşma sahası içerisine kalmaktadır. Bu dönemde polar ve tropikal hava kütleleri Akdeniz üzerinde karşılaşmakta ve polar cephe oluşmaktadır. Kış mevsiminde frontal faaliyetlerin artmasına bağlı olarak yağışlar oluşmaktadır. Polar cephe boyunca dönerek hareket eden siklon ve antisiklonlar nedeniyle, sıcaklık ve yağış şartları da gün içerisinde sık sık değişmektedir. Güneyden sokulan tropikal hava kütlelerinin etkisi ile hava ısınmakta; ancak birkaç gün hatta saatler içinde kuzey, kuzeybatıdan polar hava kütlelerinin etkisi altına giren sahada hava aniden soğumaktadır (Koçman, 1993).

#### **4.1.2.2. Orografik Özellikler ve Kontinentalite**

Herhangi bir yerde, iklim özelliklerinin belirlenmesinde fiziki coğrafya faktörlerinin de önemli etkileri vardır. Bunlar karasallık, yükselti ve relief özellikleri gibi daha çok “planeter faktörleri” yerel değişikliğe uğratan, termik ve dinamik değişmelere neden olan faktörlerdir (Koçman, 1984). Araştırma sahasının kıyıya yakın kesimlerinde Ege Denizi'nin ılıtıcı etkisi söz konusudur. Bölgedeki reliefin uzanış doğrultusu (doğu-batı), deniz etkisinin iç kısımlara, kışın iç kesimlerde soğuyup ağırlaşan havanın Bakırçay Havzası'na sokulmasını kolaylaştırmıştır. Ancak yükseltisi 1000 metreleri aşan dağ kütleleri ile bir graben karakteri taşıyan, havza tabanındaki ovalar arasında yükseltiye bağlı olarak sıcaklık farklılıkları görülmektedir. Buna göre Bakırçay Havzası için topografya koşulları göz önüne alındığında; deniz seviyesinden çok yüksek olmayan, ancak kıyından iç kesimlere doğru gidildikçe yaz ve kış sıcaklık farklarının görülebileceği özellikte bir havza tanımlaması yapılabilir. Ayrıca havzada relief özelliklerine bağlı olarak kış mevsiminde batı-güneybatıdan sokulan nemli hava kütleleri, Yunt Dağı kütlelerini yağmur gölgesinde bırakarak, Madra

kütlesinin güney ve güneybatı yamaçlarına yağış bırakabilmektedir (Gülersoy, 2008; Eroğlu ve Bozyiğit, 2012).

Bakı, yükselti koşulları ve orografik özelliklere bağlı olarak, doğu-batı yönünde uzanan Bakırçay grabeninin iç kesimlerine ve Madra Dağı, Yunt Dağı ve Köseadağ kütlelerinin yüksek kesimlerine doğru karasallık etkisi artmaktadır. Yükselti ve eğim farklarının nispeten fazla olduğu Bakırçay Havzası kuzey ve güney kesimleri arasında da yağış ve termik şartlar yönünden önemli farklar bulunmaktadır. Dağların güneye bakan yamaçları ve kenar ovaları güneş ışınlarını daha dik açı ile uzun süre aldıklarından bu bölgelerde ısınma daha fazladır. Tüm bu açıklamalarla birlikte Bakırçay Havzası ve çevresi ılıman iklim koşullarına sahiptir ve bunda batıda bulunan Ege Denizi'nin rolü büyüktür. Gerçekten, Erinç (1951) ve Sezer (1990) tarafından hazırlanan, Türkiye'de kontinentalite derecelerinin coğrafi dağılışı haritaları incelendiğinde, araştırma sahasının düşük değerlere sahip olduğu ve sahanın denizel iklim sınıfı ya da ılıman iklim sınıfı içerisinde yer aldığı görülmektedir (Erinç, 1951; Sezer, 1990). Öyle ki araştırma sahasındaki istasyonlar için tespit edilen karasallık dereceleri, bu sonucu doğrular özelliindedir (Çizelge 7).

Çizelge 7. İstasyonlara Ait Karasallık Dereceleri.

İstasyon Adı	Condrad Formülüne Göre	Sezer Formülüne Göre
Dikili	%29,8	%9,04
Bergama	%33,6	%11,2
Soma	%34,3	%11,6

#### 4.1.2.3. İklim Unsurlarının İncelenmesi

##### 4.1.2.3.1. Sıcaklık

Araştırma sahasında incelenen üç meteoroloji istasyonunun verilerine göre: yıllık ortalama sıcaklık değerleri 15,6°C (Soma), 16,9 °C (Bergama), 17,0 °C (Dikili)'dir (Çizelge 8). Ortalama sıcaklık değerleri kıyıda iç kesimlere ve yüksek alanlara doğru gidildikçe azalmaktadır. Gerçekten de Soma (222 m.), Bergama (53 m.), Dikili (3 m.) istasyonlarındaki yükselti farklılıkları, ortalama sıcaklık değerlerine yansımaktadır. Burada vurgulanması gereken önemli bir diğer nokta ise ortalama yükseltisi 614 m. olan Bakırçay Havzası'nda sıcaklık gözlemleri yapılmayan yüksek kütlelerin olmasıdır. Şüphesiz söz konusu alanlar ile istasyonlardan elde edilen

değerler arasında, yükselti faktörüne bağlı olarak sıcaklık değerlerinin önemli değişiklikler göstermesi doğaldır. Ayrıca amplitüd değerleri de yıllık ortalama sıcaklığın durumu hakkında fikir verebilir. Yıllık amplitüd değerlerinin fazla yüksek olmaması, denizelliğin etkin olduğunu ve sıcaklığın kış mevsiminde fazla düşmediğini göstermektedir (Çizelge 8).

Çizelge 8. İstasyonlara Ait Aylık ve Yıllık Ortalama Sıcaklık, Amplitüd Değerleri.

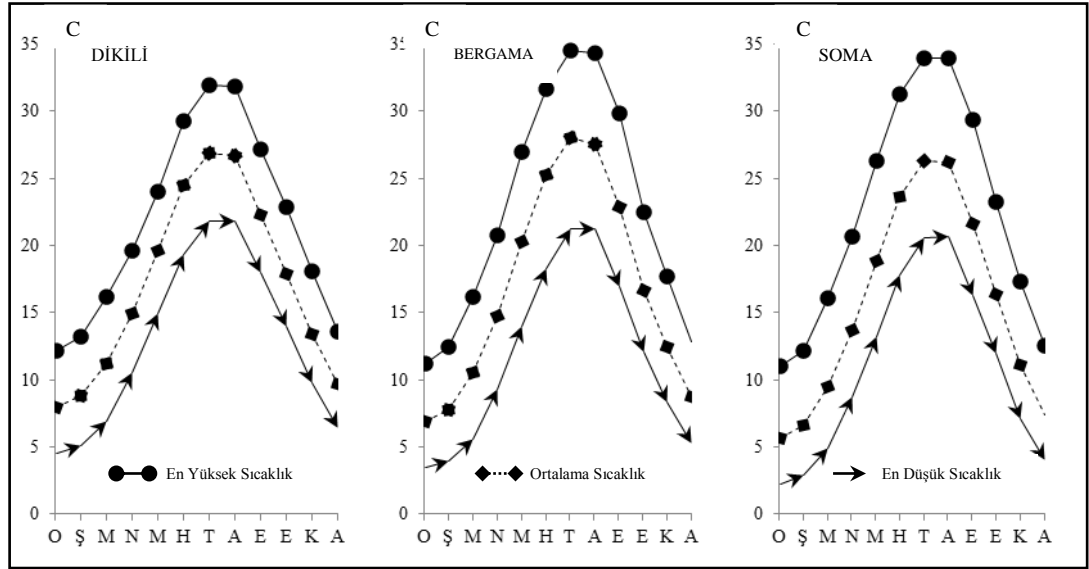
İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık (°C)	Amplitüd (°C)
Dikili	8,0	8,8	11,2	14,9	19,6	24,5	26,9	26,6	22,3	17,9	13,4	9,7	17,0	8,87
Bergama	7,0	7,8	10,5	14,8	20,3	25,2	28,1	27,5	22,9	16,6	12,4	8,7	16,9	11,02
Soma	5,7	6,6	9,5	13,7	18,8	23,7	26,3	26,2	21,6	16,4	11,1	7,4	15,6	11,4

Bakırçay Havzası'nda en düşük aylık ortalama sıcaklıklar, Ocak ayında Soma 2,3° C; Bergama 3,5°C ve Dikili 4,5°C; en yüksek aylık ortalama sıcaklıklar ise Temmuz ayında Soma 34,0°C, Bergama 34,6°C, Dikili 32°C yaşanır (Şekil 14). Bu noktada dikkati çeken özellik; kıyıdan içeri gidildikçe karasallığa bağlı olarak kışları soğumanın, yazları da ısınmanın artmasıdır. Ortalama en düşük sıcaklıklarda bir diğer vurgulanması gereken nokta ise en düşük sıcaklık ortalamalarında kış aylarında sıcaklığın sıfır derecenin altına düşmemesidir. Her üç istasyonun da en düşük ortalama kış sıcaklıkları 5°C civarındadır (Çizelge 9). Bahar aylarından itibaren artış göstermeye başlayan en düşük ortalama sıcaklık değerleri, Temmuz ve Ağustos aylarına gelindiğinde 20°C'yi bulmaktadır. Batı Anadolu'da bu durumun yıl içindeki söz konusu değişimi cephe hareketleri ve güneşlenme şiddeti ile açıklanmaktadır (Koçman, 1984).

Ortalama ekstrem değerlerin mevsimsel farklılıkları incelendiğinde kış mevsiminde ortalamaya göre farkları çok fazla değilken, ilkbahar mevsimiyle birlikte ekstrem değerlerin, ortalama değerlerden olan farklarının arttığı görülmektedir. Ortalamadan farkı en fazla yaz aylarındadır ve kış mevsimine geçiş ile birlikte yine farkların azalmaya başladığı görülmektedir. Ancak tüm mevsimlerin ortalamadan farkları 6-7°C'yi geçmemektedir. Özellikle kış mevsiminde ortalamadan farkın fazla olmaması Bakırçay Havzası'nda denizelliğin etkili olduğunu gösteren bir özelliktir.

Çizelge 9. İstasyonlara Ait Mevsimlik En Yüksek, En Düşük, Ortalama Sıcaklık Değerleri.

İstasyon Adı	Ortalama (°C)				En Yüksek (°C)				En Düşük (°C)			
	K	İ	Y	S	K	İ	Y	S	K	İ	Y	S
Dikili	8,8	15,3	26,0	17,8	13,0	19,9	31,0	22,7	5,4	10,8	21,0	14,0
Bergama	7,8	15,2	26,9	17,7	12,1	21,3	33,5	23,9	4,2	9,6	20,3	12,8
Soma	6,6	14,0	25,4	16,3	11,9	21,0	33,1	23,3	3,2	8,9	19,6	11,7



Şekil 14. İstasyonlara Ait En Yüksek, En Düşük ve Ortalama Sıcaklık Değerleri.

#### 4.1.2.3.2. Atmosfer Basıncı ve Rüzgârlar

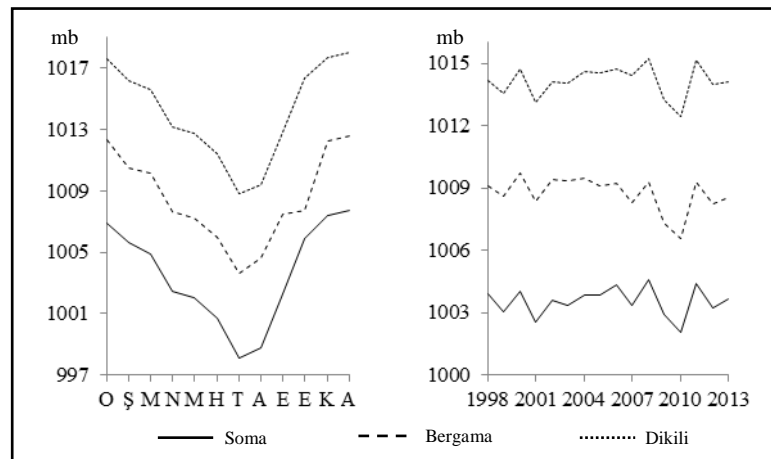
##### 4.1.2.3.2.1. Basıncın Yıl İçindeki Durumu

Atmosfer basıncının yıl içerisindeki değişimi, genel hava sirkülasyonuna bağlı olarak meydana gelmektedir. Havzada ortalama basınç değerleri Soma'da 1003,5 mb, Bergama'da 1008,7 mb, Dikili'de 1014,1 mb'dır (Çizelge 10). Basınç değerleri incelendiğinde vurgulanması gereken noktalardan ilki yıllık ortalama basınç dağılışının tüm istasyonlarda benzer seyir göstermesidir. İncelenen üç gözlem istasyonu verilerinden elde edilen basınç eğrilerinin, birbirleri ile kıyaslandığında benzer dönemlerde düzenli bir alçalma ve yükselme eğilimi gösterdiği görülmektedir (Şekil 15).

Eylül ayı itibariyle başlayan basınç değerlerindeki hızlı artış, Aralık ayında maksimum değerlere ulaşmakta ve bu aydan sonra tekrar bir azalma eğilimi göstermektedir. Tüm istasyonlar için ortak olan bir diğer durum ise ortalamaya yakın değerlerin bahar aylarında görüldüğü, en yüksek ve en alçak seviyelerin kış ve yaz aylarında görüldüğüdür (Çizelge 10). Bu durum Bakırçay Havzası'nın ve çevresinin etkisi altında kaldığı basınç koşullarının bir sonucudur. Genel olarak, Ekim ayından itibaren Orta ve Doğu Avrupa üzerinde yerleşen termik yüksek basınç merkezi, Balkanlar üzerinden Batı Anadolu'yu etkisi altında almaktadır. Ayrıca yine bu dönemde etki alanını daraltan Azor yüksek basınç alanı, Akdeniz üzerinden Batı Anadolu'yu etkilemektedir (Koçman, 1984). Sonuç itibariyle söz konusu bu basınç merkezlerinin hareketlerine bağlı olarak meydana gelen, Akdeniz tali cephesinin mevsimlik hareketleri araştırma sahasındaki basınç koşullarını düzenlemektedir.

Çizelge 10. İstasyonlara Ait Ortalama Basınç Değerleri.

İst.A dı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Y (mb)
Dik.	1017,6	1016,2	1015,6	1013,1	1012,7	1011,4	1008,8	1009,4	1012,8	1016,3	1017,7	1018,0	1014,1
Ber.	1012,3	1010,5	1010,2	1007,6	1007,2	1006,0	1003,6	1004,6	1007,4	1007,7	1012,3	1012,6	1008,7
Som.	1006,9	1005,6	1004,8	1002,4	1002,0	1000,7	998,1	998,7	1002,2	1005,9	1007,4	1007,7	1003,5



Şekil 15. İstasyonlara Ait Aylık ve Yıllık Ortalama Basınç Değerleri

Araştırma sahasında genel olarak Eylül ayı itibariyle başlayan basınç değerlerindeki yükseliş, ilkbahar aylarıyla birlikte azalmaya başlamaktadır. Kış mevsiminde Orta ve Doğu Avrupa üzerine yerleşen ve Batı Anadolu'yu da etkisi altına alan yüksek basınç merkezinin, yaz mevsimi ile kuzeye çekilmesi; güneyden Basra alçak basınç merkezinin alanını kuzeye doğru genişletmektedir. Bununla birlikte güneyde alanını genişleten cT hava kütesinin, Batı Anadolu'yu etkilemesine bağlı olarak basınç değerlerinde azalma meydana gelmektedir.

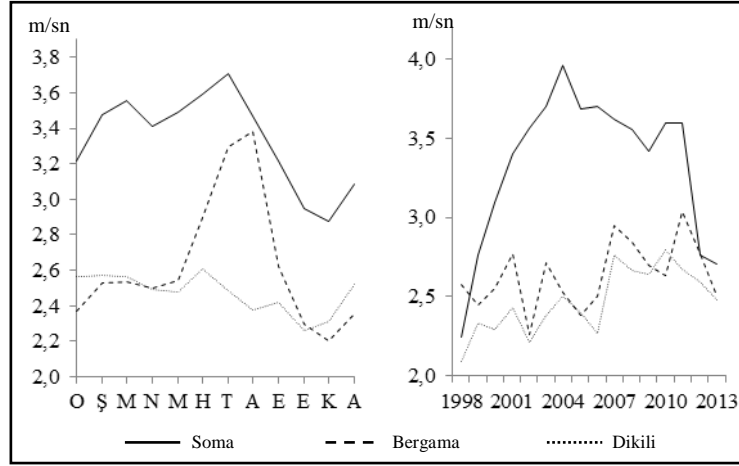
#### **4.1.2.3.2.2. Rüzgârlar**

Rüzgâr rejimi ile yere yakın atmosferik koşullar ve bu şartların yıl içerisindeki değişimi arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Bununla birlikte sahanın topografik özellikleri, kara ve deniz ilişkisi gibi faktörler de bu süreçte rol oynamaktadır. Araştırma sahasında ortalama rüzgâr hızları Dikili'de 2,47 m/sn, Bergama'da 2,63 m/sn ve Soma'da 3,34 m/sn şeklindedir. Bu değerlere bakılarak Bakırçay Havzası'nda ortalama rüzgâr hızının yüksek olduğu söylenebilir. Rüzgâr hızının yıl içindeki durumuna bakıldığında; Ekim-Haziran döneminde değerlerin, ortalamanın altına indiği ve Temmuz-Ağustos döneminde maksimum değerlere eriştiği görülür (Şekil 16).

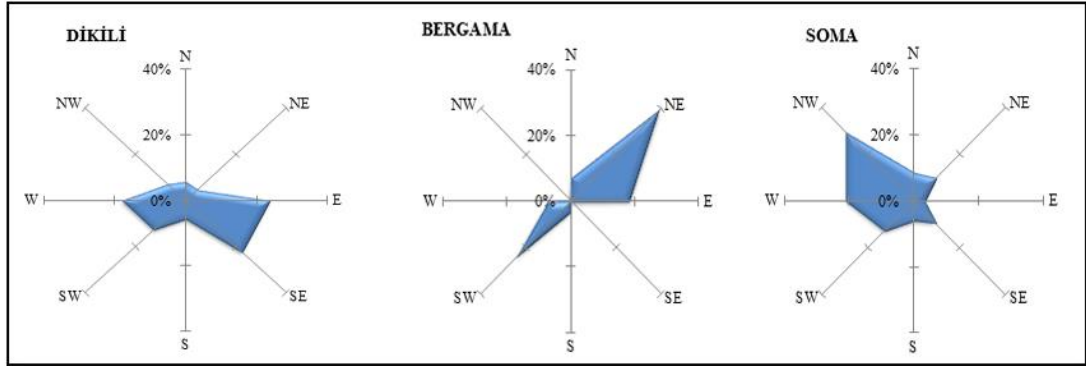
Bu durum araştırma sahasında etkili olan basınç merkezlerinin yıl içerisindeki hareketleriyle ilgilidir. Gerçekten, genel olarak Azor yüksek basıncı ve Sibirya yüksek basıncının etkili oldukları kış döneminde, basınç koşullarındaki kararlılık rüzgâr hızlarına da yansımaktadır. Ayrıca bu dönemde etkili olan Akdeniz gezici alçak basıncına bağlı olarak, zaman zaman kuvvetli rüzgârlar meydana gelebilmektedir. Bununla birlikte yıl boyu etkisini sürdüren Azor yüksek basıncı ile etki alanını yazın genişleterek Batı Anadolu'da da etkili olan Basra alçak basıncı arasında meydana gelen hava hareketleri nedeniyle, sıcak dönemde rüzgâr hızlarında yükseliş meydana gelmektedir.

Araştırma sahasında etkili olan rüzgârların, yönlere göre esme sayıları incelendiğinde; hâkim sektörler alt havzayı yansıtan Dikili'de ilk sırada doğu sektörlü, ikinci sırada güneydoğu sektörlü rüzgârlar; Bergama'da birinci sırada kuzeydoğu sektörlü, ikinci sırada güneybatı sektörlü rüzgârlar; Soma'da ise ilk sırada kuzeybatı sektörlü ikinci sırada ise batı sektörlü rüzgârlardır (Şekil 17).



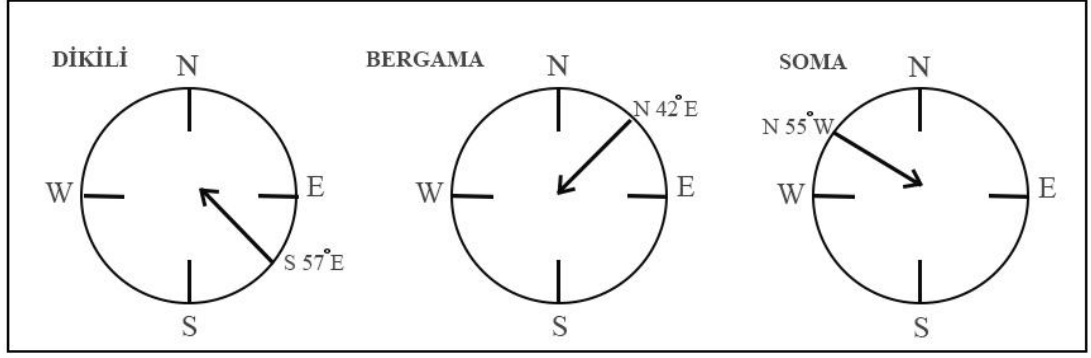


Şekil 16. İstasyonlara Ait Aylık Ve Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızları.



Şekil 17. İstasyonların Rüzgâr Esiş Sayılarına Göre Yıllık Frekans Gülleri.

Bakırçay Havzası'nda Rubinstein yöntemi sonuçlarına göre; yıllık hâkim rüzgâr yönü, Dikili'de % 48'lik frekans değeriyle güneydoğu ( $S 57^{\circ} E$ ), Bergama'da % 72'lik frekans değeriyle kuzeydoğu ( $N 42^{\circ} E$ ) ve Soma'da % 52'lik frekans değeriyle kuzeybatı ( $N 55^{\circ} W$ ) yönleridir (Şekil 18). Bu durum genel olarak yukarıda açıklandığı üzere bölgede etkili olan basınç merkezlerinin yıllık durumuyla ilgili olmakla birlikte, araştırma sahasının özel konumunun da etkisi bulunmaktadır. Gerçekten de havzada genel olarak kuzey sektörlü rüzgârların egemen olduğu görülmekte ve bu durum basınç merkezleri arasında meydana gelen hava hareketleri ile açıklanabilmektedir. Ancak Dikili'de hâkim yönün güney sektörlü olması, bu durum ile ilgili değildir. Araştırma sahasının alt havzasını karakterize eden Dikili, bulunduğu konum itibariyle doğu-batı doğrultulu graben sahasının kanalize ettiği rüzgârlara maruz kalmaktadır. Bu nedenle orta ve üst havzada hâkim sektör kuzey yönlü iken Dikili'de güney yönlüdür.



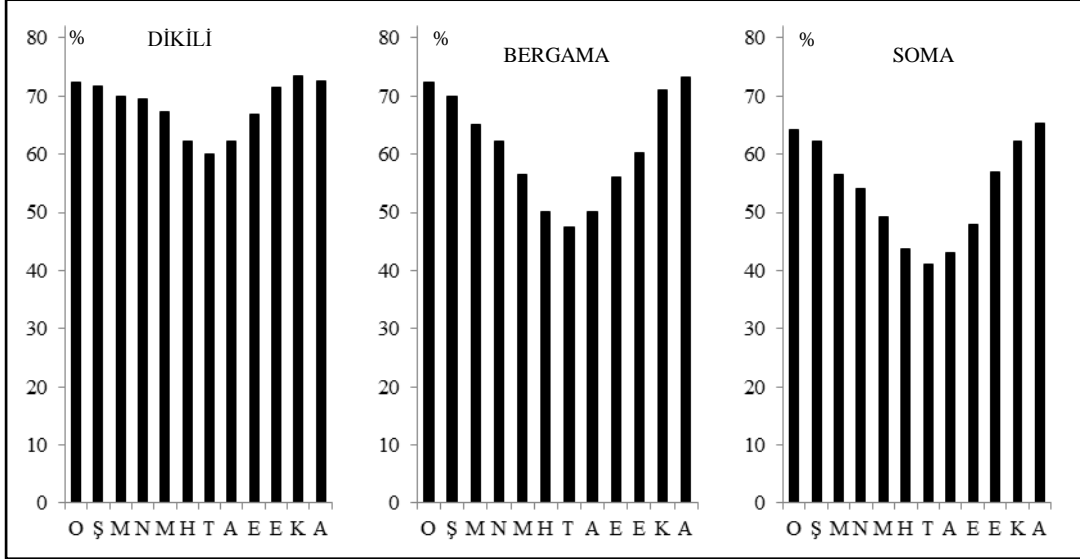
Şekil 18. İstasyonların Hâkim Rüzgâr Yönleri.

#### 4.1.2.3.3. Nemlilik ve Yağış

Artan sıcaklıklara paralel olarak havanın taşıyabileceği nem miktarı da artacağından, araştırma sahasındaki bağıl nem oranları ile termik rejim diyagramı arasında ters bir ilişki söz konusudur. Bu duruma bağlı olarak Bakırçay Havzası'nda ortalama düşük bağıl nem oranlarına yaz aylarında, ortalama yüksek bağıl nem oranlarına ise kış aylarında rastlanmaktadır (Şekil 19). Nemlilik koşullarının yıl içerisindeki dağılışında meydana gelen bu durum Bakırçay Havzası ve çevresini yıl boyunca etkisi altına alan farklı hava kütlelerinin, bağıl nem miktarlarını da etkilediğinin bir göstergesidir. Geçiş dönemi başlangıcı Mart ayı itibariyle azalma eğilimi gösteren bağıl nem oranı, araştırma sahasında en düşük seviyelere Temmuz ayı itibariyle ulaşmaktadır. Öyle ki bağıl nem oranı Temmuz ayında Dikili'de % 60,1, Bergama'da %47,5, Soma'da % 41,1 şeklindedir. Temmuz ayı sonrasında yükselmeye başlayan bağıl nem oranı en yüksek seviyesine ise Kasım-Aralık ayında ulaşmaktadır. Bu dönemde bağıl nem oranı ise Dikili'de % 73,5, Bergama'da % 73,3, Soma'da ise % 65,4 şeklindedir.

Batı Anadolu ve dolayısıyla çalışma alanını kapsayan bölgedeki yağışlar, çoğunlukla Akdeniz Tali Cephesi'nden kaynaklanmaktadır. Kuzeybatıdan sokulan polar hava kütlesi ile Azor yüksek basınç merkezinin tropikal hava kütlesi Akdeniz üzerinde karşılaşarak, polar cephenin bir bölümü olan Akdeniz tali cephesinin oluşmasına neden olmaktadır. Akdeniz tali cephesine bağlı olarak siklon – antisiklon gruplarının batıdan Ege Bölgesi'ne, dolayısıyla Bakırçay Havzası ve çevresine sokulması ile atmosferik faaliyetler artar (Koçman, 1984). Cephe bu özelliği ile araştırma sahasında, kış döneminde genellikle yağışlı-ılık ve bazen açık-soğuk hava şartları yaşanmasına neden olur. Havzada etkili olan cephe faaliyetleri, kış dönemi boyunca

etkisini sürdürmektedir. Mayıs ayı itibariyle Doğu Avrupa'nın ısınmaya başlaması ve Atlas Okyanusu yüksek basıncının kuzeye çekilmesi ile cephe gerilemeye başlamaktadır.



Şekil 19. İstasyonlara Ait Bağlı Nem Oranları.

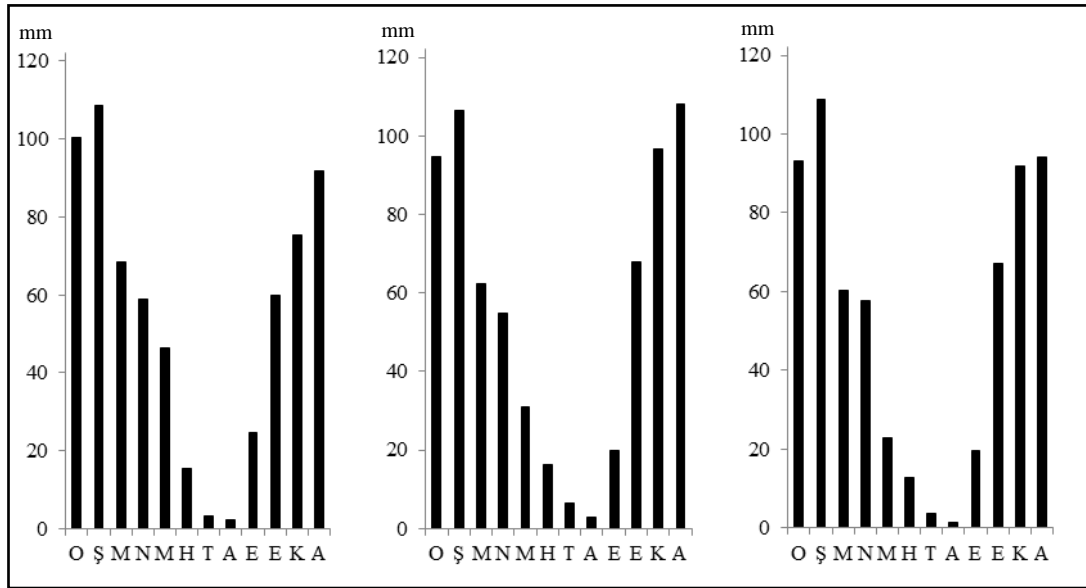
Bakırçay Havzası ve çevresi yağış miktarı bakımından Erinç (1965) tarafından gerçekleştirilen sınıflandırmaya göre, *Yarı Nemli* sahalar sınıfında yer almaktadır (Çizelge 11). Havzanın farklı bölgelerini karakterize eden istasyonların yağış miktarlarında ve bunların yıl içerisindeki dağılımlarında bir paralellik bulunmaktadır. Bu nedenle uygulanan farklı nemlilik indislerinden elde edilen sonuçlar, havzanın bütününe kapsayacak şekilde genelleştirilerek sunulmasına imkân tanımaktadır. Gerçekten dikkate alınan gözlem istasyonları (Dikili'de 630 mm, Bergama'da 671 mm, Soma'da 655 mm), yıllık toplam yağış değerleri ve termik özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilen Erinç indisine göre aynı iklim sınıfında yer almaktadır. Yine benzer şekilde uygulanan Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre, gözlem istasyonlarının tamamı *Kurak-Yarı Nemli* sınıfında kategorize edilmiştir.

Araştırma sahasında yağışın en fazla ve en az olduğu aylar bütün istasyonlarda benzerdir. Bu durum Bakırçay Havzası'nda geçerli olan yağış rejimi tipini ortaya koyar. Buna göre havza genelinde yağışlar, Ekim ayı itibariyle artmaya başlar, en yüksek değerlere kış mevsiminde ulaşır. Haziran ayında yağışlarda azalma başlar ve Ağustos ayı en kurak aydır (Şekil 20).

Çizelge 11. İstasyonlara Ait Nemlilik İndisleri Değerleri.

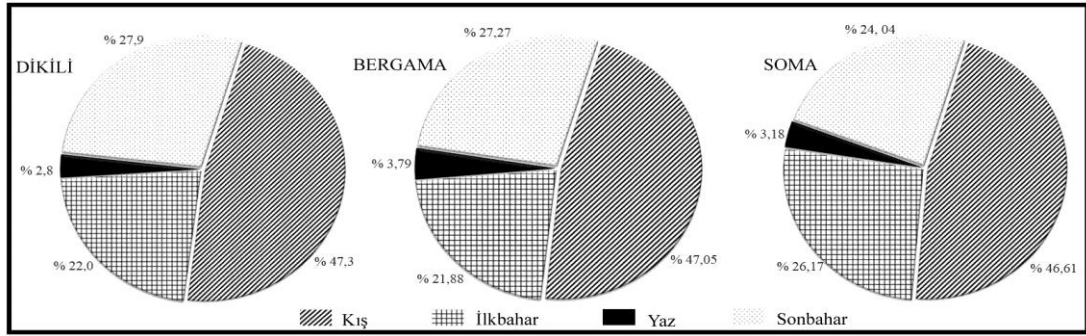
İstasyon Adı	Erinç Formülüne Göre	Thornthwaite Nemlilik İndisine Göre
<b>Dikili</b>	29,2 - Yarı Nemli	C1 – Kurak-Yarı Nemli
<b>Bergama</b>	29,5 - Yarı Nemli	C1 – Kurak-Yarı Nemli
<b>Soma</b>	29,3 - Yarı Nemli	C1 – Kurak-Yarı Nemli

İstasyonlar arasında yağış rejiminde gözlenen bu benzerlikle beraber, aylık ve mevsimlik yağış tutarlarında bazı ufak farklılıklar göze çarpmaktadır. Şöyle ki, kış mevsiminde farklı hava kütlelerinin etkisi altında olan araştırma sahası ve çevresi, bu hava kütlelerine bağlı olarak meydana gelen cephe faaliyetlerinden doğrudan etkilenmektedir. Bu durum nedeniyle Bakırçay Havzası'nda en yağışlı mevsim kış mevsimiyken, yaz aylarında cephe faaliyetlerinin azalmasına ve bölgede kararlı hava kütlelerinin hâkim olmasına bağlı olarak en kurak mevsim yaz mevsimidir (Şekil 21).



Şekil 20. İstasyonlara Ait Aylık Yağış Miktarları.

Ancak kış mevsiminde düşen yağışların oranı, kabaca Batıdan Doğuya doğrudur. Diğer bir ifadeyle kıyı kesimden havzanın iç kesimlerine doğru gidildikçe az da olsa bir fark bulunmaktadır. Bu durumun, benzer karakterdeki havzalarda relief şekillerinin yanı sıra, kış mevsiminde iç kesimlere sokulan çok az nem taşıyan doğu rüzgârlarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Koçman, 1984). Söz konusu durum,



Şekil 21. İstasyonlara Ait Yağış Miktarlarının Mevsimlere Göre Dağılışı.

Bakırçay Havzası'nda da kendini göstermekte ve kıyı kesimler ile iç kesimler arasında, kış mevsiminde yağış tutarları arasında %1-2'lik bir farklılığın olmasına neden olmaktadır. Kış mevsiminden sonra en fazla yağış alan ikinci mevsim ilkbahar mevsimidir. Yine kış mevsiminde görülen farklılık, bu mevsimde de kendini göstermektedir. Koçman (1984) Bozdağlar ve çevresinin iklim özelliklerini incelediği araştırmasında, bu durumu bahar mevsimi ile kıyı kesimlerden çekilen cephenin, iç kesimlerde biraz daha etkili olmasına ya da cephenin çekilmesinden sonra konveksiyonel hareketlere bağlı olarak yağışların meydana gelmesine bağlamıştır. Gerçekten de havzanın iç kesimlerinde kalan Soma, diğer istasyonlara göre bahar mevsiminde daha fazla yağış almaktadır.

Sonuç olarak, Bakırçay Havzası ve çevresinde hâkim olan yağış rejimi; yukarıda açıklandığı üzere kış aylarının en yağışlı, yaz aylarının ise oldukça kurak geçmesi, sonbahar aylarında başlayan yağışın en yüksek değerlerine kış aylarında ulaşması gibi özelliklere sahip olan Akdeniz yağış rejimi karakteri taşımaktadır. Erinç ve Koçman tarafından gerçekleştirilen, Türkiye'de yağış rejimi tiplerini ve hâkim alanlarını gösteren çalışmalarda, bu bölge tamamıyla Akdeniz tipi yağış rejimi olarak gösterilmiştir (Erinç,1965; Koçman,1992).

#### 4.1.2.3.4. Yağış Etkinliği

Yağış etkinliğinin bir sahanın iklim özelliklerinin anlaşılması bakımından önemlidir. Bu kapsamda araştırma sahasında incelenen istasyonlara ait ölçüm değerleri kullanılarak, Thornthwaite yağış etkinliği analizi uygulanmıştır. Genel olarak kurak mevsimin yaz, yağışlı mevsimin kış olduğu Akdeniz yağış rejimi tipinin görüldüğü Bakırçay Havzası; Thorntwaite nemlilik indisine göre  $C_1B'_2s_2b'_3$ , kurak ve az nemli,

ikincil dereceden mezotermal, kış mevsiminde kuvvetli su fazlası olan ve denizel şartlara yakın iklim özelliğindedir (Çizelge 12-13-14).

Thornthwaite yönteminde, yağış-evapotranspirasyon ve sıcaklık-evapotranspirasyon ilişkisine dayanarak, rezerv haldeki suyun yüz olduğu ayları nemli, sıfır olduğu ayları kurak olarak tanımlanmıştır. Buna göre üç istasyon için hazırlanan su bilançosu, Çizelgesu incelendiğinde, tüm istasyonlar için Aralık-Nisan ayı dönemi nemli dönem, diğer bir ifadeyle toprağın doymuş halde olduğu ve su fazlalığının olduğu dönemdir. Yine aynı şekilde tüm istasyonlar için Haziran-Eylül ayı dönemi ise kurak dönem olarak karşımıza çıkmaktadır. İlkbahar döneminde Mayıs, sonbaharda ise Ekim-Kasım ayları bu iki dönem arasında geçiş şartlarının görüldüğü aylardır.

Çizelge 12. Thornthwaite'e Göre Dikili'de Su Bilançosu.

Dikili	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Y
<b>Ort. Sic.</b>	8,0	8,8	11,2	14,9	19,6	24,5	26,9	26,6	22,3	17,9	13,4	9,7	16,99
<b>Sic. İndisi</b>	2,04	2,35	3,39	5,22	7,91	11,09	12,78	12,56	9,62	6,90	4,45	2,73	81,04
<b>Pot. Evapo.</b>	17	19	29	49	76	117	138	136	91	64	38	23	797,0
<b>Düz. PE</b>	14,5	16,0	29,9	54,4	93,5	145,1	173,9	160,5	94,6	61,4	31,9	18,9	894,5
<b>Yağış</b>	93,3	108,7	60,2	57,6	22,8	12,8	3,7	1,5	19,6	67,3	91,8	94,2	633,5
<b>Rez. su</b>	100,0	100	100	100	29,3	0	0	0	0	5,8	65,7	100,0	
<b>Rez.su değş.</b>	0,0	0	0	0	-70,7	-29,3	0	0	0	5,8	59,9	34,3	
<b>Grç. Evp.</b>	14,5	15,96	29,87	54,39	93,5	42,1	3,7	1,5	19,6	61,44	31,92	18,86	387,3
<b>Su Noksanı</b>	0,0	0	0	0	0	103,0	170,2	159,0	75,0	0,0	0	0,0	507,2
<b>Su Fazlası</b>	78,9	92,8	30,4	3,2	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,0	246,2
<b>Akış</b>	49,7	71,2	50,8	27,0	13,5	6,7	3,4	1,7	0,8	0,4	0,2	20,6	246,2
<b>Nem. Oranı</b>	5,5	5,8	1,0	0,1	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-0,8	0,1	1,9	4,0	

Çizelge 13. Thornthwaite'e Göre Bergama'da Su Bilançosu.

Bergama	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Y
Ort. Sic.	7,0	7,8	10,5	14,8	20,3	25,2	28,1	27,5	22,9	16,6	12,4	8,7	
Sic. İndisi	1,66	1,96	3,08	5,17	8,34	11,57	13,65	13,20	10,01	6,15	3,96	2,30	81,05
Pot. Evapo.	13	16	25	47	79	123	148	143	93	55	34	18	794,0
Düz. PE	11,1	13,4	25,8	52,2	97,2	152,5	186,5	168,7	96,7	52,8	28,6	14,8	900,2
Yağış	94,8	106,4	62,3	54,7	31,0	16,4	6,5	2,8	19,7	67,9	96,7	108,1	667,3
Rez. su	100,0	100	100	100	33,8	0	0	0	0	15,1	83,3	100	
Rez.su değiş.	0,0	0	0	0	-66,2	-33,8	0	0	0	15,1	68,2	16,7	
Grç. Evp.	11,1	13,44	25,75	52,17	97,2	50,2	6,5	2,8	19,7	52,8	28,56	14,76	374,9
Su Noksanı	0,0	0	0	0	0,0	102,4	180,0	165,9	77,0	0,0	0	0,0	525,3
Su Fazlası	83,8	93,0	36,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,6	292
Akış	61,0	77,0	56,8	29,7	14,8	7,4	3,7	1,9	0,9	0,5	0,2	38,3	292
Nem. Oranı	7,6	6,9	1,4	0,0	-0,7	-0,9	-1,0	-1,0	-0,8	0,3	2,4	6,3	

Çizelge 14. Thornthwaite'e Göre Soma'da Su Bilançosu.

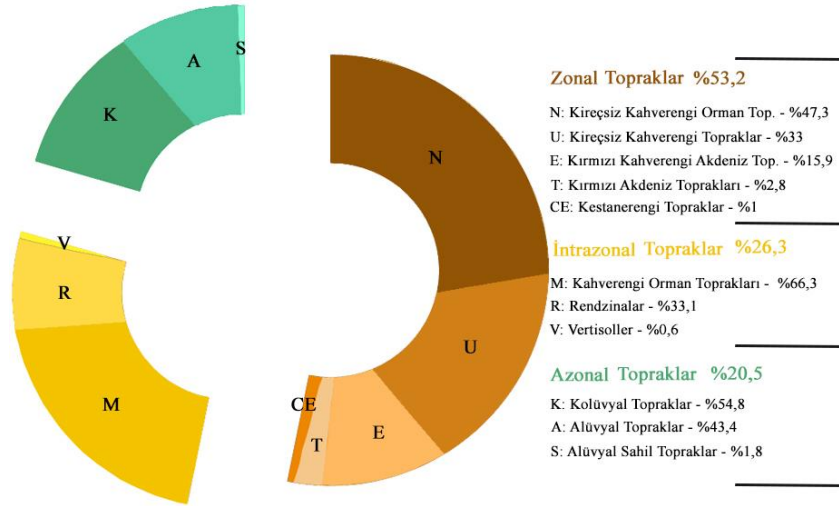
Soma	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Y
Ort. Sic.	5,7	6,6	9,5	13,7	18,8	23,7	26,3	26,2	21,6	16,4	11,1	7,4	
Sic. İndisi	1,22	1,52	2,64	4,60	7,43	10,55	12,35	12,28	9,17	6,04	3,34	1,81	72,95
Pot. Evapo.	12,0	14	25	44	79	99	132	131	89	58	33	18	734,0
Düz. PE	10,2	11,8	25,8	48,8	97,2	122,8	166,3	154,6	92,6	55,7	27,7	14,8	828,1
Yağış	100,4	108,5	68,6	58,8	46,4	15,4	3,3	2,4	24,5	59,8	75,3	91,9	655,3
Rez. su	100,0	100	100	100	49,2	0	0	0	0	4,1	51,7	100	
Rez.su değiş.	0,0	0	0	0	-50,8	-49,2	0	0	0	4,145	47,5	48,3	
Grç. Evp.	10,2	11,76	25,75	48,84	97,2	64,6	3,3	2,4	24,5	55,68	27,72	14,76	386,7
Su Noksanı	0,0	0	0	0	0,0	58,2	163,0	152,2	68,1	0,0	0	0,0	441,4
Su Fazlası	90,2	96,7	42,8	10,0	0,0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,8	269
Akış	52,3	74,5	58,7	34,3	17,2	8,6	4,3	2,2	1,2	0,6	0,3	14,4	269
Nem. Oranı	8,8	8,2	1,7	0,2	-0,5	-0,9	-1,0	-1,0	-0,7	0,1	1,7	5,2	

#### 4.1.3. Toprak Özellikleri

İnsanlar dünya üzerinde var oldukları andan itibaren toprak ile yakından ilgilenmişler ve yaşamsal faaliyetlerini doğrudan ya da dolaylı yollardan topraktan elde etmişlerdir. Bir ekosistem bileşeni olarak pedosferin özellikleri, başta canlı yaşamı olmak üzere; tarımsal faaliyetler, ağaçlandırma, turizm faaliyetleri ve arazi kullanım özellikleri bakımından önemlidir. Bu nedenle planlama çalışmalarına temel oluşturan sürdürülebilir kaynak kullanımı ve sürdürülebilir kalkınma amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda, toprak özellikleri önemli yere sahiptir. Bu bağlamda araştırma sahasındaki topraklar incelenmiş ve Eski Amerikan Toprak Sınıflama Sistemine göre

belirlenen büyük toprak grupları çerçevesinde sınıflandırılmış ve değerlendirilmiştir (Şekil 23).

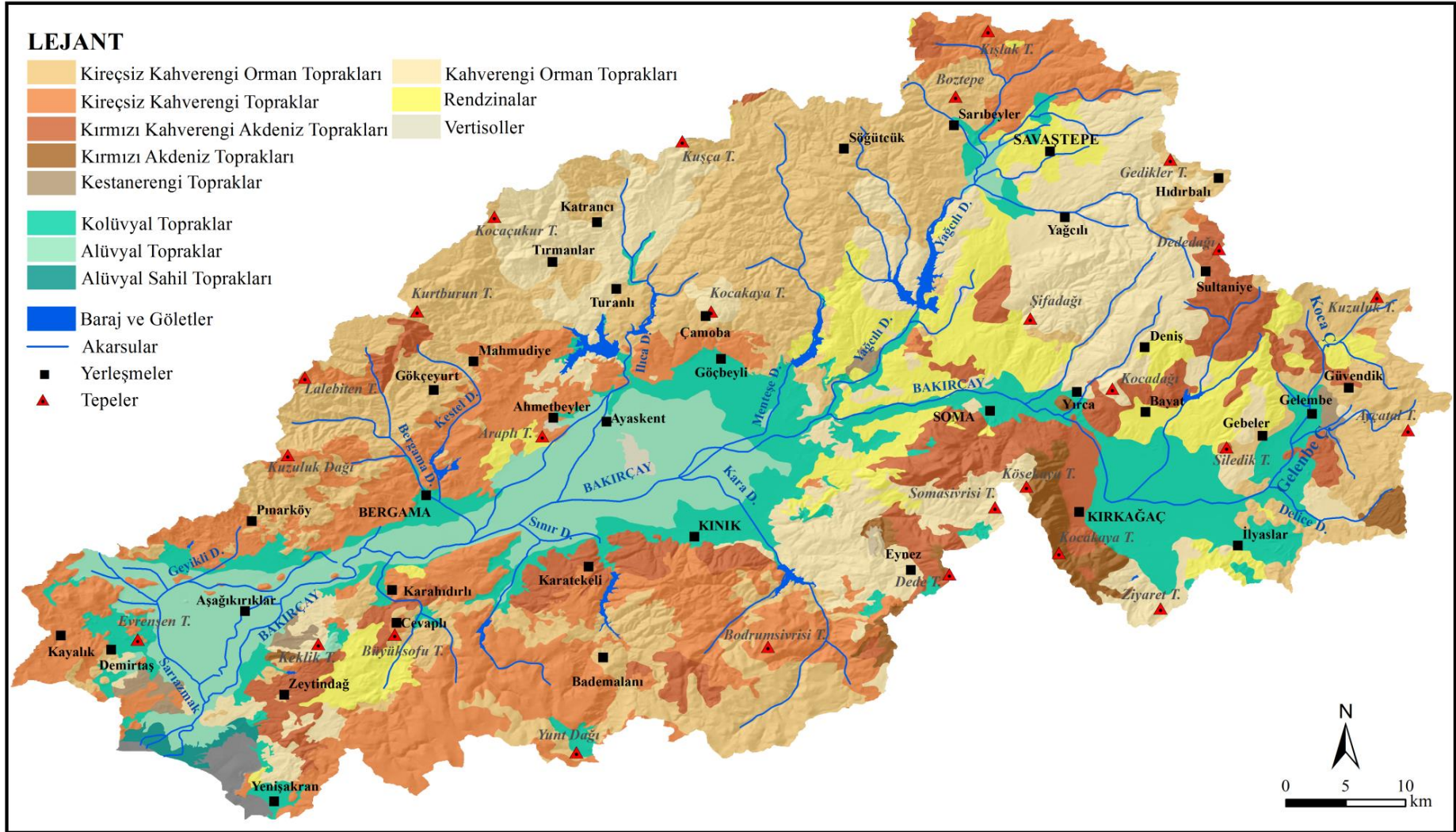
Toprak ordoları ölçeğinde ele alındığında, araştırma sahasında hâkim topraklar, araştırma sahasının yaklaşık %53'ünü kaplayan zonal topraklardır (Şekil 22). İyi gelişmiş profil özelliğine sahip bu gruba ait toprakların oluşumunda, iklim ve vejetasyon hakim faktörlerdir (Atalay, 2006). Klimatik topraklar olarak da isimlendirilen zonal topraklar, havzada Akdeniz vejetasyonu altında gelişmiştir. Araştırma sahasında bulunan zonal topraklar, kestane rengi topraklar, kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları, kireçsiz kahverengi orman topraklar ve kireçsiz kahverengi topraklardır.



Şekil 22. Bakırçay Havzası'nda Yer Alan Toprak Grupları ve Miktarları

Zonal topraklardan kireçsiz kahverengi orman toprakları, araştırma sahasındaki en yaygın toprak tipidir. Tüm toprakların yaklaşık % 25'i ve zonal toprakların yaklaşık %47'si kireçsiz kahverengi topraklardan oluşmaktadır. Bu topraklar, karbonatların yıkanarak uzaklaştığı ve asit reaksiyonlu ( $pH < 7$ ) topraklardır (Atalay, 2006). Bakırçay havzasını kuzeyde ve güneyde çepeçevre saran yüksek dağlık kütleler üzerinde, Gelenbe doğusundaki engebeli araziler üzerinde ve kısmen Savaştepe kuzeyindeki yüksek sahalarda geniş yayılım göstermektedir. Bu topraklar engebenin en fazla olduğu sahalarda yayılım gösterdiğinden, toprak derinliği fazla değildir (40-70 cm) (DSI, 1976). Kireçsiz kahverengi orman topraklarının doğal vejetasyonu,





genel olarak yaprağını döken orman ağaçlarıdır. Bununla birlikte havzada; çam, meşe ve zeytin ağaçları bu toprakları erozyona karşı korumaktadır (Sertkaya Doğan, 2005).

Zonal topraklar içerisinde araştırma sahasında en yaygın ikinci toprak türü kireçsiz kahverengi topraklardır. Bu topraklar, havzadaki tüm toprakların yaklaşık %18'ini ve zonal toprakların %33'ünü oluşturmaktadır. Orman ve çayır sahaları arasında geçiş toprağı olarak bilinen bu toprakların, havzadaki doğal vejetasyonu ot ve ot-çalı karışığıdır (Anonim, 2001). Kireçsiz kahverengi topraklar, yaygın olarak havzanın kuzeyinde Bergama çevresinde, doğusunda, Savaştepe kuzeyinde, güneyinde Kınık çevresi ve Yunt Dağı kütlesi üzerinde geniş alanlarda ve batısında Karadağ kütlesi üzerinde yayılış göstermektedir. Bu toprakların yayılış özelliklerinde göze çarpan temel özellik, çevresindeki geniş alçak alanlara göre yüksekliğin nispeten artmaya başladığı sahalarda görülmesidir. Genel olarak sığ diyebileceğimiz bu topraklar, eğimli arazileri kapladıklarından erozyona çok yatkındır. Ayrıca kumlu-çakıllı yapılarından dolayı, sürülerek yapılan tarımsal faaliyetler için çok uygun değildir (Anonim, 2001).

Kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları, esas olarak kırmızı Akdeniz ve kahverengi Akdeniz topraklarının karışık halidir (Anonim, 2001). Araştırma sahasındaki toprakların yaklaşık % 9'unu ve zonal toprakların %16'sını bu topraklar oluşturmaktadır. Doğal vejetasyonun ot, makiler ve çeşitli orman ağaçlarının oluşturduğu bu topraklar, araştırma sahasında, Zeytindağ güneyinde, Zeytindağ – Kınık arasında, Soma güneyinde ve Soma Boğazı – Kırkağaç arasında, Gelenbe güneyinde ve Dededağ (919 m) civarında geniş yayılış alanına sahiptir.

Ayrıca bu topraklar, Şifa Dağı (875) güneyinde, Savaştepe kuzeybatısında ve Madra Dağı üzerinde, Mahmudiye yerleşmesi çevresinde lokal olarak yer almaktadır. Bu sahalarda, tahribattan sonra doğal vejetasyonun kendini hızla yenileyebildiği başlıca ortamlar (Atalay, 2006) olsa da araştırma sahasında doğal bitki örtüsünün tahrip edildikten sonra genellikle mera olarak kullanıldığı görülmektedir (Gülersoy, 2008).

Zonal topraklardan kırmızımsı Akdeniz toprakları (Terra-rossa), araştırma sahasının yaklaşık % 2'sini; zonal toprakların ise yaklaşık %4'ünü oluşturmaktadır. Bu topraklar genellikle humus bakımından fakir ve toprağa kırmızı rengi veren demir

seskioksit yönünden zengindir (Atalay, 2006). Akdeniz iklim şartları altında, gerekli istikrarlı şartların gerçekleştiği yerlerde farklı anakayalar üzerinde gelişebilen terra-rossalar, araştırma sahasında, Kınık ve İlyaslar güneydoğusunda yer yer görülürken, en yaygın şekilde Kırkağaç Dağları üzerinde yer almaktadır. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü'nden elde edilen 1:25.000 ölçekli toprak haritaları incelendiğinde, kırmızımsı Akdeniz toprakları ile kırmızı kahverengi Akdeniz topraklarının ayrı kategorize edildiği görülmüştür. Araştırma sahası ile ilgili farklı çalışmalarda ise kırmızı Akdeniz topraklarının, havzada daha geniş yer kapladığı belirtilmiştir (Sertkaya Doğan, 2005; Gülersoy, 2008). Bu durum kurumlardan temin edilen sayısal verilerin sahip olduğu standardizasyon probleminin ayrıca bir göstergesidir.

Araştırma sahasında yer alan zonal topraklardan bir diğeri de kestanereği topraklardır. Hâkim pedojonik sürecin kalsifikasyon olduğu topraklar, havzada çok dar alanlarda yayılış göstermektedir. Yaklaşık %1'lik bir yayılış alanına sahip kestanereği topraklara, Yağcılı çayı aşağı Havzası'nda, Gelenbe civarında, Zeytindağ güneyinde ve aşağı havzada, Dikili-Çandarlı arasında lokal olarak rastlanmaktadır.

Oluşum ve gelişiminde topoğrafya, drenaj ve ana materyalin etkili olduğu, toprak oluşumunun yeteri kadar ilerlemediği ve tam bir horizon gelişiminin olmadığı topraklar, intrazonal topraklardır (Atalay, 2006). Araştırma sahasında yer alan toprakların yaklaşık %26'sı bu ordo grubu içerisinde yer almaktadır. Bakırçay Havzası'nda bulunan intrazonal topraklar, kahverengi orman toprakları, rendzinalar ve vertisollerdir.

İntrazonal topraklar içerisinde araştırma sahasında en yaygın olan kahverengi orman toprakları, tüm toprakların yaklaşık %17'sini ve intrazonal toprakların ise yaklaşık %66'sını oluşturmaktadır. Kahverengi orman toprakları, intrazonal toprakların kalsimorfik grubuna dâhil olması nedeniyle, karakteristik özelliği yüksek derecede kireç içeren ana materyal üzerinde gelişmesidir (Atalay, 2006). Doğal vejetasyonu yaprağını döken ağaçlar ve çalılar olan bu topraklar, araştırma sahasının kuzeyindeki Madra Dağı'nın doğu kesimlerindeki Tırmanlar, Katrancı, Çamoba yerleşmeleri civarında, Sevişler Barajı çevresinde, Savaştepe güneyindeki yüksek dağlık kütleler üzerinde, Soma ile Karadere Barajı arasında kalan sahada yaygın olarak yayılış

göstermektedir. Ayrıca bu topraklar Gelenbe'nin güneyinde, Kırkağaç'ın güneyinde, Zeytin Dağ'ın kuzeydoğusunda ve Köprübaşı Boğazının Zeytindağ kütlesi tarafında kalan kesimlerinde yer yer yayılış göstermektedir.

Rendzinalar araştırma sahasında bulunan intrazonal topraklardan bir diğeridir. Yine kalsimorfik gruptan olan bu topraklar, kireç bakımından zengin yumuşak kireçtaşı, tebeşir üzerinde gelişme gösterir (Atalay, 2006). Gerçekten Bakırçay Havzası'nda bu toprakların yayılış alanı ile Miyosen yaşlı kireçtaşlarının bulunduğu alanlar arasında paralellik bulunmaktadır. Bu alanlar havzanın yaklaşık %9'una ve intrazonal toprakların yaklaşık %33'üne denk düşmektedir. Araştırma sahasında rendzinalar; Bergama doğusunda Ahmetbeyler yerleşmesi civarında, Sevişler Barajı güneyinde, Yağcılı Çayı aşağı Havzası'nda, Savaştepe civarında, Kırkağaç Ovası kuzeyinde, İlyaslar güneyinde, Soma batısında ve Zeytindağ kütlesinde Oğlan Tepe (281 m) çevresinde yayılış göstermektedir.

Intrazonal topraklardan olan vertisoller, kireç bakımından zengin killi, marnlı çökeller üzerinde bulunmaktadır (Atalay, 2006). Bunlar ağır bünyeli, genellikle kurak mevsimlerde büzülen ve yağışlı mevsimlerde genişleyen, koyu renkli killi topraklardır (Anonim, 2001). Araştırma sahasında dar bir alanda yayılış gösteren bu topraklar, havzadaki topraklar içerisinde yalnızca yaklaşık olarak % 0,2'lik; intrazonal topraklar içerisinde ise yaklaşık olarak %5'lik bir alan kaplamaktadır. Vertisoeller araştırma sahasında, Kınık Ovası'nda Bakırçay ile İly Çayı arasında kalan bölgede ve Ahmetbeyler yerleşmesi çevresinde lokal olarak yer almaktadır.

Araştırma sahasında yer alan ordo gruplarından bir diğeri azonal topraklardır. Bu grupta yer alan topraklar, eğimli yamaçlarda, sürekli taşkın ve millenmeye uğrayan taşkın ovalarında, genç alüvyal ve volkanik depolar üzerinde yer almaktadır (Atalay, 2006). Kolüvyal topraklar, alüvyal topraklar ve alüvyal sahil toprakları Bakırçay Havzası'nda yer alan azonal topraklardır. Bunlar havzadaki toprakların yaklaşık %20,5'ini kapsamaktadır.

Yüzeysel akımla ya da yan derelerin kısa mesafelerden taşıyarak eğimin azaldığı sahalarda depoların meydana getirdiği kolüvyal topraklar, karakteristik özelliklerini daha ziyade civardaki yüksek arazi topraklarından almaktadır (Anonim, 2001). Özel bir iklime ya da vejetasyon özelliğine sahip olmayan kolüvyal topraklar, araştırma

sahasındaki toprakların yaklaşık %11'ini ve azonal toprakların yaklaşık %55'ini kapsamaktadır. Bu topraklar Bakırçay Havzası'nda genel olarak yüksek sahalardan ova tabanlarına geçiş bölgelerinde yaygın olarak görülmektedir. Gerçekten Bakırçay Ovası, kuzeyden ve güneyden çevreleyen yüksek sahalardan ova tabanının kesiştiği sahalardan, Savaştepe Ovası'nı çevreleyen eğim kırıklığının olduğu sahalardan, Gelenbe, Kırkağaç Ova tabanları, Soma Boğazı, Zeytindağ ve Karadağ kütlelerinin havza tabanı ile buluştuğu sahalardan, kolüvyal toprakların görüldüğü alanlardır.

Araştırma sahasında yer alan toprakların yaklaşık %9'unu ve azonal toprakların yaklaşık %43'ünü alüvyal topraklar oluşturmaktadır. Bu topraklar akarsu tabanlarında ya da etki sahalarda akarsular tarafından taşınan genç sedimentler üzerinde yer alan; düz veya düze yakın eğime sahip topraklardır (Anonim, 2001). İklim, drenaj ve kullanım özelliklerine göre organik madde miktarları değişiklik gösteren alüvyal topraklar; Bakırçay Havzası'nda, Savaştepe Ovası, Bakırçay Ovası ve Bayat Ovası tabanlarında yayılım göstermektedir. Bunlarla birlikte Bakırçay'a kavuşan akarsuların kenarlarında lokal olarak yayılım gösteren alüvyal topraklar da mevcuttur.

Alüvyal sahil toprakları, araştırma sahasında yer alan azonal topraklardan en az yayılım alanına sahip olanıdır. Bu toprakların bulunduğu sahalardan; tüm toprakların yaklaşık %0,5'ine ve azonal toprakların yaklaşık %2'sine denk düşmektedir. Devamlı ya da uzun süre su altında kalan, genellikle bataklık ve sazlık alanlarda oluşan bu topraklar, hidromorfik alüvyal topraklar olarak da adlandırılmaktadır (Atalay, 2006). Bakırçay Havzası'nda alüvyal sahil toprakları, Bakırçay Deltası'nın denize yakın kesimlerinde, Dalyan Lagünü çevresinde yayılım alanına sahiptir.

#### **4.1.4. Bitki Örtüsü Özellikleri**

Bilindiği gibi bitki örtüsü, iklim tarafından belirlenen ve yeryüzü şekillerinin oluşum ve gelişiminde etkili olan aşındırma etmeni ve süreçlerinin etkinlik dereceleri ve hızları üzerinde rol oynamaktadır. Bitki örtüsünün bu etkisi, kapalılığa bağlı olarak, farklı derecelerde gerçekleşir. Örneğin, kapalılığı fazla olan sahalarda, eğim, litoloji, toprak gibi faktörler de uygunsuzsa; damla erozyonu, fiziksel parçalanma, kütle hareketleri, sel ve seyelan aşındırması gibi süreçler önemli etkilerde bulunamayacaktır. Aynı şekilde kapalılığı daha az olan ya da bitki örtüsünden

yoksun olan sahalarda ise, diğler şartlar da uygunsa, söz konusu süreçlerin etki derecesi artacak ve dolayısıyla sahanın aşındırılması süreci hızlanacaktır. Diğler bir ifadeyle toprak erozyonu şiddetlenecektir. Bu nedenle, araştırma sahasının bitki örtüsü özelliklerinin incelenmesi, toprak erozyonu bölümünde detaylıca açıklandığı üzere, analiz sonuçlarının ilişkilendirilebilmesi ve yorumlanabilmesi bakımından önem arz etmektedir.

Bakırçay Havzası'nda genel olarak 750-800 m üzerinde yer alan sahalalar; Akdeniz Orobiyomu, bu metreler altında kalan sahalalar ise Akdeniz Zonobiomyu içerisinde yer almaktadır (Avcı, 1993). Akdeniz iklim şartlarının hüküm sürdüğü araştırma sahasında, buna bağılı olarak doğal vejetasyon, Akdeniz Fitocoğrafya Bölgesi'ne ait sıcaklık ve ışık isteğı yüksek, kalın ve sert yapraklı, her zaman yeşil çalı veya ağaççık topluluklarından ve iğne yapraklı ormanlardan oluşmaktadır.

Doğal bitki örtüsünün dağılışı ve ekolojik özellikleri; iklim, relief ve toprak gibi abiyotik faktörler ile birlikte insan faaliyetleri tarafından belirlenmektedir. Yağış ve sıcaklık bakımından yatay yönde pek büyük farkların görülmediğı araştırma sahasında, bitki formasyonlarının dağılışı, tamamen relief ve insan faktörüne bağılı olarak değışmektedir. Bu bağlamda dikey doğrultuda değışen iklim ve relief özellikleri, araştırma sahasında farklı bitki topluluklarının gelişmesine neden olmaktadır. Gerçekten, Bakırçay Havzası'nda genellikle 600-700 metrelere kadar çıkan maki toplulukları, bu noktadan sonra yerini kızılçam (*Pinus brutia*), karaçam (*Pinus nigra*) ve çeşitli meşe (*Quercus*) türlerinden meydana gelen ormanlarına bırakmaktadır. Ayrıca makilerin tahribatı ile gelişen garig formasyonunun, havzada kimi yerlerde 600 metreye kadar çıkmaktadır (Gülersoy, 2008).

Araştırma sahası asıl Akdeniz vejetasyonu kuşağında yer almasına rağmen; dikey yönde gelişen ortam farklılıklarına ve insan faaliyetlerine bağılı olarak meydana gelen tahribat, bitki türlerinde ve dağılışlarında önemli değışikliklere neden olmaktadır. Gerçekten Bakırçay Havzası'nda kızılçamların hâkim olması gereken yüksekliklerde, yukarıda belirtilen nedenlere bağılı olarak maki veya garig formasyonlarının yer aldığı görülmektedir. Yükseltinin artmasıyla, doğal bitki örtüsü; önce karaçam ve meşelerden oluşan karışık ormanlardan ve bu formasyonların üzerinde saf karaçam ormanlarından meydana gelmektedir. Buna göre araştırma sahasında doğal bitki örtüsünün varlığını doğrudan yükseltiye bağlamak yanlış olmayacaktır. Çünkü

yükseltinin artmasına bağlı olarak insan faaliyetlerinin azalması, bununla birlikte doğal bitki örtüsü üzerindeki tahribatı azaltmaktadır.

Sonuç olarak, Bakırçay Havzası'nda tüm bu biyotik ve abiyotik faktörlere bağlı olarak gelişmiş ve şekillenmiş kızılçam, fıstıkçamı (*Pinus pinea*), karaçam ve meşe türlerinden oluşan orman; maki ve garig topluluklarından oluşan çalı ve ot şeklinde olmak üzere üç ana bitki örtüsü formasyonu yer almaktadır.

#### **4.1.4.1. Orman Formasyonu**

Ekvatorial bölgelerdeki ağaçlara yakın bir biyokütle üreten kızılçamın, ekolojik istekleri ile araştırma sahasının ekolojik özellikleri arasında tam bir uyum söz konusudur (Atalay vd., 1998). Bu nedenle sahanın klimaks ağacı kızılçamdır (Sertkaya Doğan, 2005; Gülersoy, 2008). Akdeniz iklim şartlarının görüldüğü sahalarda yetişen kızılçamın yayılış gösterdiği bölgelerde, yıllık ortalama sıcaklıklar 12-20° C, Ocak ayı ortalama sıcaklıkları 5-10° C, Temmuz ayı ortalama sıcaklıkları ise 24-28° C arasında değişmektedir (Atalay, 2008). Kızılçam, vejetasyon döneminde bağlı nemin yüksek olduğu kesimlerde iyi gelişirken, kızılçamın yetiştiğı sahalarda yıllık ortalama yağış 400-2000 mm arasında değişmektedir (Atalay, 2008). Araştırma sahasında bugün, kızılçam ormanlarına 150-200 metre yükselti basamağı alt sınır oluşturmaktadır. Bu sınır üzerinde Madra Dağı'nın batısında, kuzeybatısında ve doğusunda, Soma-Savaştepe arasında parçalar halinde, Kırkağaç Ovası'nın çevresinde, Yunt Dağı kütesinin merkezi kesimlerinde ve Zeytindağ doğusunda kızılçam ormanlarına rastlamak mümkündür (Gülersoy, 2008).

Akdeniz Fitocoğrafya Bölgesi'nin bir ağacı olan fıstıkçamı (*Pinus pinea*), yıllık ortalama yağışın 600 mm üzerinde olduğu, doğrudan güneş radyasyonu alan, kışın sıcaklığın fazla düşmediğı (minimum -18 / -3 °C), en sıcak yaz ayı ortalamasının ise fazla yükselmediğı (22° C) sahalarda yetişmektedir (Akgül ve Yılmaz, 1991). Fıstıkçamı hava sirkülasyonunun iyi olduğu nemli rüzgârları alabilen kuzey ve batı yönlü yamaçlarda 300–800 m arasındaki yükseltilerde ve kumlu toprak veren ana materyal üzerinde yetişmektedir (Çukur, 1998). Araştırma sahasında fıstıkçamı ormanları; Bergama kuzeyinde, Kocadağı (795) civarında, Sarıbeyler güneyinde, Gelenbe batı ve doğusunda, Kınık güneyinde, Çandarlı kuzeyinde parçalar halinde

yer almaktadır (Sönmez, 1996; Gülersoy, 2008; Ertekin, 2011; Uzun ve Somuncu, 2013).

Karaçam (*Pinus nigra*) kızılçamlar üzerinde 800-1000 metreden sonra yoğun ormanlar oluşturmaktadır. Sıcaklık, ışık ve nem isteği orta derecede olan karaçam, deniz etkisinden kaçarak dağların yüksek seviyelerinde ve karasal iklim sahalarında yayılış göstermektedir. Kuraklığa, sıcaklığa ve kış soğuklarına karşı dayanıklıdır. Karaçamın yayılış gösterdiği alanlarda yıllık ortalama sıcaklığın 2° C, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı 23° C'nin altında ve yıllık ortalama yağış 500-1000 mm, nispi nem ise % 60-70 arasında değişmektedir (Atalay, 2008). Araştırma sahasında, karaçam ormanları, 750-800 m üzerinde yayılış göstermektedir. Madra kütlesi üzerinde, Bergama kuzeybatısında yer alan Geyikli Tepe (1062)'de, doğuda Kocadağ (795) ve Kuşça Tepe (931 m) arasında, Karapınarlı Tepe (500 m) civarında parçalar halinde bulunmaktadır. Karaçam ormanları ayrıca, Savaştepe'nin doğusunda, Yağcılı'nın kuzeydoğusunda, Yağcılı doğusunda Cehennem Dere vadisinin yukarı kesimlerinde, Kırkağaç depresyonunda, Gelenbe kuzeyinde, havzayı sınırlayan nispeten yüksek alanlarda görülmektedir.

Araştırma sahasında çok az yer kaplayan meşe toplulukları, genellikle ağaç veya uzun boylu çalı şeklindedir. Genel olarak sıcak seven, ışık isteği fazla, yarı nemli, yarı kurak iklim şartlarını tercih eden meşelerin, belirli bir toprak isteği bulunmamaktadır. Akdeniz Fitocoğrafya Bölgesi'nde soğuğa dayanıklı dağ ormanları ile kıyı arasında kızılçam ve bazen de karaçamlara karışım yapan meşeler 1000 m yükseltiye kadar çıkabilmektedir. Madra Dağı'nın doğusunda, Kuşça tepede doğuya bakan yamaçlar ile güneybatıda Mazılı, Kocaoba, Kıroba yerleşmeleri çevresinde geniş alanlarda yayılış göstermektedir (Sönmez, 1996). Ayrıca Yunt Dağı'nın merkezi kesimlerinde, Gelenbe'nin kuzeyinde ve doğusunda, Savaştepe'nin kuzeyinde meşe toplulukları yer almaktadır (Gülersoy, 2008).

#### **4.1.4.2. Maki - Garig Formasyonu**

Maki formasyonu, çam ve meşe ormanlarının tahrip edilmesiyle, ortamda regresif süksesyon olarak gelişmektedir. Daima yeşil olan maki türlerinin doğrudan radyasyon ve yüksek sıcaklık şartları altında gelişmeleri oldukça hızlıdır. Odun kömürü elde edilmesinde kullanılan, hayvan otlatmasında bir nevi mera görevi



üstlenen makiler; yöre halkı için önemli bir doğal ortam unsurudur (Gülersoy, 2008). Araştırma sahasının yaklaşık % 9,5'ini kaplayan makiler; genellikle Neojen volkanitler, metakumtaşı, kuvarsit şist, konglomera üzerinde yayılış göstermektedir. Araştırma sahasında maki formasyonunu oluşturan elemanlar; yabani zeytin (*Olea*), katırtırnağı (*Spartium junceum*), mersin (*Myrtus communis*), erguvan (*Cercis siliquastrum*), akçakesme (*Phillyrea latifolia*), melengiç (*Pistacia terebinthus*), sandal (*Arbutus andrachne*) ve kocayemiş (*Arbutus unedo*) şeklindedir.

Ege Bölgesi'nin güney kesimlerinde ve Akdeniz Bölgesi'nde 700-800 m yüksekliğe kadar çıkabilen maki elemanları, araştırma sahasında biyotik faktörlere ve yerel doğal ortam özelliklerine bağlı olarak farklı yüksekliklerde yayılış gösterebilmektedir. Genellikle 250-500 metreler arasında insan müdahalesine yakın alanlarda seyrek, boylanamamış çalılıklar şeklinde kalmış olsalar da (Gülersoy, 2008) yukarıda bahsedilen faktörlere bağlı olarak örneğin, Soma-Kırkağaç arasında makiler 200 m'den başlayıp 1000 m'ye kadar ulaşabilirken, Madra kütlesinde 200-250 m'den başlayıp 600-700 m'ye kadar çıkabilmektedir (Çukur, 1998).

Frigana veya garig, maki vejetasyonunun tahribi ile daha kurak ve fakir ana materyal ile şiddetli radyasyonun olduğu ortamlarda, boyları 50 cm ile 1 m arasında değişen bodur çalı toplulukları olarak ortaya çıkmaktadır. Garigler, genellikle çok az nem şartlarında bile yaşamlarını sürdürebilen, şiddetli radyasyon altında en iyi gelişmesini sağlayan, ışığı seven bodur çalı topluluklarıdır. Araştırma sahasında garig formasyonu, yaygın biçimde görülmez. Bunun en önemli nedeni; güneye göre nem şartlarının artmasıdır (Gülersoy, 2008). Madra ve Yunt dağları yer yer makilerle ve genellikle gariglerle kaplıdır. Bu sahalarda sık sık gerçekleşen yangınlar ve eğimli sahalarda tarım yapılması, garig vejetasyonunun yayılmasını sağlamıştır (Atalay, 1994). Ayrıca Bakırçay depresyonunda grabenle yüksek sahaların birleştiği yamaç kesimlerinde ve tarım faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı sahalarda yerleşim alanları çevresinde gariglere rastlanmaktadır. Örneğin, Bergama, Kınık ve iç kesimlerde, kızılçam ve makilerin tahrip edildiği alanlarda garig elemanları bulunmaktadır (Çukur, 1998). Araştırma sahasında yayılış gösteren başlıca garig vejetasyonuna ait türler; abdestbozan (*Sarcopoterium spinosum*), kermes meşesi (*Quercus coccifera*), tüylü laden (*Cistus creticus*), keçi boğan (*Callicotome villosa*),

sarı çiçekli yasemin (*Jasminum fruticans*), katırtırnağı (*Spartium junceum*), zeytin (*Olea eoropaea*) ve tüylü kısamahmut (*Teucrium poltium*) şeklindedir.

#### **4.1.4.3. Ot Formasyonu**

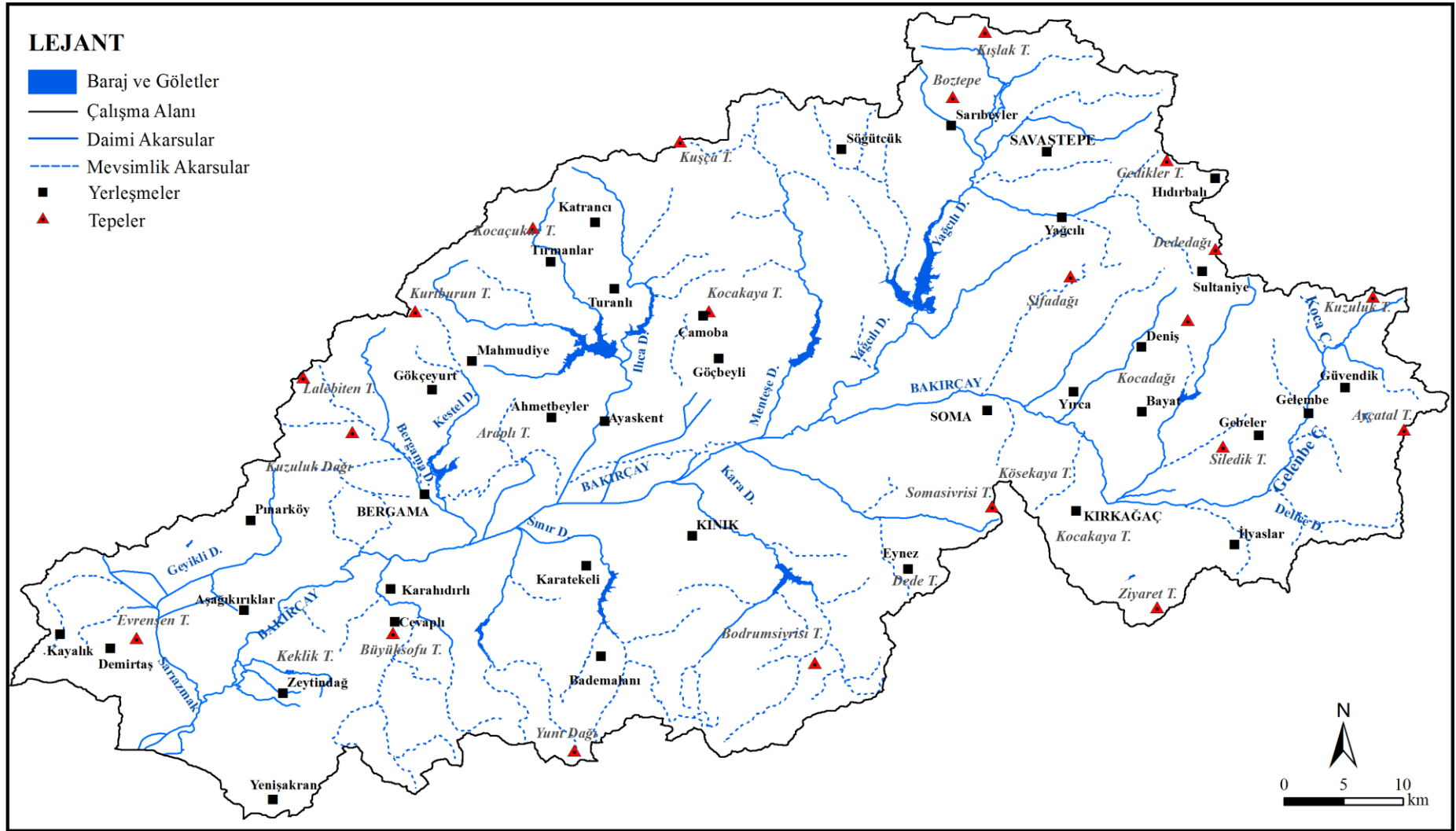
Bakırçay Havzası'nda ağaç ve çalı formasyonları ile birlikte veya onların tahribatı sonucu oluşmuş açıklıklarda, kıyı alanlarında ve tuzluluk, alkalilik, yaşlık vb. gibi özel şartlara sahip alanlarda, ot formasyonları yer almaktadır (Gülersoy, 2008). Madra Dağı'nın merkezi kesimlerinde bir kısmı araştırma sahası içerisinde yer alan, aşırı tahribat sonucu ağaç ve çalı örtülerinin ortamdaki kalktığı veya çok azaldığı alanlarda step görünümlü ot toplulukları yayılış göstermektedir (Sütgibi, 2003).

#### **4.1.5. Hidrografik Özellikleri**

Biyotik olmayan faktörler içerisinde yer alan hidrolojik özellikler, doğal ortam şartları üzerinde oldukça önemli etkilere sahiptir. Doğrudan bölgedeki canlı yaşamına olan katkısının yanı sıra, morfolojinin şekillenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Bunlarla birlikte hidrolojik özellikler, araştırma sahasında gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

İklim bölümünde detaylarıyla belirtildiği üzere, araştırma sahası, Akdeniz iklimi özelliklerini taşımaktadır. Yine aynı bölümde sonuçlarının verildiği Thornthwaite yöntemine göre ise Bakırçay Havzası'nda Haziran – Eylül ayı dönemi kurak dönem olarak hesaplanmıştır. Havzadaki tüm istasyonlar için aynı olan bu durum, hidrografik özellikler üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Araştırma sahasında yer alan akarsuların birçoğu, yağışlı mevsimde akış gösteren, mevsimlik akarsular karakterindedir (Şekil 24). Bununla beraber, araştırma sahasının başlıca yüzey su kaynağı olan, Bakırçay ve Göçbeyli – Soma arasında Bakırçay'ın bünyesine katılan Yağcılı Çayı, yılın büyük bölümünde su taşıyan akarsulardır.

3356 km<sup>2</sup> su toplama havzasına sahip olan Bakırçay'ın akıttığı ortalama su miktarı; saniyede 14,5m<sup>3</sup>, yıllık toplam akıttığı su miktarı ise 465 milyon m<sup>3</sup> civarındadır (DSİ, 1976). Yaklaşık olarak 125 km uzunluğunda olan Bakırçay, kuzey ve güneyden karışan irili ufaklı yan kollarla beslenmektedir. Havza'nın doğusunda, Gelenbe civarında, Sakarlı Tepe (747 m)'den Koca Çay adıyla kaynağını alan Bakırçay; yaklaşık 500 metre yükseltisine indiğinde Boyalık Dere ve Ekinlik Dere ile



Şekil 24. Bakırçay Havzası'nın Hidrografya Haritası

birleşerek, Gelenbe yakınlarında doğudan Delice Dere'sini de bünyesine katarak, Gelenbe Çayı (~300 m) adını almaktadır. Bu isimle Kırkağaç Ovası'na (~200 m) giren akarsu, burada Bakırçay adını almaktadır. Kırkağaç Ovası'nda Halıpınar Deresiyle birleşerek kuzeye doğru yönelen Bakırçay, Soma Boğazı'nda batıya dönerek, Soma Ovasına (~120 m); oradan da Bergama-Göçbeyli-Kınık ovasına (~100 m) girmektedir.

Kabaca doğu-batı doğrultulu hareketini sürdüren Bakırçay, kendi adıyla anılan bu ovada, kuzeyden ve güneyden birçok tali kol ile beslenmektedir. Akarsu; doğu-batı yönünde sırasıyla kuzeyden Yağcılı Deresiyle, Menteşe Deresiyle, Ilıca Deresi'yle, Bergama Deresi'yle; güneyden, Kara Deresi'yle ve Sınır Deresi'yle birleşmektedir. Bergama batısında güneybatı doğrultusunda akmaya başlayan Bakırçay, kuzeyden gelen Sarıazmak talisini de alarak Çandarlı köprüsü civarında, Köprübaşı Boğazından geçerek delta ovasına girmekte ve oradan da denize dökülmektedir.

1939 ve 1946 yıllarında ana yatağı ve yan kolları üzerinde ıslah çalışmaları yapılan Bakırçay'm, bu müdahaleler sonucunda kendi yatağı değiştirilmiş ve akarsu, günümüzdeki yatağını kullanmaya başlamıştır. 1939 yılında başlayan ve 1943 yılına kadar devam eden çalışma ile denizden yaklaşık 4600 m içeriye kadar yeni bir yatak açılmıştır. Bu sürecin devamında 1943-1957 yılları arasında ise 57 km'lik bir alanda yatak temizleme, taşkın setleri gibi işlemler gerçekleştirilmiştir (Gülersoy, 2008). Ayrıca bunlar yanında 1980'li yıllarda Dikili'nin yaklaşık 6 km doğusunda bulunan bataklık saha, açılan drenaj kanalları ile kurutulmuştur (DSİ, 1976).

Taşkın ve seyelan problemleri nedeniyle gerçekleştirilen bu ıslah çalışmalarıyla Bakırçay'a, günümüzde de bazı müdahaleler söz konusudur. Kurak mevsimlerde denize döküldüğü noktada önüne set çekilen Bakırçay, civardaki tarım arazileri için ayrıca bir gölet görevi görmektedir . Bu set, yağışlı dönemlerde kaldırılarak, akarsu normal akışına devam etmektedir.

Bakırçay ve tali kollarında gerçekleştirilen müdahalelerden bir diğeri de sulama, içme suyu, sanayi ve/veya taşkın kontrolü amaçlarıyla yapılan baraj ve göletlerdir. Buna göre Bakırçay'm su toplama havzası içerisinde toplamda 14 adet baraj ve gölet bulunmaktadır (Çizelge 15). Bunların bir kısmı işletmedeyken, bir kısmının inşası devam etmektedir.

Çizelge 15. Bakırçay Havzası'nda Yer Alan Baraj ve Göletler

Baraj Adı	Akarsuyu	Amacı	Yapım Yılı	Bitiş Yılı	Sulama Alanı (ha)
Kapıkaya Barajı	Kırkgeçit Dere	Sulama / İçme Suyu	Devam	-	-
Musacalı Barajı	Koca Dere	Sulama	Devam	-	-
Harputlu Göleti	Hamam Dere	Sulama	2011	2012	90
Kestel Barajı	Kestel Çayı	Sulama	1983	1988	4077
Karadere Barajı	Karadere Dere	Sulama	Devam	-	-
Bakır Göleti	Kerimağa Dere	Sulama	2007	2011	142
Çaltıcak Göleti	İndere	Sulama	2010	2014	130
Aydıncık Göleti	Akçay Dere	Sulama	2011	2013	306
Sarıcalar Barajı	İlica Dere	Sulama/İçme Suyu	Devam	-	-
Sarıbeyler Barajı	Yağcılı Dere	Sulama	1980	1985	1750
Sevişler Barajı	Yağcılı Dere	Sulama/İçme Suyu	1977	1981	7000
Yortanlı Barajı	Yortanlı Dere	Sulama	1994	2011	6990
Tekkedere Göleti	Tekke Dere	Sulama	2010	2012	81
Çaltıkuru Barajı	İlyas Çayı	Sulama	1996	2011	4251

## 4.2. Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya Özellikleri

### 4.2.1. Nüfus Özellikleri

Bakırçay Havzası'nın yerleşim tarihi bakımından eski dönemlere kadar dayanan geçmişi, bölgede nüfusun o dönemlerden itibaren fazla olmasına neden olmuştur (Sertkaya Doğan, 2005). Günümüz idari koşullarında İzmir, Manisa ve Balıkesir il sınırları içerisinde kalan araştırma sahasının, 2013 yılı verilerine göre nüfusu 313,141 kişidir (TÜİK, 2014). Havzada nüfusun 1985 yılında 266,102 kişi (TÜİK, 2014), olduğu göz önüne alındığında, aradaki 28 senede nüfusun yaklaşık %25 oranında arttığı görülmektedir (Çizelge 16).

Çizelge 16. Bakırçay Havzası'nda Yer Alan Yerleşmelerin Nüfusları ve Nüfus Artış Oranları

İlçeler	1985	2013	Artış Oranı
<b>Soma</b>	63,938	105,391	%64,8
<b>Bergama</b>	95,300	101,217	%6,2
<b>Kırkağaç</b>	43,385	46,160	%6,3
<b>Kınık</b>	35,672	27,999	-%21,5
<b>Savaştepe</b>	23,585	19,278	-%18,2
<b>Diğer İlçelere Bağlı Yerleşmeler</b>	4,222	13,096	%210,1
<b>Toplam</b>	266,102	313,141	%17,67

Bakırçay Havzası'ndaki yerleşmelere ait nüfus miktarları ve bunların belirlenen zamansal ölçekteki artış miktarları incelendiğinde, en yüksek artışın Soma ilçesinde

yaşandığı görülmektedir. İlçedeki nüfus artış oranı, 1985-2013 yılları arasında %64,8 olan Türkiye nüfus artış oranınının (TÜİK, 2014) üzerindedir. Ülke linyit üretiminin önemli bir miktarını tek başına karşılayan Soma ilçesi, sahip olduğu bu olanaklar ile küçük bir tarım ve maden kasabasından orta ölçekli bir sanayi kentine dönüşmüştür (Karadağ, 2006). Nüfus miktarındaki söz konusu yüksek artış oranı, Soma'nın sahip olduğu bu kentsel kimlik ile açıklanabilir.

Araştırma sahasındaki yerleşmelerden Savaştepe ve Kınık ilçeleri, 1985-2013 yılları arasında nüfusun azaldığı yerleşmelerdir. Yapılan incelemeler sonucunda literatürde bu değişimin nedeni ile ilgili bir araştırma bulunamamıştır. Ekonomisi tamamıyla tarımsal faaliyetlere dayalı olan Kınık ilçesindeki bu azalışın nedeni, çevre ilçelerde sanayi faaliyetlerinin fazla olmasına bağlı olarak artan iş imkânları olduğu söylenebilir. Nitekim Soma, sahip olduğu linyit işletmeleri ile civar yerleşmelerden göç alan bir kent özelliğine sahiptir (Karadağ, 2006). Benzer bir şekilde sosyo-ekonomik imkânlardaki yetersizliğin, Savaştepe ilçesinde nüfusun azalmasında etkili olan faktör olduğu düşünülmektedir.

Türkiye'nin aritmetik nüfus yoğunluğu ortalaması 98 kişiye (TÜİK, 2014); araştırma sahasında aritmetik nüfus yoğunluğu 93 kişidir. Ancak, bu rakam havza içerisinde yer alan yerleşmelere göre farklılık göstermektedir. Havzanın etrafını çevreleyen yüksek dağlık kütleler, delta alanı, havza tabanındaki geniş tarım arazileri; nüfusun az olduğu kesimlerdir. Bununla beraber, şehirlerin kuruluş yerleri olan ova tabanının kenar kısımları ve nispeten daha alçak yamaçlar, nüfusun yoğun olduğu sahalardır. Diğer bir ifadeyle, nüfus daha çok 0 – 250 m arasında toplanmıştır.

#### **4.2.2. Yerleşme Özellikleri**

Bakırçay Havzası; sahip olduğu elverişli iklim özellikleri, geniş ve verimli tarım arazileri, su kaynaklarının bolluğu ve batı – doğu arasında bir koridor olma özelliği taşımasından dolayı insanların yerleşmeleri için uygun koşullara sahiptir. Bu durum, araştırma sahasında prehistorik dönemden günümüze, tarihin her döneminde yerleşmelerin kurulmasına imkân tanımıştır (Sertkaya Doğan, 2005).

Havza bugün idari bakımdan İzmir, Manisa ve Balıkesir şehirlerinin sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu illere ait, Soma, Bergama, Kırkağaç, Kınık ve

Savaştepe ilçe merkezleri havza sınırları içerisinde kalmaktadır. Bununla birlikte Bakırçay Havzası'nda Aliağa, Dikili, Akhisar ve Saruhanlı ilçelerine ait yerleşmeler de bulunmaktadır. 12.11.2012 tarihinde kabul edilen ve 31.03.2014 tarihinden itibaren fiilen yürürlüğe giren 6360 Sayılı On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnemelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun uyarınca, belde belediyeleri mahalleriyle birlikte tek bir mahalle olarak ve köyler fiilen mahalle olarak ilçe belediyelerine bağlanmıştır (Resmi Gazete, 2012). Bu kapsamda ele alındığında, bu tarihten önce Bakırçay Havzası'nda yer alan toplam 245 köy ve belde yerleşmesi, mahalle statüsüne geçmiştir.

#### **4.2.3. Ekonomik Coğrafya Özellikleri**

Araştırma sahasının en büyük yerleşmesi, linyit işletmeleri ile ön plana çıkan Soma ilçesidir. İlçe ekonomisinin temeli, linyit işletmeciliği ve ona bağlı gelişmiş olan sektörlerdir (Karadağ, 2005). Soma bölgesinde madencilik faaliyetleri 1913 yılından günümüze kadar gerçekleştirilmektedir. Faaliyetini Türkiye Kömür İşletmelerine bağlı olarak gerçekleştiren Ege Linyit İşletme müessesesi 1913 yılında Darkale civarında linyit damarının bulunmasıyla faaliyete geçmiştir. Devam eden süreçte 1914-1918 yılları arasında I. Dünya Savaşında ordunun ihtiyacı amacıyla şahıslar tarafından linyit üretilirken, 1918-1922 yılları arasında faaliyetler Fransız şirketleri tarafından gerçekleştirilmiştir. 1922-1939 yılları arasında tekrar şahıslar tarafından işletilen maden, 1939-1957 yılları arasında Etibank tarafından işletilmiştir. Bu yıldan itibaren ise Soma kömür havzası Sanayi Bakanlığı'na (günümüzde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) bağlı Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından işletilmektedir (Sertkaya Doğan, 2005). Bununla beraber Soma'da, nüfusu fazla olmasına bağlı olarak artan talep ve ihtiyaçların karşılanması zorunluluğu, bölgede ticari faaliyetlerin de ön plana çıkmasını sağlamıştır (Karadağ, 2005).

Nüfus ve şehirselleşme fonksiyonlarının gelişmesi bakımından havzanın ikinci büyük şehri Bergama'dır. Özellikle tarım ve tarıma bağlı sanayi sektörleri, bölgede temel ekonomik faaliyet olarak ön plana çıkmaktadır (Gülersoy, 2008; Uzun, 2015). Ayrıca Bergama, sahip olduğu tarihi sit alanlarıyla Türkiye'nin önemli kültürel turizm güzergâhlarından biridir. Bergama'nın diğer bir özelliği Ovacık Altın Madeni İşletmesini bulundurmasıdır. 1989 yılından bu yana çeşitli defalar işletmeye kapanan ve açılan

Bergama-Ovacık Altın Madeni İşletmesi'nin ilk altın dökümü 2001 yılında gerçekleştirilmiştir. 2007 yılında açık ocak üretimini tamamlayan madende günümüzde halen yeraltı işletmesinden çıkarılan cevherler işlenmeye devam etmektedir.

Araştırma sahasındaki kent merkezlerinden Kırkağaç ilçesini diğer ilçelerden farklı kılan özelliği, garnizon kenti olmasıdır. Bu nedenle Kırkağaç ekonomisinde tarımsal faaliyetlerin yanı sıra askerlere yönelik ticaretin de önemi büyüktür (Sertkaya Doğan, 2005). Soma, Bergama ve Kırkağaç'tan sonra dördüncü büyük yerleşme olmasına rağmen kendi ölçeğinde barındırdığı tarımsal sanayi faaliyetleriyle tarımın birincil geçim kaynağı olduğu tek ilçe Kınık'tır (Gülersoy, 2008). Araştırma sahasının ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanan ilçesi Savaştepe'dir. Sanayi faaliyetlerinin gelişmediği ilçede, mandıracılık ve tavuk yetiştiriciliği gibi faaliyetler ön plana çıkmaktadır.

#### **4.2.4. Ulaşım**

Herhangi bir yerin ulaşım imkânlarının gelişmiş olması ve ulaşılabilirlik özelliğinin rahat bir şekilde sağlanabilmesi, o bölgenin sahip olduğu potansiyellerin kullanılabilirliğini artıran faktörlerden birisidir. Bakırçay Havzası'nın sahip olduğu sanayi, tarım ve turizm gibi çekiciliklerinin artması, havzanın bulunduğu konumun yanı sıra bunlara ulaşılabilirliğin rahat olmasıyla da ilgilidir. Araştırma sahasının bu özelliği, tarihin eski dönemlerinden bu yana özellikle deniz ticaretine uygun bir konumda olmasından kaynaklanmaktadır (Sertkaya Doğan, 2005).

Bakırçay Havzası tarihi geçmişinde sahip olduğu bu özelliğine, günümüzde de sahiptir. Havza bugün, İzmir- Çanakkale – İstanbul güzergâhları üzerinde yer almakta ve bu durum, havzanın ulaşılabilirliğini doğrudan etkilemektedir. Bununla birlikte Bandırma-Manisa demiryolunun Soma'dan geçmesi, havzanın sahip olduğu bir diğer ulaşım avantajıdır.

Araştırma sahası ayrıca deniz ulaşımı bakımından da avantajlı konumdadır. Faaliyette olan Dikili Limanı, havzada üretilen tarım ve sanayi ürünlerinin ihracı bakımından önemlidir. Ayrıca 15.05.2011 tarihinde temeli atılan Kuzey Ege – Çandarlı Limanı ve buna bağlı olarak gelişecek karayolları, havzanın ulaşım yönündeki avantajlarını artıracaktır.



Havzanın ulaşım olanaklarını artıracak bir diğer proje ise İzmir – İstanbul otoyolu projesidir. Projenin kesim IV olarak adlandırılan parçası; Savaştepe, Soma ve Kırkağaç ilçelerinden geçecektir. Ayrıca planlanan İzmir – Aliağa demiryolu hattının Dikili bölgesine kadar genişletilmesi, araştırma sahasının ulaşım imkânlarını daha da artıracaktır.

## **5. BAKIRÇAY HAVZASI'NDA EKOLOJİK RİSK ANALİZİ**

### **5.1. Ekolojik Risk Faktörlerinin Analizi**

#### **5.1.1. Bakırçay Havzası'nda Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi**

Yeryüzünde meydana gelen değişimin, zamanında ve doğru bir şekilde tespiti, insan - doğa etkileşiminin anlaşılması ve problemlerin çözümüne yönelik daha sağlıklı kararlar alınabilmesi bakımından önemlidir (Lu vd., 2004b). Doğrudan ve dolaylı etkilerinin çok boyutluluğu ve noktasal bir problem olmaması nedeniyle, arazi örtüsünde meydana gelen değişimin etkisi küresel boyutlarda problemlere yol açmaktadır (Foley vd., 2005). Arazi kullanımı ve örtüsünde meydana gelen değişimler, toprak ve su kalitesi, ekosistem süreç ve fonksiyonları ve küresel iklim sistemi gibi doğal olaylar üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır (Turner, 1994). Bu etkiler, havza ölçeğinde özellikle su ve toprak kalitesi üzerinde olmaktadır. Arazi örtüsündeki değişiklikler; evapotranspirasyon miktarı, toprağın infiltrasyon kapasitesi ve bitki örtüsünün nispi nemi üzerine olmaktadır (FAO, 2001). Bunlarla birlikte, mevcut orman alanlarındaki azalış ve bitki örtüsünün ortadan kaldırılması, yeraltı suyu ve yüzeysel akış miktarları üzerinde etkili olmaktadır (Daeghouth vd., 2008). Öte yandan özellikle artan kentleşmenin neden olduğu doğal erozyon sürecindeki hızlanma ile toprakların taşınması, bir diğer olumsuz etki olarak karşımıza çıkmaktadır (Doyle vd., 2000).

Akarsu havzalarının diğer arazi parçalarından olan farklılıkları, kendi benzerliklerinden, içerilerindeki biyofiziksel ve sosyoekonomik karakteristikleri nedeniyle daha fazladır (Geray ve Küçükkaya, 2001). Ancak havzalarının iç dinamiklerinin işleyişinin farklı olması nedeniyle, her havza kendi ölçeğinde ayrı analiz sürecini gerektirmektedir. Bu nedenle artan nüfus baskısı, meraların azalması, ormanların ortadan kaldırılması gibi arazi örtüsü ve kullanımında meydana gelen problemler, küresel ölçeğe genelleştirilebilse de, havza ölçeğinde ekolojik baskının

tespiti amacıyla; arazi örtüsündeki mevcut durum, zamansal değişimin mekânsal dağılışı, yönü ve miktarı tespit edilmelidir.

Güncel arazi kullanımı/örtüsü durumu, arazi planlama ve yönetim sürecinde karar mekanizmaları tarafından yardımcı veri kaynakları olarak kullanılmaktadır. Arazinin mevcut durumunu bilmek, şüphesiz karar sürecinde yönlendirici olacaktır. Ancak bununla birlikte arazide geçmişten günümüze meydana gelen değişimin “*nasil? ne kadar? ve nerelerde?*” olduğu bilgisinin, karar verici mekanizmalara daha fazla katkıda bulunacağı mutlaktır. Hâlihazırda değişimin yaşandığı alanların tespiti ve bunların boyutlarının bilinmesi, ekolojik unsurlar üzerindeki baskının ne denli olduğu hususunda önemli bilgiler vermektedir. Bunun yanı sıra, geçmişten günümüze değişimin hızı ve yönü dikkate alınarak gelecek planlamalarının yapılması, ekosistem koruma ve planlama sürecinde doğru kararlar alınması yönünde fayda sağlayacaktır. Bu noktadan hareketle araştırma sahasında gerçekleştirilen arazi kullanımı/örtüsü değişimi analizinden elde edilen bulgular ışığında, gelecekte Bakırçay Havzası’nda arazi örtüsünde meydana gelen değişimin yönü ve miktarı tespit edilmiştir.

Doğa, biyotik ve abiyotik faktörlerin belirli sistemler ve bir denge dâhilinde bir arada buldukları bir ortamdır. Dünya (ekosfer), bu sistemin en geniş ve gelişmiş halidir. Söz konusu bu sistemler (ekosistemler), yeryüzünün günümüzdeki durumuna gelmesi sürecinde sürekli değişime uğramış ve uğramaktadır. Geniş zamansal ölçekte meydana gelen bu değişimler, ekosistemin kendini adapte edebileceği şekilde ve hızda meydana gelmekteyken; sistemin bir parçası olan insan, bu süreci hızlandırarak ekosistemin yapısı ve işleyişi üzerinde derin etkilere neden olmaktadır. İnsanın ekosistem üzerindeki bu etkisi, farklı şekillerde olmakla birlikte; temelde bu etki, arazi ve topraktan faydalanma biçimine bağlı olarak, yani arazi kullanımı faaliyetleriyle meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, havza alanının %5’i ila %10’unun antropojenik aktivitelere maruz kalmasıyla, akarsulardaki canlı yaşamı ve su kalitesi zarar görmektedir (Allan, 2004; Meyer vd., 2007). Bu nedenle ekolojik riskin tespitinde ve havzanın sürdürülebilir kullanımına yönelik kararları vermede, arazi örtüsü ve kullanımında meydana gelen değişimin ve gelecekte meydana gelebilecek olası değişimlerin tespiti, ele alınması gereken mutlak değişkendir.

Bakırçay Havzası'nda arazi kullanımı ve örtüsündeki zamansal değişimini tespit etmek amacıyla 1985, 1999 ve 2013 yıllarına ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu görüntülerden elde edilen sonuçlara göre; belirtilen yıllarda araştırma sahasında arazi kullanımının ve örtüsünün mekânsal dağılışı Şekil, 25, 26 ve 27'da gösterilmiştir. Havzada arazi örtüsü eğişim analizi ile 1985-1999, 1999-2013 ve 1985-2013 yılları arasında arazi sınıfları arasındaki değişimin yönü ve değişimin meydana geldiği alanların mekânsal dağılışı da Şekil 28, 29 ve 30'da ve Çizelge 17'te sunulmuştur.

#### **5.1.1.1. Su Yüzeyleri**

Havzada, Bakırçay deltası üstündeki bataklıklar ve barajlar su yüzeyleri olarak değerlendirilmiştir. Araştırma sahasının günümüzde yaklaşık %1,5'ine karşılık gelen su yüzeylerinin, 1985-2013 yılları arasında arttığı tespit edilmiştir (Şekil 30). Bu değişimin bir nedeni tatlı su kaynaklarındaki artışken, diğer bir nedeni kıyı alanlarındaki gerilemedir. Değişimin yaşandığı alanların başında, çıplak toprak ve taş yüzeyleri gelmektedir (Çizelge 17). Bu durum, baraj yapımına bağlı olarak su yüzeyi sınıfına dönüşen alanlardan kaynaklanmaktadır.

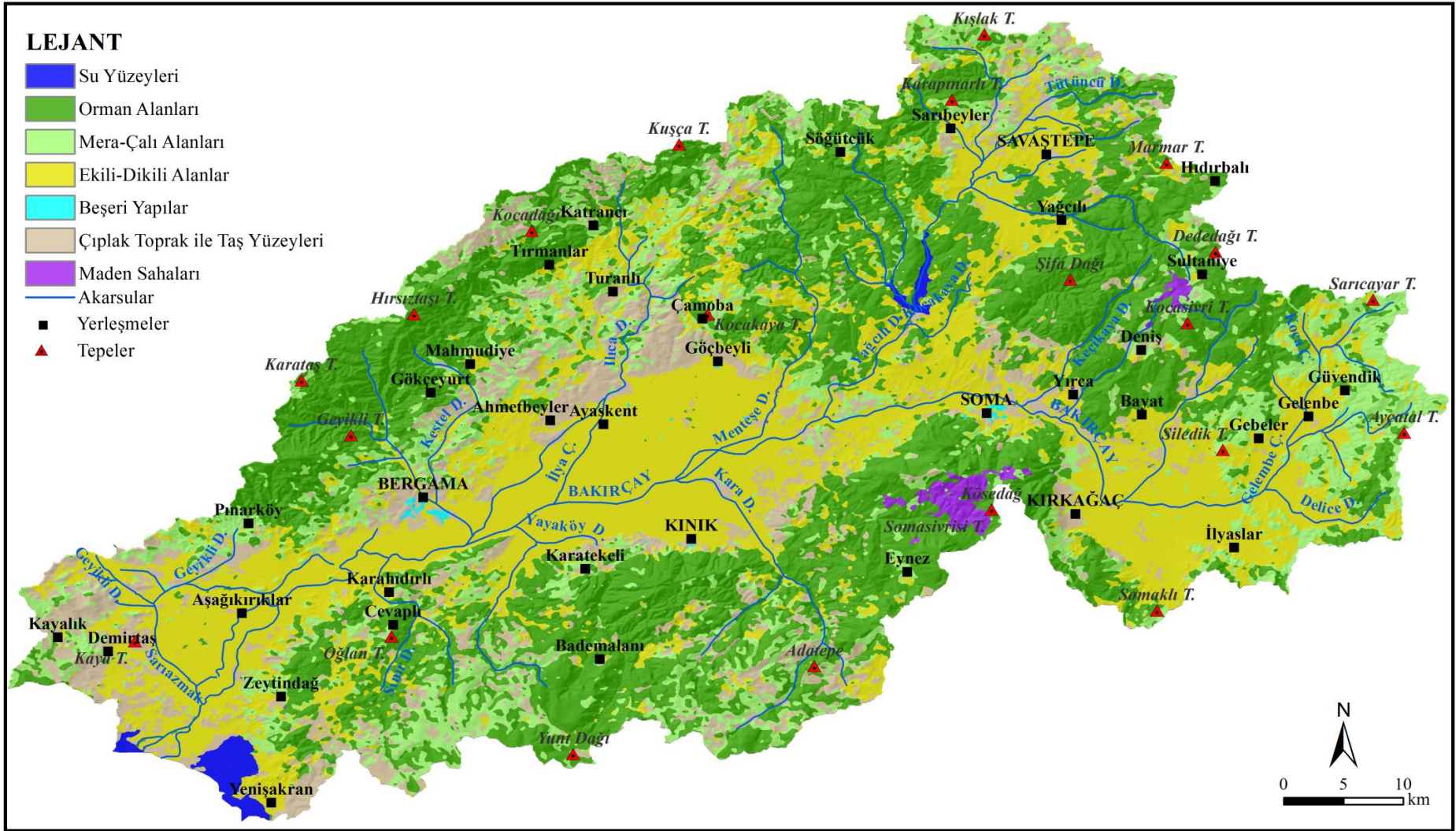
Havzada, 1985 yılı görüntülerinde çıplak Bakırçay 3356 km<sup>2</sup> su toplama havzasıyla önemli tatlı ve tuzlu su potansiyeline sahiptir. Aşağı havzada yer alan Aliğa, Bergama ve Dikili, havzanın denize kıyısı olan kentleridir. Bu kentler kıyı alanlarından, genel olarak tarım ve turizm faaliyetleri şeklinde yararlanmaktadır. Özellikle Dikili ve Aliğa ilçelerinin sınırları içerisinde kalan kıyı alanlarında yerleşmeler ön plandayken, Bergama'nın sınırları içerisinde kalan kıyılarda tarım faaliyetleri ön plandadır. Bakırçay Havzası kıyı alanları için dikkat çekici bir diğer nokta ise çökmelere bağlı gelişen kıyı gerilemesidir.

Nitekim değişimin yönüne bakıldığında, daha önce tarım ve mera-çalılık alanlarının, günümüzde su yüzeyi haline geldiği görülmektedir (Şekil 30). Bu durum deltaik süreçteki insan müdahalesinden kaynaklanmaktadır. Bakırçay'ın getirdiği malzemelerle devam etmesi gereken delta oluşum sürecinin, nehrin hidrolojik özelliklerine yapılan etkilerle bozulduğu ve buna bağlı olarak bikirim sürecinin önüne aşınım sürecinin geçtiği tespit edilmiştir.

Çizelge 17. Bakırçay Havzası'nda 1985-1999, 1999-2013, 1985-2013 Yılları Arasında Arazi Kullanımında/Örtüsünde Meydana Gelen Değişimin Yönü ve Miktarları

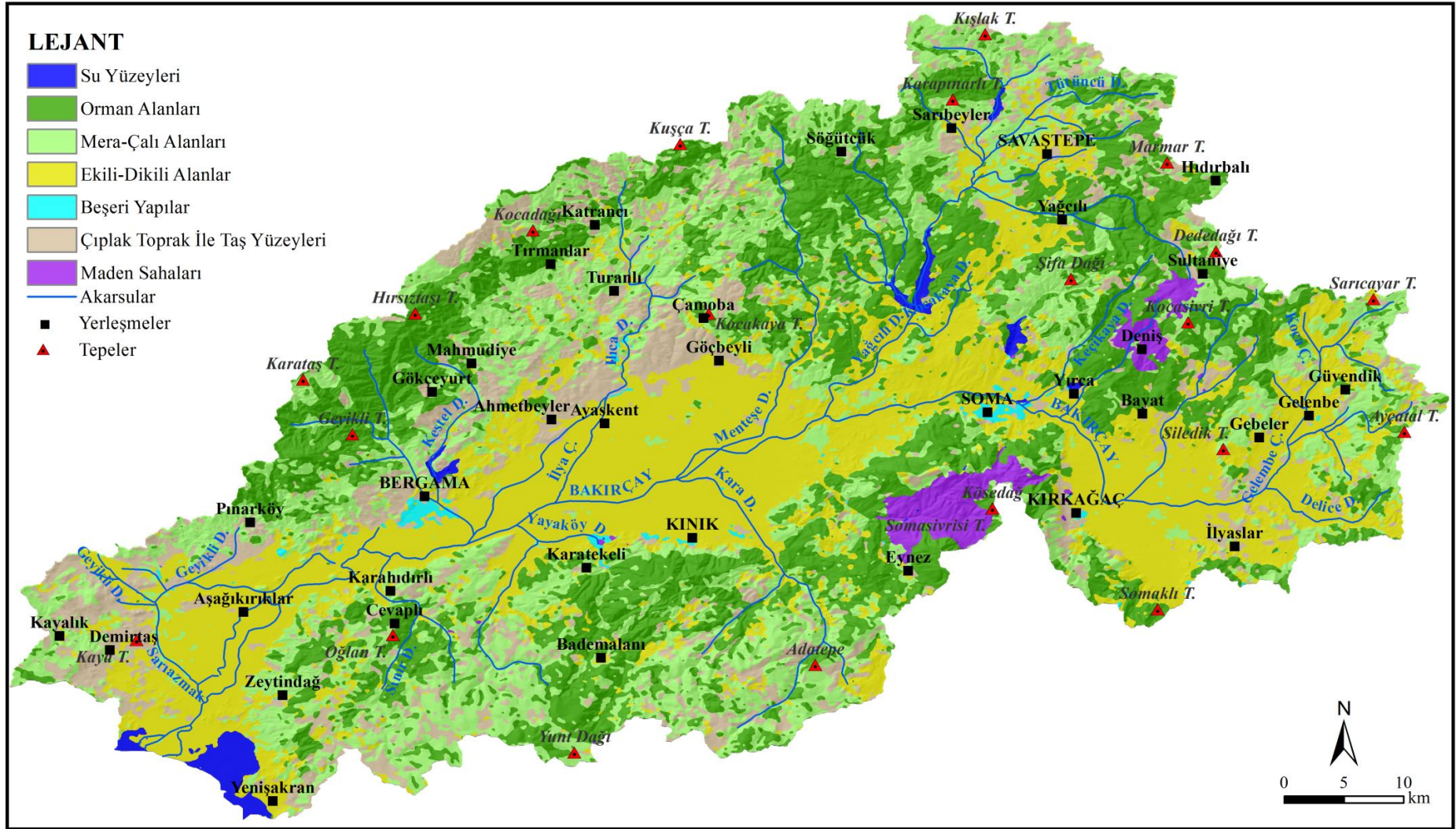
Değişimin Yönü (%)	1985-1999	1999-2013	1985-2013
Hep Orman Alanı Olan	78,3	70,3	64,1
Orman Alanyken Su Yüzeyi Olan	0,2	0,2	0,4
Orman Alanyken Mera-Çalı Arazisi Olan	15,8	24,7	28,4
Orman Alanyken Ekili-Dikili Arazi Olan	2,6	1,1	1,9
Orman Alanyken Beşeri Alan Olan	1,0	1,0	0,8
Orman Alanyken Çıplak Toprak İle Taş Yüzeyi Olan	0,5	0,8	1,7
Orman Alanyken Maden Sahası Olan	2,0	1,9	2,8
Hep Mera-Çalı Arazisi Olan	81,4	74,4	72,2
Mera-Çalı Arazisiyken Su Yüzeyi Olan	0,2	0,3	0,5
Mera-Çalı Arazisiyken Orman Alanı Olan	2,7	2,2	3,7
Mera-Çalı Arazisiyken Ekili-Dikili Arazi Olan	9,5	15,8	14,2
Mera-Çalı Arazisiyken Beşeri Alan Olan	3,3	4,6	5,1
Mera-Çalı Arazisiyken Çıplak Toprak İle Taş Yüzeyi Olan	1,7	2,0	2,5
Mera-Çalı Arazisiyken Maden Sahası Olan	1,2	0,7	1,8
Hep Ekili-Dikili Arazi Olan	85,1	85,7	81,5
Ekili-Dikili Araziyken Su Yüzeyi Olan	0,3	0,7	0,6
Ekili-Dikili Araziyken Orman Alanı Olan	0,8	0,8	0,9
Ekili-Dikili Araziyken Mera-Çalı Arazisi Olan	6,3	5,0	5,4
Ekili-Dikili Araziyken Beşeri Alan Olan	6,4	6,2	9,8
Ekili-Dikili Araziyken Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyi Olan	1,1	1,4	1,6
Ekili-Dikili Araziyken Maden Sahası Olan	0,1	0,2	0,2
Hep Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyi Olan	76,7	77,0	74,2
Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyiyken Su Yüzeyi Olan	0,9	0,7	1,5
Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyiyken Orman Alanı Olan	1,6	1,5	1,7
Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyiyken Mera-Çalı Arazisi Olan	8,6	8,8	8,9
Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyiyken Ekili-Dikili Arazi Olan	9,6	9,4	9,9
Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyiyken Beşeri Alan Olan	1,8	2,2	2,6
Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyiyken Maden Sahası Olan	0,9	0,4	1,1

Söz konusu müdahalelerin başında baraj ve göletler gelmektedir. Hâlihazırda Bakırçay Havzası'nda 10 adet baraj ve gölet faal durumdadır. Ek olarak 4 adet barajın inşası devam etmektedir. Baraj ve göletlerin tamamının yapılış amacı sulama faaliyetleridir. Ayrıca bazılarında içme suyu temini amacıyla faydalanılmaktadır (Kapıkaya, Sarıcalar, Sevişler Barajları).



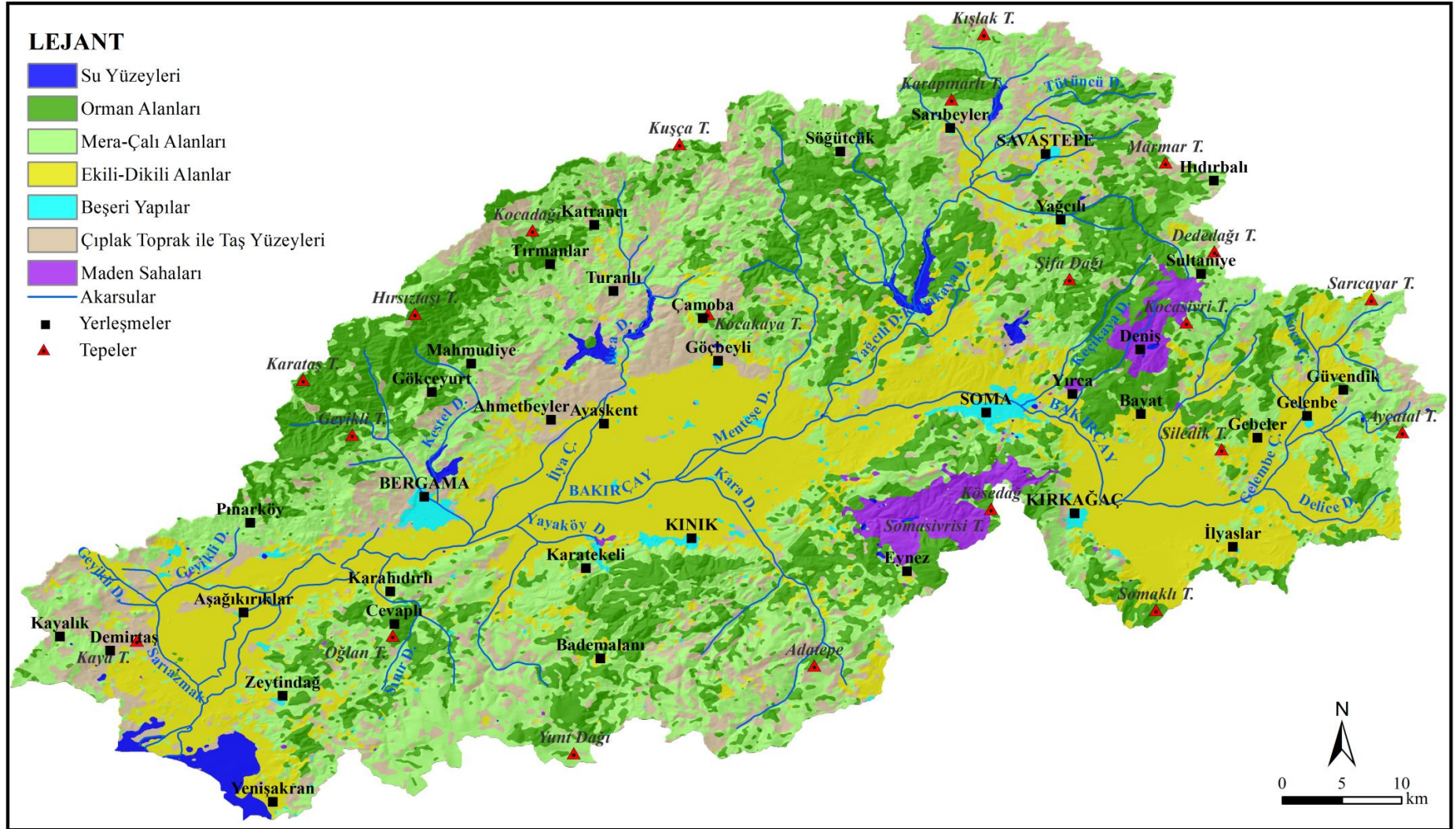
Şekil 25. Bakırçay Havzası'nda 1985 Yılı Arazi Kullanımı ve Örtüsü.





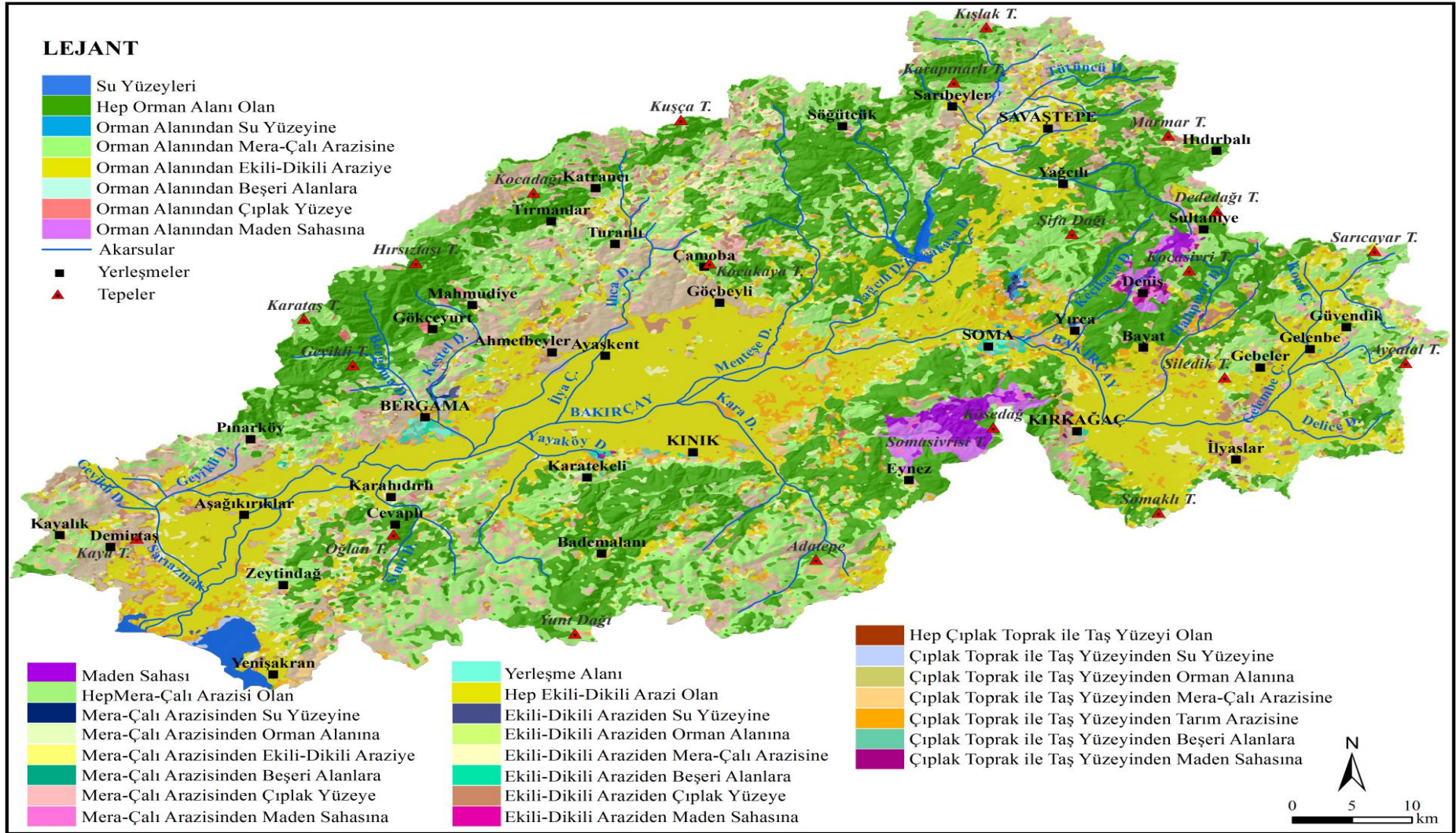
Şekil 26. Bakırçay Havzası'nda 1999 Yılı Arazi Kullanımı ve Örtüsü.





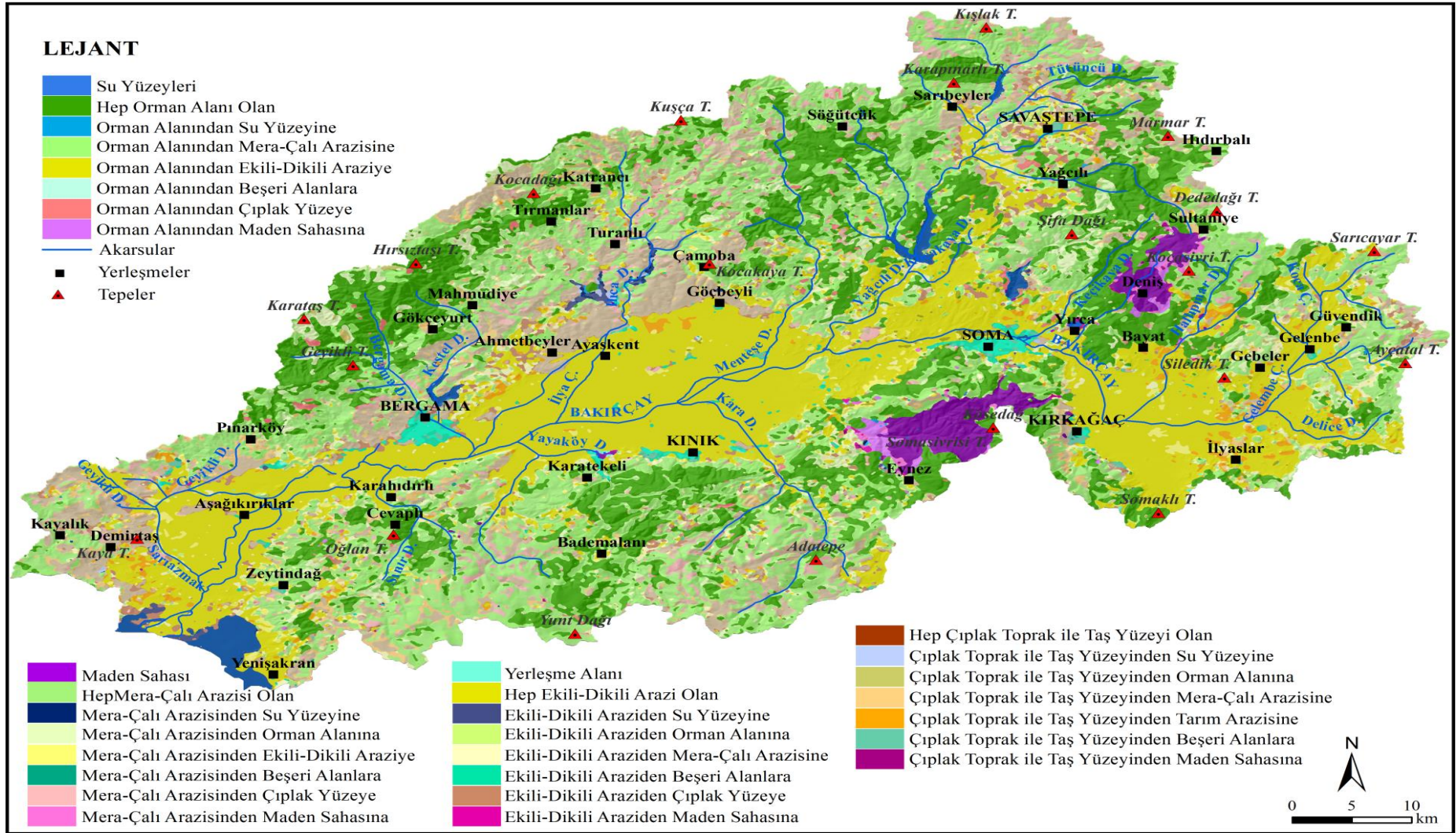
Şekil 27. Bakırçay Havzası'nda 2013 Yılı Arazi Kullanımı ve Örtüsü.





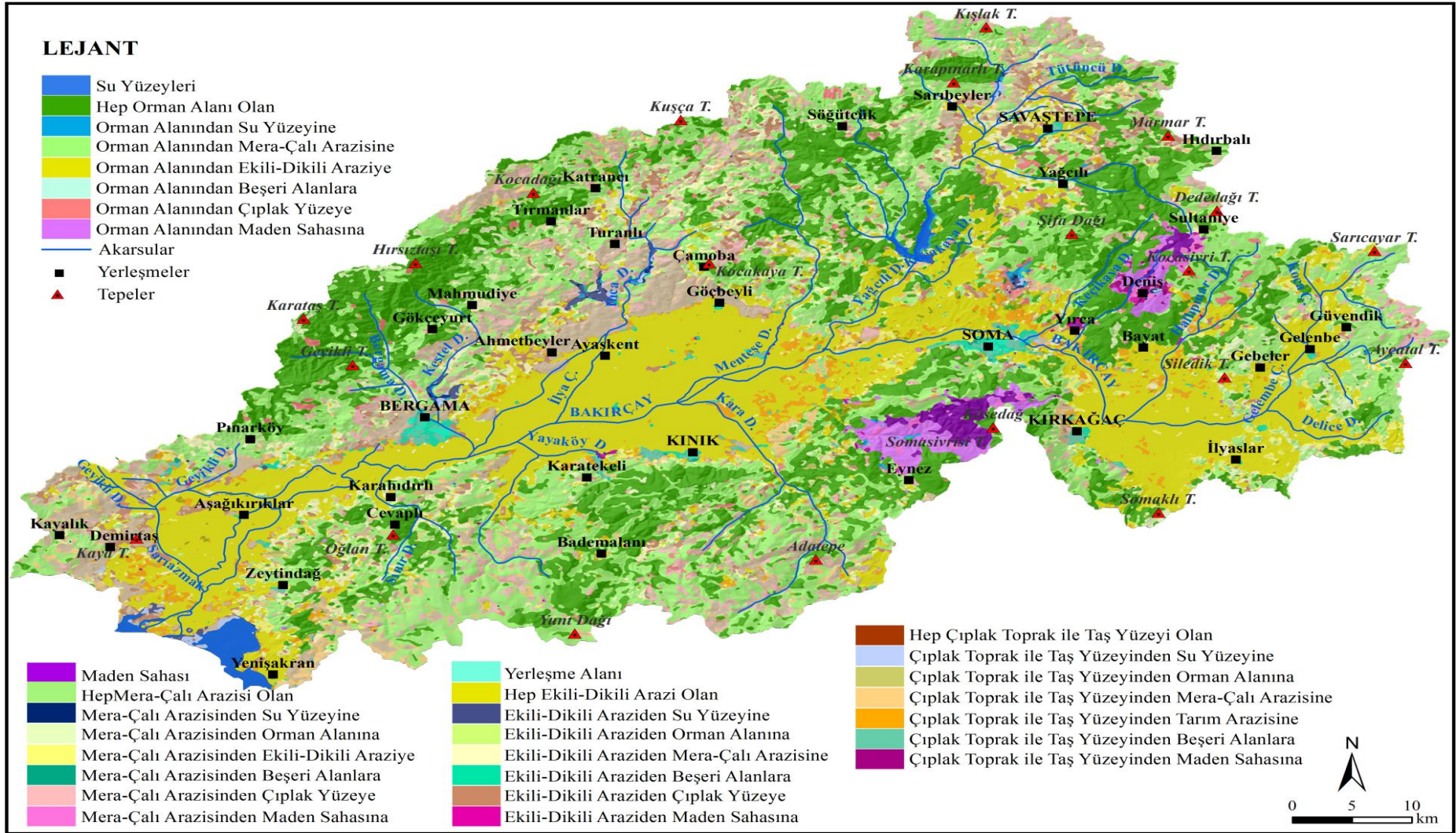
Şekil 28. Bakırçay Havzası'nda 1985-1999 Yılları Arasında Arazi Kullanımında ve Örtüsünde Meydana Gelen Değişim





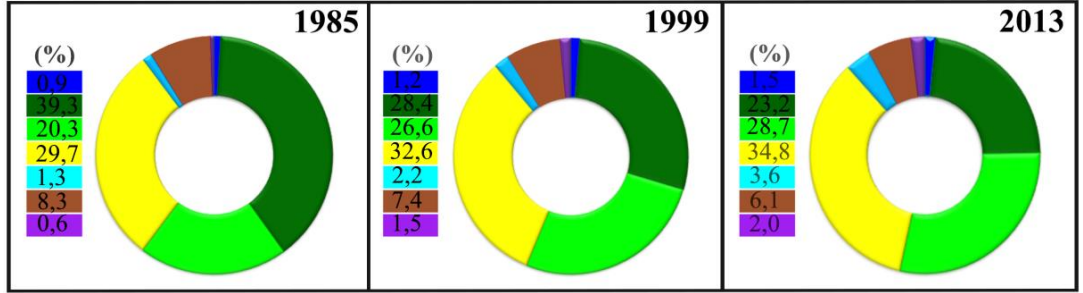
Şekil 29. Bakırçay Havzası'nda 1999-2013 Yılları Arasında Arazi Kullanımında ve Örtüsünde Meydana Gelen Değişim.





Şekil 30. Bakırçay Havzası'nda 1985-2013 Yılları Arasında Arazi Kullanımında ve Örtüsünde Meydana Gelen Değişim.

Yapılan çalışmalar, baraj öncesi ve sonrası sedimantasyon sürecinde önemli farklılıkların oluştuğunu göstermektedir (Hay, 1994; Berkün vd., 2010). Bu bağlamda araştırma sahasında inşa edilen barajlar, nehrin akışını kontrol etmekte ve taşınan alüvyon miktarını etkileyerek biriktirme sürecindeki dengeyi değiştirmektedir. Kıyı alanlarındaki gerileme ile deltaik süreçteki dengenin bozulması, bu durumu destekler niteliktedir.



Şekil 31. Bakırçay Havzası'nda 1985-1999-2013 Yıllarına Ait Arazi Kullanımı/Örtüsü Sınıflarının Oranları.

Yukarıdan Aşağıya Sırasıyla: Su Yüzeyleri, Ormanlık Alanlar, Mera-Çalı Arazileri, Ekili-Dikili Alanlar, Beşeri Alanlar, Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyleri, Maden Alanları

#### 5.1.1.2. Orman Alanları

Yanlış ve hatalı arazi kullanımından kaynaklanan değişimin yol açtığı süreçlerin başında, orman alanlarının tahribi gelmektedir. Havzada orman alanları, 1985 yılında toplam arazinin % 39,3'ünü oluştururken; 2013 yılında %23,2 ye düşmüştür (Şekil 31). Havzanın bitki örtüsü özellikleri bölümünde detaylıca açıklandığı üzere Bakırçay Havza'sında yer alan ormanlık alanlar; kızılçam (*Pinus brutia*), fıstıkçanı (*Pinus Pinea*), karaçam (*Pinus nigra*) ve meşe (*Quercus*) türlerinden meydana gelmektedir. Araştırma sahasında ormanlar; hayvan otlatma sonucu otlak ve mera olarak kullanılması ve tarım arazisi ya da yerleşim alanı elde edebilme amacıyla tahrip edilmesi süreçlerinin baskısı altındadır. Orman arazilerindeki azalış, bitkiler tarafından tutulan (intersepsiyon) su miktarını, bitki yüzeylerinden atmosfere salınan (transpirasyon) su miktarını ve yeryüzünden buharlaşarak atmosfere geri dönen (evaporasyon) su miktarını etkilemektedir (Swift vd., 1975; Çepel, 1986).

Araştırma sahasında ormanlık alanlarla ilgili genel olarak bir azalış; ancak bazı sahalarda artış meydana gelmiştir (Şekil 28, 29 ve 30). Buna göre araştırma sahasında, güneydeki yüksek dağlık alanlarda, Cevaplı-Karatekeli-Badem alanı arasında; Kınık güneyinde, Bodrumsivrisi Tepesi çevresinde; madencilik

faaliyetlerine bağılı olarak Soma güneyinde, Soma-Eynez arasında kalan sahada ve kuzeydoğusunda, Deniz-Sultaniye civarında; Kırkağaç-Gelenbe ovalarını saran nispeten yüksek kesimler üzerinde; Yağcılı güneyinde Şifadağı civarında; Yağcılı ve Menteşe Deresi kollarının yerleştiğı Kocakaya Tepesi ve Kışlak Tepe arasındaki kütleler üzerinde; Ilica Deresi havzası çevresinde ve Bergama batısındaki Pınarköy civarında orman alanlarında azalış meydana gelmiştir.

Yüksek eğimli sahalarda yer alan orman arazilerinin tahribi sonucu risk durumu taşıyan olaylardan bir diğeri erozyondur. Çalışma alanında ağaçsızlaşan sahalarda, doğrudan yağmur damlalarının etkisine açık hale gelecektir. Böylece sahanın, damla erozyonunun etkisi altında kalması muhtemeldir. Ayrıca yüksek su tutma (infiltrasyon) özelliğini kaybeden sahada, ağaçsızlaşmaya bağılı olarak, yüzeysel erozyon ve kütle hareketleri ile toprağın ve organik maddenin taşınması ve eğimin azaldığı bölgelerde birikmesi süreci meydana gelmektedir. Bu durum havzadaki toprak ve hidrolojik özellikler üzerinde doğrudan risk oluşturmaktadır.

Orman alanlarının 1985-2013 yılları arasındaki zamansal değişimi incelendiğinde, genel olarak havza tabanını kuzey ve güneyden kuşatan yüksek sahalarda yer alan bu alanlarda, önemli değişimlerin olduğu görülmektedir. Sahanın klimaks ağacı olan kızılçam ormanlarının yayılış gösterdiği Zeytindağ doğusundaki arazilerin, önemli ölçüde tahrip edildiğı ve bu alanların mera-çalı sınıfına dönüştüğü tespit edilmiştir.

Benzer şekilde Yunt Dağı kütesinin merkezi kesimlerinde, Cevaplı, Karatekeli, Bademalanı yerleşmeleri çevresinde yer alan kızılçam ormanlarında da tahripe bağılı olarak bir azalış söz konusudur. Havzanın doğusunda, Kırkağaç'ın güneyindeki nispeten yüksek sahalarda, Gelembe, Güvendik, Gebeler çevresinde, Soma kuzeyinde Şifadağı civarında, Ilica Dere havzası yakınında Çamoba, Turanlı yerleşmeleri etrafında ve Bergama'nın kuzeybatısında yer alan Pınarköy, çevresinde 1985 yılında orman alanı olarak tespit edilen ve günümüzdeki kızılçam ormanlarının devamı olarak nitelenebilecek sahalarda, zeytin (*Olea europaea*) dikimi ile dikili tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiğı alanlara dönüşmüştür (Şekil 30).

Gerçekten bu durum, Gülersoy (2008) tarafından yapılan "Bakırçay Havzası'nda kızılçam ormanlarının yayılış alanı, insan tarafından şekillendirilmektedir." açıklamasını desteklemektedir. Ayrıca Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın

verilerine göre; Kırkağaç ve Bergama ilçelerinde 1995 yılında sırasıyla 74,130 – 88,990 dekar olan meyvelik alanlar, 2013 yılında 96,340 – 120,730 dekar olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2013). Yine ilgili bakanlık verilerine göre mutlak tarım arazilerinden, dikili tarım arazilerine aynı derecede dönüşüm yaşanmamıştır. Diğer bir ifadeyle söz konusu sahalarda yeni tarım arazileri elde edilmek suretiyle, dikili tarım alanlarında bir genişleme söz konusudur (Şekil 30). 1985–2013 yıllarına ait uydu görüntülerinin analiz edilmesiyle rakamsal olarak tespit edilen bu değişimin bir nedeninin, orman alanlarının tahribi olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sahasında ormanlık alanlarda yaşanan değişimin en fazla olduğu alanlardan birisi, kabaca Soma kentinin güneybatısında ve kuzeydoğusunda, Eynez, Deniz ve Yırca yerleşmeleri çevresinde yer alan açık maden işletmeciliğinin yapıldığı sahalardır. 1985-2013 yılları arasında orman alanlarının yaklaşık %2,8'nin, maden sahasına dönüştüğü tespit edilmiştir. Arazi örtüsündeki değişim miktarı bakımından ele aldığımızda, özellikle ormanlık alanların, bununla birlikte mera-çalı arazilerinin ve tarım arazilerinin zaman içerisinde maden sahasına dönüştüğü tespit edilmiştir (Çizelge 17). Öyle ki maden sahaları, araştırma sahasının yaklaşık %2'lik bir kısmını kaplar konuma gelmiştir (Şekil 31). Bu durum, hem arazi örtüsüne yaptığı etki hem de konum itibarıyla yukarı havzada yer alması ve dolayısıyla neredeyse tüm havzayı etkileyebilecek bir potansiyle sahip olması nedeniyle, önemli bir ekolojik risk unsurudur.

### **5.1.1.3. Mera ve Çalılık Arazi**

2013 yılı itibarıyla araştırma sahasının %28,7'sine karşılık gelen mera-çalı arazileri, ekolojik risk etkisinin benzer ya da önemli farklılıkların olmadığı düşünülen çayır, mera, garig, maki, fundalık ve otsu bitkilerin yer aldığı araziler dahil edilmiştir (Şekil 27). Mera-çalı arazileri, 1985-2013 yılları arasında genel bir artış eğilimindedir (Şekil 30). Bu durum arazi sınıfının kapsamı düşünüldüğünde, ekolojik risk bakımından pozitif etki yapması beklenen bir durum değildir. Öyle ki çalılık arazilerin artması orman alanlarının tahribine bağlı olduğundan, havza ekosistemine zarar veren bir durumdur.

Mera – çalı arazileri, hem doğal hem de antropojenik etkenlere bağlı olarak oluşmasından dolayı, diğer arazi sınıflarından farklı bir konuma sahiptir. Bu sınıfa ait

araziler, araştırma sahasında genel olarak havza tabanındaki tarım arazileri ile yüksek sahalardaki ormanlık alanlar arasındaki eğimli, engebeli, taban suyu seviyesi düşük olan arazilerde bir geçiş formu olarak ve tahribata bağlı olarak orman alanları içerisinde regresif süksesyon formunda parçalar halinde bulunmaktadır (Şekil 32).

Nitekim analiz sonuçları değişimin daha çok ormanlık alanlardan mera-çalı arazilerine doğru olduğunu göstermektedir (Çizelge 17). Havza tabanını çevreleyen yüksek sahalarda 1985 yılında orman alanı olarak tespit edilen alanların % 28,4'ü mera-çalı arazisine dönüşmüştür. Zeytindağ kuzeyinde Karatekeli – Bademalanı yerleşmeleri arası, Kınık ve Soma güneyinde kalan yüksek dağlık kesimler, Dedeağı güneyinde Sultaniye çevresi, Şifa Dağı batı yamaçları, Sarıbeyler-Söğütçük çevresi ve Bergama kuzeybatısında Geyikli Tepe – Pınarköy arası bu yönde değişimin en yoğun olduğu sahalardır (Şekil 30). Söz konusu sahalarda çevresinin tarım arazileri, yerleşme alanları ve maden sahalarına sınır olması, değişimin nedenini açık şekilde ortaya koymaktadır. Ayrıca bu sahalarda orman alanlarına da sınır olmaları bize eski orman alanlarının degradasyona uğradığını ve bunun sonucunda mevcut formların, sekonder süksesyon olarak sahaya yerleştiğini göstermektedir.

Araştırma sahasında mera-çalı arazileri ve ekolojik risk ilişkisi hakkında vurgulanması gereken bir diğer nokta, orman alanlarının tahrip edilmesidir. Sınıflandırma sonuçları, ormanların tahribi nedeniyle bu sınıfa dâhil olan alanların, tarım arazisine dönüşen mera-çalı alanlarından daha fazla olduğunu göstermektedir (Çizelge 17). Bu durum, araştırma sahasında orman alanlarına olan baskının boyutunu ve yönünü anlamamızı sağlayan önemli bir değerdir. Genelde bir ara geçiş kuşağı olarak yayılış gösteren mera-çalı arazilerinin, havzanın yüksek kesimlerine doğru genişlemesi ve potansiyel sınırının dışına çıkması; araştırma sahasında arazinin yanlış ve bilinçsizce kullanıldığının, ormanların önemli ölçüde tahrip edildiğinin, kırsal sosyo-ekonomik faktörlerin ekosistem üzerinde risk oluşturduğunun göstergesidir.

Mera – Çalı arazileri, insan-doğa etkileşiminin önemli derecelerde yaşandığı ortamlardır. Maki formasyonu, yayılış alanı nedeniyle tahribata en açık alanlardır. Ege Bölgesi'nde özellikle alt rakımlardaki maki toplulukları, farklı kullanımlar nedeniyle kesintiye uğramıştır (Fidan vd., 2008). Araştırma sahasında bu etkileşim, özellikle söz konusu arazilerin tarım arazilerine dönüştürülmesi şeklinde



görülmektedir (Çizelge 17). Maki alanları, tıpkı ormanlar gibi yüzeysel akışı engelleyerek infiltrasyon kapasitesini artırmaktadır. Ayrıca maki türleri her mevsim yeşil olması, derinlere giden kök sistemleriyle toprağı sarmaları ve toprak yüzeyinde yoğun bir örtü oluşturmaları nedeniyle, özellikle kış yağışlarında toprağın korunmasına yardımcı olmaktadır (Özel vd., 2012). Diğer bir ifadeyle, araştırma sahasında mera-çalı arazilerinin tarım arazilerine dönüştürülmesi, sahadaki toprak ve su ekosistemleri üzerinde önemli etkilere neden olabilecek boyuttadır.



Şekil 32. Yunt Dağı Üzerinde Mera-Çalı Sınıfına Ait Arazilerden Bir Görüntü

#### **5.1.1.4. Ekili-Dikili Alanlar**

Bakırçay Havzası'nda genel olarak arazinin az eğimli sahalarıyla denk düşen havza tabanı ve buraları çevreleyen nispeten az eğimli alanlar, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu sahalardır. Bu sahalarda toplam havza alanının yaklaşık %35'ini kaplamaktadır (Şekil 31). Araştırma sahasında ekili-dikili alanlar deniz seviyesine yakın yükseklikten başlayarak, yaklaşık 800 m'ye kadar çıkmaktadır. Havzanın batısında, delta alanında, deniz seviyesinden birkaç metre yükseklikten itibaren tarım faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Aşağı havzada tarım faaliyetleri; Zeytin Dağı çevresinde 250 m, havzanın kuzeybatısında Geyikli Dere civarında 150 m seviyelerine kadar çıkmaktadır. Orta havzada Kınık güneyinde, Yunt Dağı kütlesi



üzerinde bu alanların 500 m'lere kadar uzandığı görülmektedir. Yine orta havzada, Soma-Kırkağaç Ovası'nda, özellikle Kırkağaç'ın güneyindeki Kocakaya Tepesine ve Soma'nın kuzeyindeki Şifadağı kütlelerine doğru tarım alanlarının genişlediği, 700 metre yüksekliğine kadar çıkabildiği tespit edilmiştir. Buralarda tarım alanları özellikle civardaki yüksek kütleler (Kocadağı, Kösekaya Tepe, Dede Tepe.) üzerinde, Bayat, Deniz, Yırca, Evciler yerleşmeleri çevresinde yayılış göstermektedir. Havzanın yukarı kesiminde, Gelenbe çevresinde, Kuzuluk ve Ayçatal Tepeleri üzerinde 700 metrelere kadar çıkan ekili-dikili alanlar; kuzeydoğudaki Yağcılı-Savaştepe-Sarıbeyler ovalarında yaklaşık 400 metre yüksekliğine çıkmaktadır.

Söz konusu alanlar farklı tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği sahalardır. Kimi yerlerde ekili tarım faaliyetleri ön plandayken, kimi yerlerde dikili tarım faaliyetleri ön plandadır. Dikili araziler yükseltinin artmasına bağlı olarak artmaktadır. Araştırma sahasında, havza tabanında, eğim değeri düşük olan mutlak tarım arazilerinde ve çevredeki yüksek sahalardaki marjinal tarım arazilerinde ekili tarım faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Bu sahalarda aşağı havzada Çandarlı-Zeytindağ çevresinde 400 metrelere, orta havzada Bergama-Kınık-Göçbeyli ovalarında ve çevredeki yüksek sahalarda 800 metrelere, Soma-Kırkağaç-Gelenbe çevresinde 700 metrelere ve yukarı havzada Yağcılı-Savaştepe-Sarıbeyler çevresinde 400 metrelere kadar çıkmaktadır. Dikili araziler ise aşağı havzada Çandarlı-Zeytindağ civarında deniz seviyesinden itibaren 500 metrelere, orta havzada Bergama-Kınık-Göçbeyli çevresinde havza tabanından itibaren 600 metrelere, Soma-Kırkağaç-Gelenbe civarında 700 metrelere ve Yağcılı-Savaştepe-Sarıbeyler çevresinde 400 metrelere kadar yer almaktadır. Genel bir şema çizildiğinde, araştırma sahasında alüvyal ve kolüvyal malzemelerle dolu olan havza tabanından başlayan tarım sınırı, çevredeki yüksek kütleler üzerindeki sahalara kadar devam etmektedir ve ekili-dikili tarım, kademeli bir geçiş göstermemektedir. Öyle ki havza tabanındaki mutlak tarım arazisi üzerinde dikili arazilere, eğimli marjinal sahalarda ise ekili arazilere rastlanmaktadır.

Tarım ekosistemi, insanlığın kendi gıda ve besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ortaya çıkmıştır ve diğer ekosistemlerle ilişkili olmakla birlikte kendi içerisinde farklı servisleri barındırmaktadır. İnsanın, doğadan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla

binlerce yıl önce kurmaya başladığı bu ekosistem, doğal ekosistemler ile karmaşık bir ilişkiye sahiptir (Gürbüz, 1992; Van Der Werf ve Petit, 2002; Garbach vd., 2014). Ancak yanlış tarım faaliyetlerinin doğal ekosistemler üzerinde problemlere neden olduğu gerçektir. Bunlar genel olarak; pestisit kullanımına, sulama, gübreleme, ürün artıklarının yakımına ve hayvansal artıklara bağlı olarak ortaya çıkan problemlerdir (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 1998; Lichtenberg, 2000).

Ekosistem üzerinde önemli risk durumları oluşturan tarım faaliyetlerinin bir diğer etkisi arazi örtüsünde değişikliklere neden olması yoluyla meydana gelmektedir. Araştırma sahasında bu etki, 2013 yılına gelindiğinde, Bakırçay Havzası'nda en geniş alanların tarım arazisi olmasına neden olmuştur (Şekil 27). Ekili-Dikili alanlar özellikle orman ve mera-çalı arazilerinin aleyhine, havzanın yüksek eğimli kesimlerine doğru genişlediği tespit edilmiştir (Çizelge 17). Söz konusu bu marjinal araziler, Türkiye'de arazi bozulmasının ya da erozyonun en şiddetli şekilde meydana geldiği alanlardır (Gül vd., 2011). Bu durum Çandarlı kuzeyi Demirtaş yerleşmesi çevresinde, Zeytindağ civarında, Kara Dere havzası çevresinde, Kırkağaç-Gelenbe Ovasını kuşatan nispeten yüksek sahaların yamaçlarında, Şifadağı güney ve güneybatı yamaçlarında ve havzanın kuzeyinde Ilıca Dere havzası çevresinde karşımıza çıkmaktadır. Bu sahalar 1985-2013 yılları arasında orman ya da mera-çalı arazisi formlarından, ekili-dikili arazi formuna değişimin meydana geldiği sahalardır (Şekil 30).

Araştırma sahasında arazinin yanlış ve bilinçsiz kullanımına bağlı olarak gerçekleşen değişimin bir nedeni olarak, havza tabanındaki tarım arazilerinin yerleşme amaçlı kullanımı gösterilebilir. Gerçekten 1985–2013 yılları arasında genişleyen yerleşim alanlarının, daha çok eski ekili araziler üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 17). Buna karşılık havza genelinde tarım arazilerinde bir genişlemenin meydana geldiği görülmektedir. O halde Bakırçay Havzası'nda, havza tabanındaki mutlak tarım arazileri, yerleşmeye bağlı olarak azalış göstermekteyken; havza tabanını çevreleyen yüksek kesimlerde orman ve mera arazilerinin tahribine bağlı olarak ekili-dikili alanlarda genişleme söz konusudur. Bu bağlamda Türkiye'nin 2004–2014 yılları arasında tarım arazilerinin %10'unu; artan erozyon, kimyasal değişimler, nüfus ve

kentleşmeye bağlı olarak kaybettiği (Anonim, 2015) göz önüne alındığında, araştırma sahasının benzer ekolojik problemlerle karşı karşıya olduğu söylenebilir.

Havzada ekili-dikili alanlarda gerçekleştirilen tarımsal faaliyetlerin yanı sıra jeotermal potansiyele bağlı olarak, son yıllarda artan seracılık faaliyetleri dikkat çekmektedir. Bu alanlar toprak yüzeyinden farklı yansıma değerlerine sahip olduğundan, arazi sınıflandırmasında beşeri alanlar sınıfına dâhil olmuştur. Bölge; jeotermal potansiyeli, iklimi, ulusal ve uluslararası pazarlara olan ulaşım noktasında sağladığı imkânlar nedeniyle örtü altı tarım faaliyetleri için bir cazibe noktası haline gelmiştir. Gelecekte bu faaliyetlerin daha geniş alanlarda gerçekleştirileceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2006).

Dikili-Bergama çevresinde yaklaşık 400.000 dönüm arazide kurulan seraların birçoğunda, jeotermal ısıtmadan faydalanılmaktadır (Eltez ve Eltez, 2005). Jeotermal sular kimsayasal özelliklerinden dolayı kirlilik, tuzluluk, çoraklaşma gibi çevresel sorunlara neden olmaktadır (Filiz ve Dorsan, 1998). Bu nedenle termal suların çevresel problemlere yol açmalarını önlemek amacıyla kullanıldıktan sonra ortamdaki uzaklaştırılmaları gerekmektedir (Eşder, 1981).

Termal suların uzaklaştırılmasında farklı yöntemler kullanılmaktadır (Sevgican ve Eşder, 1984). Bu tekniklerin uygulanması sırasında termal suların, civardaki tarım arazilerine sızması, önemli problemlere neden olabilmektedir. Örneğin Aydın Germekcik'te seraların ısıtılmasında kullanılan suyun tarım alanlarını sulamasında faydalanılan Bozköy çayına bırakılması toprak sıcaklığının yükselmesinden dolayı erkenciliğe ve suyun kalitesine bağlı olarak ürünlerde problemlere yol açabilecek bir sorun olarak görülmektedir (Karaman ve Kurunç, 2004). Ayrıca sulama sularına karışan jeotermal suların içindeki maddeler, zamanla toprakta birikerek tuzluluğa neden olmaktadır (Karaman ve Kurunç, 2004).

Bu durumda, araştırma sahasının aşağı havzada artan sera faaliyetleri, önemli ekolojik problemlere yol açabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle arazi çalışmalarında aşağı havzada delta çevresinde gözlemlenen tuzluluk problemini etkileyen unsurlardan birisinin, sera faaliyetlerinin olabileceği düşünülmektedir. Bu faaliyetlerin gelecekte daha geniş alanlara yayılacağı beklentisi, bölgedeki toprak ekosistemi üzerinde önemli problemlere yol açması muhtemel görülmektedir.

Jeotermal sistemler, enerji problemi bakımından en iyi alternatiflerdendir. Ancak jeotermal sistemlerin, ekosistem çerçevesinde ele alınmaması, araştırma sahasında, özellikle Bakırçay Deltası çevresinde yukarıda bahsedilen olası problemleri beraberinde getirecektir.

Deltalar, oluşumunda farklı süreçlerin bir denge içerisinde gerçekleşmesine bağlı olarak meydana gelen ve gelişen alanlardır. Araştırma sahasında bu süreçlerdeki uyumsuzluk, delta gelişimini etkilemiş ve bölgedeki diğer deltalara göre nispeten daha küçük bir deltanın oluşmasına neden olmuştur (Pınar, 1984). Delta alanları; tatlı su, tuzlu su ve her ikisinin karıştığı ekosistemleri içermektedir. Farklı ekosistemlerin bir arada bulunmasına bağlı olarak bu alanlar, önemli ekolojik çeşitlilik alanlarındandır (Tırıl, 2006).

Deltalar önemli su ve toprak kaynaklarıdır. Sahip olduğu zenginliklerin yanısıra deltalar, barındırdıkları sulak alanlar ile yeraltı suyunun beslenmesinde önemli rol oynarken, aynı zamanda doğal yoldan seli önleyen alanlardır (Mitsch ve Gosselink, 2000). Kıyı sulak alanlarının önemli fonksiyonlarından birisi de doğal filtre rolüne sahip olmalarıdır. Deltalar, kentsel atıklardan, açık ocak maden işletmeciliğinden ve agro-kimyasallardan kaynaklanan kirleticileri filtreleme kabiliyetine sahip alanlardır (Atalay, 2008). Bu özelliği ile deltalar, Bakırçay Havzası'nda sınır değerlere çok yakın olduğu tespit edilen (Ortabük, 2007) ağır metal kirleticilerin, denize ulaşmasını engellemektedir.

Kıyı alanları, sahip olduğu ekolojik çeşitlilik ve fonksiyonlarının yanı sıra ticari faaliyetler için yüksek potansiyele sahiptir. Bu özelliği ile antopojenik faaliyetler için cazibe oluşturmaktadır. Nitekim araştırma sahasında kıyı alanları hem ticari potansiyelinden kaynaklanan hem de önemli su ve toprak kaynakları olmasından kaynaklanan antopojenik etkilere maruz kalmaktadır.

Bu etkilerden ilki, delta arazisindeki tarım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Yapılan analizler sonucunda özellikle Çandarlı'nın kuzeydoğu, doğu ve güneydoğusunda; Demirtaş mahallesinin güneydoğusunda yer alan, Bakırçay Deltası'nın kuzey kesimindeki araziler, 1985 yılında açık toprak yüzeyi iken 1999 yılında tarım arazisi olarak kullanılmıştır (Şekil 28). Arazi gözlemleri sonucunda yer yer sazlıklara rastlanan bu alanlarda, genel olarak pamuk, ayçiçeği ve mısır gibi

endüstriyel bitkilerin tarımı yapıldığı gözlenmiştir. Bu durum delta ekosistemi üzerinde agro-kimyasal kullanımına bağlı olarak risk teşkil etmektedir. Ayrıca bu bölgede gerçekleştirilen tarım alanlarının sulama ihtiyacı, Bakırçay Nehri'nden su çekilerek karşılanmaktadır. Yaz aylarında nehrin ağız kısmına set çekilmesi ile nehir yatağında biriktirilen su, insanlar tarafından tarlalarını sulamak amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 33). Setin kaldırılmasıyla ve artan debiye bağlı olarak kış aylarında nehrin getirdiği malzemelerle devam eden deltaik süreç, yaz aylarında ayrıca antropojenik faaliyetler tarafından kesintiye uğraması, bölge ekosistemi üzerinde risk oluşturmaktadır.

Kıyı alanları üzerinde bir diğer baskı, yapılaşma faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu süreç iki farklı şekilde meydana gelmektedir. Bunlardan ilki, bölgeden inşaat faaliyetlerinde kullanılmak üzere kum alınmasıdır. Bu durum yapı malzemesi olarak deniz kumunun kullanılmasının doğurduğu olumsuz sonuçların yanı sıra, delta gelişimini engellemesi bakımından önem arz etmektedir.



Şekil 33. Bakırçay Ağızına Çekilen Set ve Deltada Nehirden Su Çekilerek Yapılan Tarım Faaliyetleri

Yapılaşmanın bir diğer şekli ise bölgeye konut inşa edilmesidir. Deltanın güney kesiminde drenaj ve toprak özelliklerinden dolayı gerçekleştirilemeyen tarımsal faaliyetler, yerini ikincil konut projelerine bırakmıştır. Bakırçay Nehri'nin denize kavuştuğu sahanın güneydoğusunda Çandarlı Tatil Köyü, Ayyıldız Tatil Sitesi, Olgu Sitesi, Yıldızkent Konutları yer almaktadır. Ulaşımı Bakırçay'ın kanalları üzerinden ya da ana nehir yatağı boyunca sağlanan yazlık konutlar, bölge ekosistemi için önemli riskler oluşturmaktadır. Ayrıca yapılan arazi çalışmaları sonucunda, Çandarlı'nın kuzeydoğusunda, Bakırçay'ın ağız kısmının kuzeybatısında yer alan

Çandarlı'yı, İzmir-Çanakkale yoluna bağlayan yolun çevresindeki alanların kadastro planlamasının yapıldığı, yer yer yerleşmelerin konumlandığı görülmüştür. Alüvyal birikinti sahaları üzerine inşa edilen bu yerleşme alanları, yüksek tuzluluk ve taban suyu seviyesi nedeniyle tarımsal faaliyetler için uygun değildir. Aynı şekilde söz konusu konut alanları, yüksek taban suyu seviyesi nedeniyle zemin sıvılaşması riskine sahiptir. Ancak kıyı alanlarının ticari çekiciliği, bu alanların yerleşme sahası olarak kullanılmasına yol açmıştır.

Görüldüğü gibi bu sahalar, hem delta oluşum süreci ve bölgedeki tatlı ve tuzlu ekosistemler üzerinde etkili olması hem de inşaat için uygun koşulları sağlamaması nedeniyle problemlili sahalar. Fakat bu sahaların gelecekte daha fazla genişleyeceği kaçınılmazdır. 15 Mayıs 2011 tarihinde temeli atılan Çandarlı Limanı, bölge üzerindeki antropojenik etkilere farklı bir boyut kazandıracaktır (Şekil 34). 2005 yılında Çevre Etki Değerlendirmesi raporunu alan, ancak 2010 yılında çalışmalarına başlanan ve 2011 yılında temeli atılan projenin 2014-2018 yılları arasında kapsayan 10. Kalkınma Planına göre tamamlanması planlanmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2013).

Limanlar, konumları itibarıyla hem karasal, hem kıyı hem de deniz ile ilişki içerisindedir. Bir diğer ifadeyle limanların bulunduğu sahalar, liman faaliyetlerinden kaynaklanan karasal ve gemilerden kaynaklanan denizel kirleticilerin etkisi altındadır (Antoniou ve Stamatiou, 2012). Limanlar kuruldukları bölgelerde su kalitesi, kıyı hidrolojisi, deniz ve kıyı ekolojisi, deniz dibi kirliliği, hava ve gürültü kirliliği, atık yönetimi gibi çevre sorunlarına neden olmaktadır (Danışman, 2012). Bu çerçevede Bakırçay Deltası'nda yapımına başlanan liman projesi, gelecekte bölge ekosistemi üzerinde önemli problemlere yol açacaktır.

#### **5.1.1.5. Beşeri Alanlar**

Araştırma sahasında yer alan beşeri alanların başında yerleşmeler gelmektedir. Sahada, deniz seviyesine yakın yüksekliklerden başlayıp 750 metre yüksekliğe kadar değişen basamaklarda, daimi yerleşmeler yer almaktadır. Nitekim aşağı havzada deniz seviyesinde yer alan Çandarlı, Aliğa ilçesine bağlı olan Yenişakran Mahallesi (5 m), Bergama ilçesine bağlı Aşağıkırıklar Mahallesi (12 m), havzanın en alçak daimi yerleşmeleridir. Yukarı havzada Soma ilçesine bağlı Sultaniye Mahallesi (741

m) ve Savaştepe ilçesine bağlı Hıdırbalı Mahallesi (738 m) ile havzanın en yüksek daimi yerleşmeleridir.



Şekil 34. Bakırçay Deltası'nda İnşası Devam Eden Çandarlı Limanı

Bakırçay Havzası'nda 2013 yılı itibariyle %3,6'lık alan kaplayan beşeri alanlarda, yıllar arasındaki düzenli artış dikkat çekmektedir (Şekil 31). Öyle ki artış oranına bakıldığında 1985-2013 yılları arasında beşeri alanların yaklaşık %300 genişlediği görülmektedir. Bu büyümenin, fizyolojik olarak özellikle tarım sahaları (%9,8) ve mera-çalı arazileri (%5,1) üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 17). Gerçekten 1985-2013 yılları arası değişim incelendiğinde Bergama, Soma ve Kırkağaç ilçelerinin çevrelerindeki tarım arazilerine doğru genişlediği görülmektedir.

Kentsel kullanım alanlarına dönüşen verimli tarım arazileri, hem doğal hem de kent ekosistemi açısından bazı problemlere neden olmaktadır. Verimli toprak varlığının azalışı ve verimlilikteki azalış, toprağın geçirimsiz bir tabaka ile kaplanması ile yeraltı hidrolojisindeki değişimler doğal sistemlerin maruz kaldığı olumsuz etkilerdir. Kentlerin yanlış tarımsal kullanımların yol açtığı kirliliklere maruz kalması ve kır ile plansız bir şekilde iç içe geçmesinden dolayı ortaya çıkan fiziksel ve fonksiyonel problemler, kent ekosistemini olumsuz yönde etkilemektedir (Topçu, 2012).

#### 5.1.1.6. Çıplak Toprak İle Taş Yüzeyleri

2013 yılı itibariyle araştırma sahasının yaklaşık %6'lık kesimine denk gelen bu alanlar, 1985-2013 yılları arasında düzenli bir daralma göstermektedir. Söz konusu alanlar, yüzeylerinin hiçbir örtü ile kaplı olmamasından dolayı, dış kuvvetlerin doğrudan temasına maruz kalmaktadır. Bu nedenle çıplak toprak ile taş yüzeyleri, erozyon açısından riskli sahalardır. Araştırma sahasında bu alanlar; güneyde Zeytindağ-Bademalanı yerleşmeleri arasında, Kınık güneyinde Adatepe çevresinde, Savaştepe-Sarıbeyler etrafındaki yüksek kesimlerde, Çamoba-Ahmetbeyler yerleşmeleri arasında yoğun bir şekilde ve batıda Demirtaş yerleşmesi çevresinde yayılmış göstermektedir (Şekil 35).



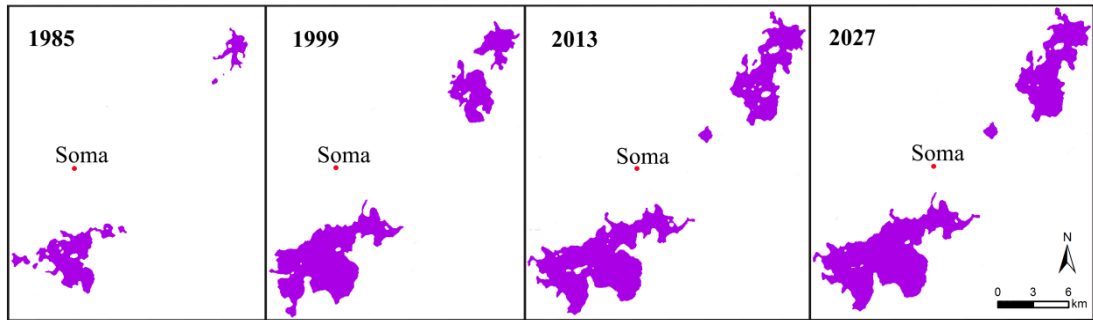
Şekil 35. Bademalanı Yakınlarında Açık Toprak ile Taş

Çıplak toprak ve taş yüzeylerinin 1985-2013 döneminde %74,2'sinde bir değişim olmadığı, fakat % 25,8'inin farklı arazi kullanımlarına dönüştüğü tespit edilmiştir. Bunun da önemli bir oranının ekili-dikili araziler ve mera - çalılıklarla kaplandığı görülmektedir (Çizelge 17). Ekili-dikili arazilere olan değişim ve zeytinliklere olan değişim önemlidir. Çünkü havzada zeytinlik arazilerin oluşturulması dikkati çeken önemli bir değişimdir.



### 5.1.1.7. Maden Sahaları

Madencilik, arazi örtüsü üzerindeki etkisiyle birlikte ekosistem üzerinde önemli etkilere sahiptir (Grebb vd., 2006). Araştırma sahasında 1913 yılından günümüze gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinin hâlihazırda önemli çevresel problemlere yol açtığı tespit edilmiştir (Karadağ, 2005). Maden sahasının 1985–2013 yılları arasındaki büyümesi göz önünde alındığında, gelecekte bu problemlerin maden sahasındaki büyümeye paralel olarak, artarak devam edeceği mutlak gerçektir (Şekil 36).



Şekil 36. Soma Çevresinde Yer Alan Maden Sahalarının Zamansal Değişimi ve Gelecekteki Potansiyel İlerleme Seviyesi

Araştırma sahasında gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinin birçoğu, açık ocak sistemi ile gerçekleştirilmektedir (Karadağ, 2005). Ancak bölgenin jeolojik özellikleri nedeniyle, bundan sonra Soma formasyonu içerisinde rezervlerin işletilebilmesinin, sadece kapalı ocak işletmeciliği ile mümkün olacağı belirtilmektedir (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, 2014). Her iki türde gerçekleştirilen madencilik faaliyetlerinin ekosistem üzerinde önemli etkileri olmaktadır.

Literatürde *Mountaintop removal* olarak geçen, dağların açılarak madenin çıkartılması işlemi, diğer bir ifadeyle Soma'da gerçekleştirilen açık ocak işletmeciliği faaliyetlerinin, ekosistem üzerinde çok yönlü etkileri olmaktadır. Açık ocak işletmelerinde ormanlık alanların maden sahasına dönüşmesi, bölgedeki vejetasyon toplulukları, doğal yaşam habitatları, toprak yapısı ve özellikleri üzerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır (Williams vd., 1995). Örneğin Appalaş Dağları bölgesinde iki eyalete birden etki edecek boyutlara ulaşan arazi örtüsündeki önemli değişikliklerin nedeni, açık ocak sistemiyle gerçekleştirilen madencilik faaliyetleridir (Palmer vd., 2010). Bu durum orman örtüsündeki azalmaya ve toprak

özelliklerindeki değişime bağlı olarak azalan infiltrasyon kapasitesi nedeniyle, sel ve sevelanların artmasına sebep olmuştur. (Ferrari vd., 2009). Bununla birlikte, yapılan çalışmalar, kömür madenciliğinin akarsulardaki canlı yaşamı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Garcia-Criado vd., 1999; Kennedy vd., 2003). Özellikle madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan sudaki asit miktarının artması, (pH < 6) toprak ve su ekosistemini olumsuz etkilemektedir (DeNicola ve Stapleton, 2002; Bell ve Donnelly, 2006). Yine açık madencilik faaliyetlerinden dolayı büyük boyutlarda çukurların açılması, yer altı suyunun drenajında değişikliğe ya da suyun tamamıyla yok edilmesine neden olabilmektedir (Darmer, 1992). Yer altı su hidrolojisinde meydana gelen bu değişim ise tarım alanlarındaki verimi ve akiferlerden yararlanan bölge insanını doğrudan etkileyebilmektedir (Szczepinski, 2016).

Açık ocak işletmeciliği tipik olarak üç aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada yüzeydeki bitki örtüsü temizlenir ve toprağın verimli üst horizonları homojen bir şekilde kaldırılarak başka bir alanda depolanır. İkinci aşama toprağın ve örtü kayaçların kaldırılması, kömürün çıkarılması ve homojen bir şekilde başka bir alana taşınan toprağın geri taşınmasıdır. Son aşama ise ıslah ya da bitki örtüsünün yeniden kurulması, yani arazi rehabilitasyonu şeklindedir (Simmons vd., 2008). Bu kapsamda, araştırma sahasında Ege Linyit İşletmesi tarafından 1990–2011 yılları arasında yaklaşık 11.500 dekarlık bir arazide ağaçlandırma çalışması gerçekleştirilmiştir (Ege Linyit İşletmesi, 2015). Çalışma yapılan sahaların önemli bir bölümü, eski açık maden ocakları olmakla birlikte, çoğunlukla kızılçam (*Pinus brutia*), sıstıkçamı (*Pinus pinea*), yalancı akasya (*Robinia pseudoacaccia*) ve mavi Selvi (*Cupressus Arizonica*) türlerinin dikimi yapılmıştır (Ege Linyit İşletmesi, 2015). Bununla birlikte 2014–2018 yılları arasında bölgedeki maden sahalarına yönelik herhangi bir iyileştirme planı bulunmamaktadır (Anonim, 2014b).

Şüphesiz ağaçlandırma çalışmaları bölge ekosistemini iyileştirmeye yönelik önemli bir adımdır. Ancak ağaçlandırma ile orman arasında çok önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu nedenle bölge ekosisteminin onarımına yönelik doğrudan adımlar atmak, ağaçlandırma faaliyetlerinden daha önemlidir. Nitekim toprak ve bitki örtüsünden yoksun, kullanılmayan açık maden ocakları gibi çıplak sahalarda, orman ağacı türlerinin fidanlarıyla yapılan ağaçlandırmaya göre, biyomühendislik önlemlerinin alındığı, otsu bitkilerle ekim ve dikim yapılmasının daha etkili olacağı

ifade edilmektedir (Güney ve Şimşir, 2000). Bu bağlamda sadece ağaçlandırma, rehabilitasyon aşamasının tamamı olarak görülmemelidir. Söz konusu aşama, ağaçlandırmayı içinde barındıran ve hasar görmüş sistemin onarımını amaçlayan bir bütün olarak ele alınmalıdır (Dizdar 1993; Karakurt, 2004).

#### **5.1.1.8. 2027 Yılı Olası Arazi Kullanımı/Örtüsü**

Güncel arazi kullanımı karar vericiler için önemli bir veri altyapısı sağlamaktadır. Arazideki mevcut durumun bilinmesi, alanla ilgili “*en iyi*” kararların alınması sürecinde hızlı ve doğru adımlar atılmasına yardımcı olmaktadır (Yılmaz, 2005). Ancak arazi kullanımı planları ilgili kurumlar ve kuruluşlar tarafından mevcut ve gelecekte oluşacak potansiyel arazi kullanım türleri gözetilerek gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2005). Bu nedenle ekolojik riskin belirlenmesinde, mevcut durumla birlikte gelecekteki potansiyel değişimin konumu, miktarı ve yönü de dikkate alınmıştır.

Bu amaçla, Stokastik yöntemler temel alınarak, Bakırçay Havzası’nda 2027 yılında meydana gelebilecek olası arazi kullanımı ve örtüsü durumu analiz edilmiştir. Bu aşamada 1999–2013 görüntüleri arasındaki değişime bağlı olarak, 2027 yılında araştırma sahasında meydana gelebilecek potansiyel arazi kullanımı/örtüsü türleri tespit edilmiştir (Şekil 37). Yapılan analizler 0,95 ( $p < 0,05$ ) düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle uygulanan Stokastik Markov Modeli %95 güven düzeyinde anlamlı kabul edilmiştir. Sınıflar arası değişim olasılıkları ve bunların mekânsal dağılışı Çizelge 18 ve Şekil 37’de gösterilmiştir. Yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular şu şekildedir:

Stokastik Markov Modeli’ne göre Bakırçay Havzası’nda su yüzeylerinde %87 olasılıkla değişim meydana gelmeyeceği ön görülmektedir. Buna karşılık %10 ihtimalle su yüzeyleri maden sahalarına dönüşecektir. Yine aynı şekilde yaklaşık %88 değişimin meydana gelmeyeceği ön görülen maden sahaları, yaklaşık %3 olasılıkla su yüzeylerine dönüşecektir (Çizelge 18). Bu durum 1999-2013 yılları arasında açık maden işletmelerindeki su yüzeylerinin zamanla kapanmasından ve tersi şekilde işletmelerde yüzeye çıkan yer altı suyu birikintilerinden kaynaklanmaktadır.



Model sonucuna göre olası önemli değişikliklerin meydana geleceği sahalara orman alanlardır. Bu sahalara 2027 yılına gelindiğinde %67 ihtimalle aynı kalacağı ön görülmektedir. Değişimin önemli bir kısmının mera-çalı arazisi formuna yönelik olması beklenmektedir. Söz konusu iki sınıf arasında değişimin meydana gelmesi ihtimali yaklaşık %29'tur. Bu durum araştırma sahasında 2027 yılına gelindiğinde, orman alanlarının degradasyonuna bağlı olarak yayılış gösteren sekonder formdaki maki formasyonunun genişleme olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Buna karşılık %70 ihtimalle aynı kalacağı ön görülen mera-çalı arazileri, %11 olasılıkla orman alanlarına dönüşecektir. 1999-2013 yılları arasında bazı sahalarda ağaçlandırma faaliyetlerine bağlı olarak genişleyen alanların varlığı, bu olasılığı güçlendirmektedir.

Çizelge 18. 1999-2013 Arazi Kullanımı/Örtüsü Sınıfları Arasındaki Değişime Göre 2023 Yılında Sınıfların Dönüşebileceği Sınıflar ve Olasılıkları

	Su Yüzeyleri	Ormanlık Alanlar	Mera- Çalı Arazileri	Ekili- Dikili Alanlar	Beşeri Alanlar	Çıplak Toprak ile Taş Yüzeyleri	Maden Alanları.
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,8721	0,008	0,0086	0,0038	0,0089	0,0714	0,0272
2	0,0019	0,6679	0,2856	0,0126	0,0005	0,0203	0,0114
3	0,0035	0,1106	0,7071	0,0669	0,0011	0,1031	0,0076
4	0,0084	0,0098	0,1251	0,7628	0,0209	0,0709	0,0021
5	0,0074	0,003	0,0118	0,1557	0,7208	0,0766	0,0247
6	0,0052	0,0151	0,2351	0,1073	0,0242	0,6089	0,0042
7	0,0195	0,0311	0,0425	0,0098	0,0097	0,0074	0,8799

Araştırma sahasında olası değişim ihtimali güçlü olan bir diğer sahalara, ekili-dikili arazilerdir. %76 oranında değişim olmayacağı ön görülen bu alanlardan en önemli değişim beklentisi beşeri alanlara doğru olmaktadır (%15). Bu durum amaç dışı kullanıma bağlı olarak günümüzde tarım alanları üzerindeki yerleşme baskısının, 2027 yılında devam edeceği beklentisini artırmaktadır. Nitekim beşeri alanlara dönüşme olasılığı en yüksek sahalara, ekili-dikili alanlar olarak hesaplanmıştır (Çizelge 18).

Analiz kapsamında elde edilen geçiş olasılığı matrisine göre; beşeri alanlardan ekili-dikili alanlara dönüşümün gerçekleşme olasılığı %15'tir. Gerçekte böyle bir ihtimalin olamayacağı açıktır. Ancak hiçbir kriter ya da kısıtlayıcı değişken olmaksızın gerçekleştirilen stokastik modelde, hesaplamalar, girdi olarak verilen iki farklı yıl arasındaki değişime bakılarak elde edilmektedir. Buna bağlı olarak hesaplanan olası değişim miktarları, pikseller arasındaki komşuluk ilişkisine göre dağılım göstermektedir. Havza tabanında yer alan, genellikle tarıma bağlı sanayi faaliyetlerinin gerçekleştirildiği alanlar ile etrafındaki ekili-dikili alanlar arasındaki komşuluk ilişkisi, hesaplamada böyle bir sonucun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu durum risk analizi kapsamında görmezden gelinerek, dikkate alınmamıştır.

### **5.1.2. Bakırçay Havzası'nda Toprak Kaybı**

Yer yüzeyinin yüzeysel akış suyu, yağmur damlası, rüzgâr, dalga ve buzul gibi doğal etmenlerle aşınması süreci normal bir jeolojik süreçtir. Ancak, insanın arazi örtüsünde meydana getirdiği değişiklikler, vejetasyon örtüsünü tahrip etmesi ve doğal sistemlerin işleyişinde neden olduğu bozukluklar nedeniyle meydana gelen süreç, normal erozyon hızının çok üstünde bir şiddet ve hızda meydana gelmektedir (Bennet, 1939). Diğer bir ifadeyle binlerce yılda meydana gelen toprak kütlesi, doğal eroziv kuvvetlerin etkisi ile ve yeni toprak oluşum hızının çok üstünde bir hızla aşınmakta ve taşınmaktadır.

Toprakta erozyon nedeniyle A horizonunun taşındığı kesimlerde humus açısından fakir B horizonu ortaya çıkar ve bu durum toprak verimliliğinin % 50- 80 oranında düşmesine neden olmaktadır (Cebel ve Akgül, 2011). Ayrıca toprak erozyonuyla birlikte toprak derinliğine bağlı olarak toprağın su tutma kapasitesinde meydana gelen azalma, yüzey akıştaki artış, organik madde kaybı, toprakta verim kaybına neden olmakta ve arazi degradasyonunu hızlandırmaktadır (Lal ve Pierce 1991).

Türkiye'de orman alanlarının % 54'ü, tarım alanlarının % 59'u, meraların % 64'ünde orta ve şiddetli erozyon görülmektedir (Özdemir ve Dönmez Tatar, 2016). Türkiye orman varlığı, 2012 yılı sonu itibarı ile 21.670.000 hektardır. Ormanların 11.551.570 hektarı verimli 10.118.430 hektarı da bozuk vasıflıdır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2013). Bozuk orman alanlarının toplam orman varlığının %46,7'ini oluşturduğu

dikkate alınır, orman alanlarının da erozyon tehlikesi ile karşı karşıya olduğu ve bu alanlarda erozyon tedbirleri alınması gerektiği ortadadır.

Artan dünya nüfusu ve toprak ürünlerine olan ihtiyacın büyümesi, toprağın korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasını konusunun önemini artırmaktadır. Toprak korumasındaki temel amaçlardan birisi, üzerinde doğal ve kültürel yollarla bitkilerin yetişen ya da başka arazi örtüsü/kullanımına sahip toprakların, yağmur damlasının kinetik enerjisi ve yüzeysel akış ya da diğer etmenlerle aşınmasını ve taşınmasını önlemektir. Bu bağlamda toprak erozyonuna neden olmayacak şekilde arazinin kullanılması ve yanlış arazi kullanımından ya da koruyucu yöntemlerin uygulanmamasından dolayı erozyona uğramış arazinin ıslah edilmesi süreçleri, toprak koruma ilkelerinin temel amaçlarıdır (Balçı, 1996).

Arazi kullanım özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmadığı sürece, toprak erozyonu potansiyelini mutlak anlamda ortadan kaldırmak mümkün değildir (Ellis ve Mellor, 1995). Bununla birlikte riskin yüksek olduğu alanlarda gerçekleştirilecek toprak koruma yöntemleri ile erozyon miktarı kabul edilebilir bir tolerans sınırı altında tutulabilmektedir (Bennet, 1939). Bu anlamda RUSLE yöntemi ile toprak kaybı potansiyelinin modellenmesi süreci aynı zamanda bir arazi kullanma ve toprak koruma planlaması amacıyla da kullanılmaktadır (Balçı, 1996). RUSLE denklemi ile belirli koşullardaki bir araziden oluşacak erozyon miktarı elde edildikten sonra, denklemde kullanılan parametrelerden bazılarının (C ve P gibi) değiştirilmesiyle, denklemde eşitlik sağlanmaya çalışılmaktadır. Burada amaç tespit edilen mevcut toprak kaybı miktarının, tolerans seviyesine indirmek için parametrelerin hangi değere sahip olması gerektiğini matematiksel denklem üzerinde elde etmektir. Diğer bir ifadeyle RUSLE yöntemi, sadece erozyon miktarının hesaplanması değil ayrıca arazi kullanma ve koruma önemleri planlaması yapmak amacıyla da kullanılabilir. Bu anlamda araştırma sahasında RUSLE yöntemi ile elde edilen sonuçlar, tolerans seviyesinin tespitinden sonra, havza planlama ve koruma çalışmaları için kullanılabilir değerdedir.

Araştırma sahasında RUSLE yöntemi ile suya bağlı toprak kaybı modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda modelin ihtiyaç duyduğu girdi verilerin üretimi arazi çalışmaları, laboratuvar analizleri, topografya haritaları ve 2013 yılına ait LANDSAT uydu görüntüsünden elde edilmiştir. Faktör hesaplamaları araştırmanın

yöntem bölümünde detaylıca açıklanmıştır. Sonuç olarak elde edilen Bakırçay Havzası'nda potansiyel toprak kaybının mekânsal dağılışı ve miktarı RUSLE yöntemi ile tespit edilmiştir (Şekil 38).

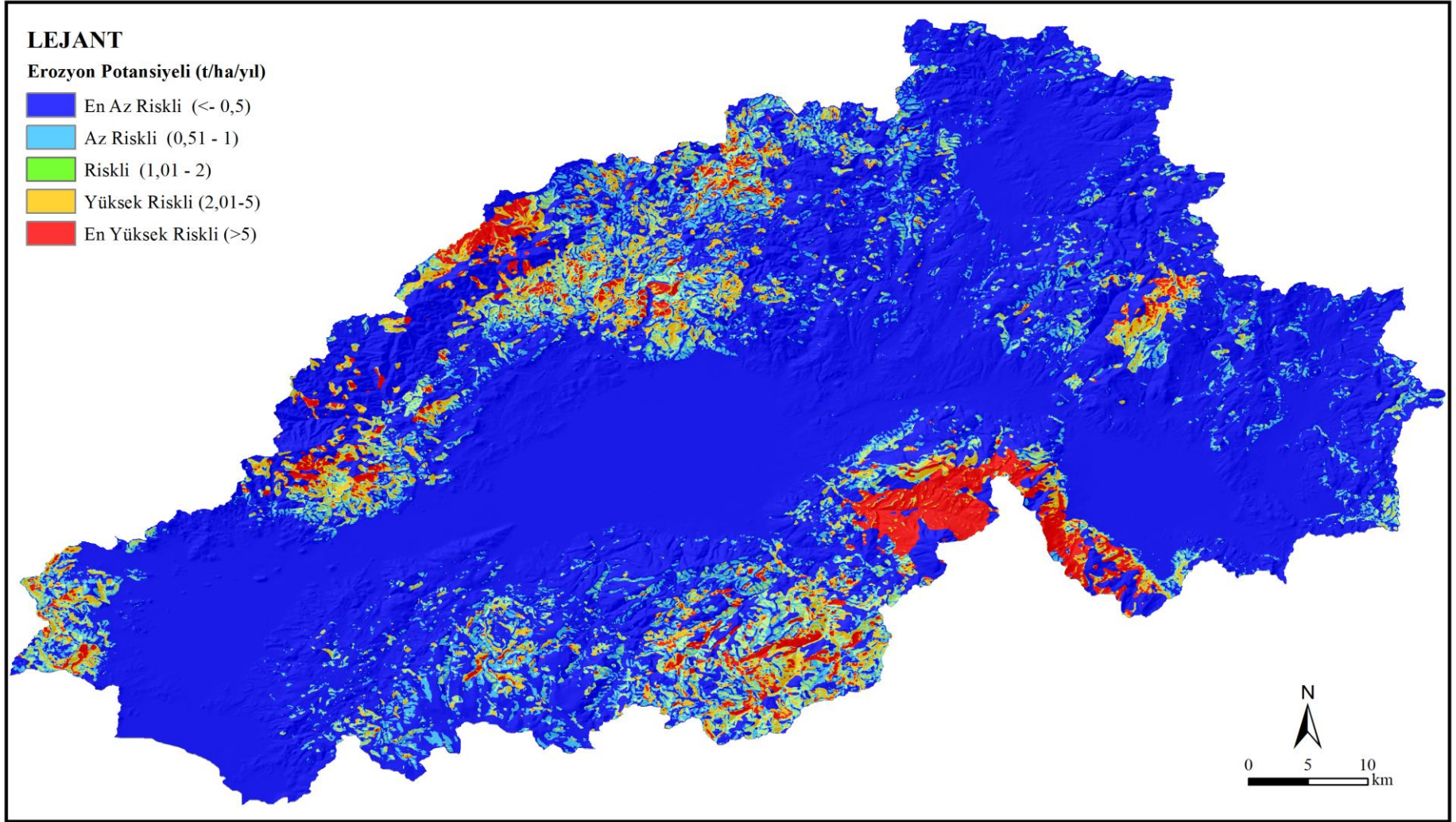
Analiz sonuçlarına göre Bakırçay Havzası'nda yıllık toprak kaybı miktarı 0-191,401 t ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Değerler arasında bu derece yüksek farklılıklar görünse de bunlar araştırma sonuçlarında göz ardı edilebilecek değerdedir. Gerçekten analiz değişkenlerinden LS faktörün SYM'indeki eğim kırıklıklarının bulunduğu sahalarda yüksek değerlere sahip olması, bu alanlarda toprak kaybı sonuçlarının uç değerlerde olmasına yol açmıştır. Ancak bu değerler toplamda yaklaşık 335236 ha olan araştırma sahasının %2'sinden çok daha azına karşılık gelmektedir. Öyle ki 60 t ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> üzerinde yer alan alanlar araştırma sahasının % 0,16'sını kapsamaktadır.

Araştırma sahasında elde edilen bulguların ekolojik risk kapsamında ele alınabilmesi için risk kategorileri oluşturulmuştur (Çizelge 19). Gerçekleştirilen risk sınıflandırması sadece ekolojik risk analizinde veri standardının sağlanmasına yöneliktir. Buna göre araştırma sahasının büyük çoğunluğu en az riskli kategori içerisinde kalmaktadır. Ancak burada unutulmaması gereken nokta kategorilendirmede dikkate alınan değerler ile araştırma sahasının toprak kaybı toleransı arasındaki ilişkidir. Sahanın toprak kaybı toleransı bilinmediğinden örneğin en az riskli olarak sınıflandırılan sahaların gerçekten risk altında olup olmadığı kesin olarak bilinemeyecektir. Bu durumu Bergsma vd., 1996 toprak koruma planlamasının temel adımlarından biri olarak vurgulamıştır. Buna göre planlamanın ilk adımı sahadaki toprak erozyonu potansiyelinin tespiti iken, koruma planlamasına karar verilmesi sahanın toprak kaybı toleransının bilinmesine bağlıdır (Bergsma vd., 1996).

Çizelge 19. Toprak Kaybı Potansiyelinin Risk Kategorilerine Göre Alansal Miktarı

<b>Toprak Kaybı Miktarı</b> (t ha <sup>-1</sup> yıl <sup>-1</sup> )	<b>Risk Kategorisi</b>	<b>Alan (%)</b>
0-5	En Az Riskli	71,1
5-12	Az Riskli	18,2
12-35	Riskli	8,4
35-60	Yüksek Riskli	2,1
>60	En Yüksek Riskli	0,16





Şekil 38. Bakırçay Havzası'nda RUSLE Yöntemine Erozyon Potansiyelinin Risk Gruplarına Göre Mekânsal Dağılışı



Şekil 39. Soma Çevresinde Yüksek LS ve C Faktör Değerlerine Sahip Sahalar

Araştırma sahasında toprak kaybı riskinin mekânsal dağılışına bakıldığında, havza tabanını çevreleyen nispeten yüksek kütlelerin eğimli yamaçları ile bitki örtüsünden tamamen yoksun açık maden işletmeciliğinin bulunduğu sahalara dikkat çekmektedir. Söz konusu maden alanları yapılan arazi çalışmalarında C faktör değeri en yüksek alanlar olarak belirlenmiştir. Bu durumla birlikte LS faktörün etkisi bu alanlarda erozyon potansiyelinin çok yüksek olmasına yol açmıştır (Şekil 39). Bu bağlamda söz konusu sahalarda işletmesi biten maden alanlarının rehabilitasyonu sürecinde erozyon potansiyeli dikkate alınarak planlama çalışmaları gerçekleştirilmelidir.

Erozyon riskinin yüksek olduğu sahalardan bir diğeri de Yunt Dağı kütlesi üzerinde yer alan yüksek eğimli sahalardır. Benzer şekilde araştırma sahası kuzeyinde Madra Dağı çevresindeki yüksek eğimli sahalarda da riskin fazla olduğu alanlardır. Her iki sahanın yüksek risk değerine sahip olmasının nedeni benzer koşulları barındırmalarıdır. Faktör analizleri incelendiğinde bu sahalarda kumlu-tınlı toprakların yaygın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte özellikle Yunt Dağı kütlesi üzerinde vejetasyonun erozyonu artırıcı yapıda olması, yine bu sahalarda yüksek riskin görülmesine neden olmuştur (Şekil 40).

Araştırma sahasında erozyon potansiyelinin yüksek olduğu sahalardan dağılışı ile arazi kullanımı/örtüsü özellikleri karşılaştırıldığında yüksek eğim değerine sahip ve bitki örtüsünden yoksun çıplak toprak ve taş yüzeyleri ile maden sahalalarının en yüksek riskli alanlar olduğu görülmektedir. Gerçekten en yüksek riskli sahalardan (>60 t/ha/yıl) % 86,44'ü açık maden sahalalarının bulunduğu bölgelerde yer almaktadır (Çizelge 20). Benzer şekilde yüksek riskli (35-60 t/ha/yıl) sahalardan % 55,03 'ü çıplak torak ve taş yüzeyleri sınıfına dâhil olan alanlarda yer almaktadır.

Arazi örtüsünde yoğun bitki örtüsünün bulunduğu sahalardan bitki örtüsünden yoksun sahalara doğru geçişte toprak kaybı oranlarında doğal bir sonuç olarak değişim görülmektedir. Söz konusu değişim Çizelge 20'ye bakıldığında mera ve çalılık alanlar sınıfıyla birlikte göze çarpmaktadır. Ormanlık alanlardan mera ve çalılık alanlara geçiş, riskli kategoride yer alan toprak kaybı oranlarında artışı beraberinde getirmektedir. Gerçekten 12-35 (t/ha/yıl) değerlerine sahip riskli sahalardan mera ve çalılık alanlara geçişle birlikte %13,70'ye yükselmiştir.



Şekil 40. Yunt Dağı Kütlesi Üzerindeki Vejetasyon Özellikleri

Arazi örtüsü/kullanımı özellikleri ile toprak kaybı risklerinin karşılaştırılması ile araştırma sahası içerisinde ekili-dikili sahalarda, mera ve çalılık alanlarda ve

ormanlık alanlarda riskin olmadığı görünümü ortaya çıkmaktadır. Ancak hem arazi toleransı bilinmediği hem de analizin sadece suya bağlı toprak kaybının tespitine yönelik olduğu unutulmamalıdır.

Çizelge 20. Arazi Örtüsüne Göre Toprak Kaybı Oranları (%)

Arazi Örtüsü/Kullanımı	RUSLE Risk Kategorisi (t/ha/yıl)				
	0-5	5-12	12-35	35-60	>60
Su Yüzeyleri	1,44	0,08	0,14	0,02	0,00
Ormanlık Alanlar	24,89	1,60	1,13	1,90	0,93
Mera ve Çalılık Alanlar	34,22	26,27	13,70	5,85	3,39
Ekili-Dikili Sahalar	29,03	13,32	7,13	12,41	3,39
Beşeri Alanlar	1,33	0,08	0,08	0,98	0,00
Çıplak Toprak ve Taş Yüzeyleri	8,56	48,17	50,39	55,03	5,85
Maden Sahaları	0,52	10,49	27,43	23,81	86,4

### 5.1.3. Bakırçay Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik, tarımsal, hidrolojik, sosyoekonomik gibi ayırım yapılmaksızın kuraklık; doğal su varlığının belirli bir zaman boyunca ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın ya da normalin altında gerçekleşmesi sonucunda oluşan su açığı şeklinde tanımlanmaktadır (Türkeş, 2007). Yaklaşım farklılıkları nedeniyle birçok tanımı olan kuraklık (Wilhite and Glantz 1985), insan yaşamını ve sağlığı, sosyoekonomik ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak farklı düzeylerde etkileme gücüne sahip olması nedeniyle (Türkeş, 2014) ekolojik risk kapsamında ele alınması gereken önemli faktörlerden birisidir. Türkiye'de en zararlı doğal afetlerden biri olan kuraklık, iklim sürecinin doğal bir parçasıdır (Kadioğlu, 2008). Ancak başlangıç ve bitiş zamanlarının belirsiz olması, kuraklığın daha geniş alanlarda ve boyutlarda etkili olmasına neden olmaktadır. Bu durum; suyun kullanımı, yönetimi ile ilgili süreçlerde, kuraklık afetinin izlenmesini ve planlanmasını zorunlu kılmaktadır (Türkeş, 2014).

Kuraklık; şiddet, süre ve coğrafi etki alanı bileşenleri ile üç boyutlu doğal bir süreçtir (Türkeş, 2007). Bu süreç, yüzey ve yer altı sularını, içme ve kullanma amaçlı alabilir; su miktarını, su kalitesini, tarımsal ürün miktarını ve kalitesini, karasal ve sulak ekosistemleri, toprak erozyonunu ve çölleşmeyi, orman yangınlarını ve doğal



sistemlerin hasar verici etmenlerden etkilenebilirlik düzeylerini etkilemektedir (Mishra ve Singh,2010; Türkeş, 2013). Tarım devrimi ve sanayileşmeyle birlikte ekosistem servisleri üzerinde artan insan etkisi, doğal bir süreç olarak nitelendirilen kuraklığın sıklığı, şiddeti ve sonuçları üzerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır (Şahin ve Kurnaz, 2014). Bu nedenle doğanın bir gerçeği olan ve yönetilmesi gereken bir sorun olarak görülen kuraklık, günümüzde özellikleri insan eliyle artırılan ekolojik bir problem konumundadır (Mishra ve Singh,2010).

Kuraklık riskinin eriştiği bu boyut, uluslararası düzeyde çeşitli toplantılarda ele alınmıştır. Bu kapsamda kuraklığın önlenmesi amacıyla 1977 yılında Birleşmiş Milletler Çölleşme Konferansı düzenlenmiştir. Konferansta, Çölleşme ile Mücadele Eylem Planı kabul edilerek, kuraklıkla mücadele konusunda uluslararası öncü bir girişim gerçekleştirilmiştir. Bu sürecin devamında kuraklıktan etkilenen bölgelerde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına katkıda bulunmak, çölleşme ile mücadele etmek ve kuraklığın etkilerini hafifletmek amacıyla 1994 yılında Paris'te *Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi* (BMÇMS) kabul edilmiştir. Türkiye, 11 Şubat 1998 tarih ve 23258 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 4340 sayılı yasa ile BMÇMS'ye 1998 yılında taraf olmuştur. Bu sözleşme kapsamında Türkiye, çölleşmeye yol açan etmenleri saptayarak bu sorunların bütüncül bir yaklaşımla nasıl çözümlenebileceğini ortaya koymayı amaçlayan Çölleşme ile Mücadele Ulusal Eylem Programı'nı 2005 yılında hazırlamıştır (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2005).

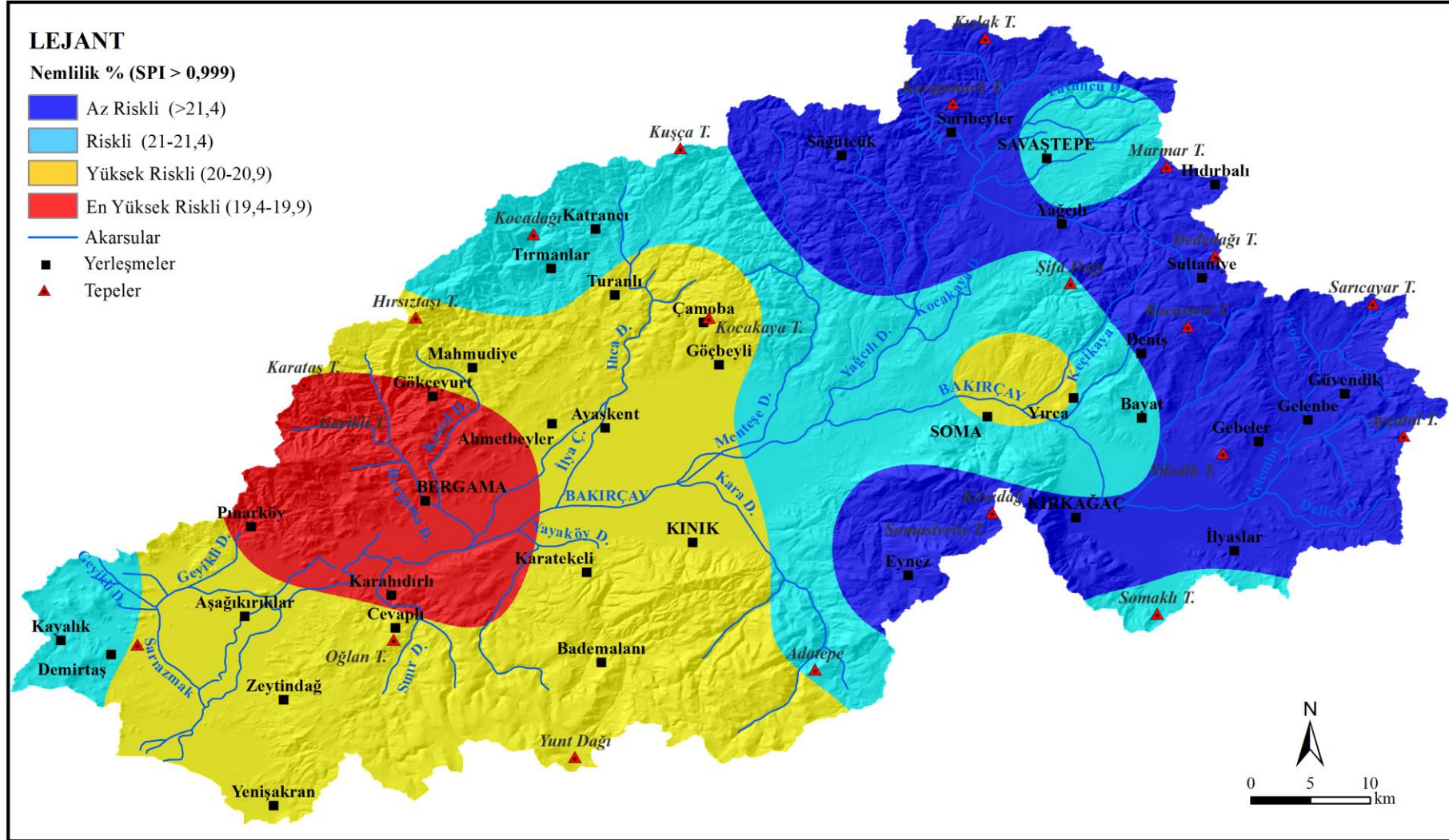
Artan kuraklık ile önemli boyutlarda su sıkıntısının yaşanması, su kaynaklarının paylaşımı ve yönetimi konularındaki sorunlar daha da artacaktır (Pamuk Mengü vd., 2011). Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz kuşağında, yağış ve sıcaklık değerlerinde kuraklık riskini artırıcı önemli değişiklikler beklenmektedir (Christensen vd., 2007). Ayrıca araştırma sahasının yakından ilişkili olduğu alanları kapsayan bölgesel ölçekli çalışmalar, geçmişten günümüze yağış ve sıcaklık değerlerinde önemli değişikliklerin olduğunu, bu durumun yakın gelecekte de artarak devam edeceğini göstermektedir (Özkul vd., 2008; Durdu, 2010; Sütgibi, 2015). Mevcut ve ön görülen söz konusu sonuçlar göz önüne alındığında, iklim değişikliğinin ve kuraklık gibi iklim anomalilerinin ekosistem servisleri üzerine olan karmaşık etkilerini, çevre yönetim süreçlerinde uyum ve etki azaltma stratejilerinin geliştirilmesi amacıyla ön planda tutmak

gerekmektedir (Vose vd., 2012). Bu bağlamda, Bakırçay Havzası'nda kuraklık riskinin izlenmesi ve öngörülmesi amacıyla meteorolojik kuraklık modeli oluşturulmuştur.

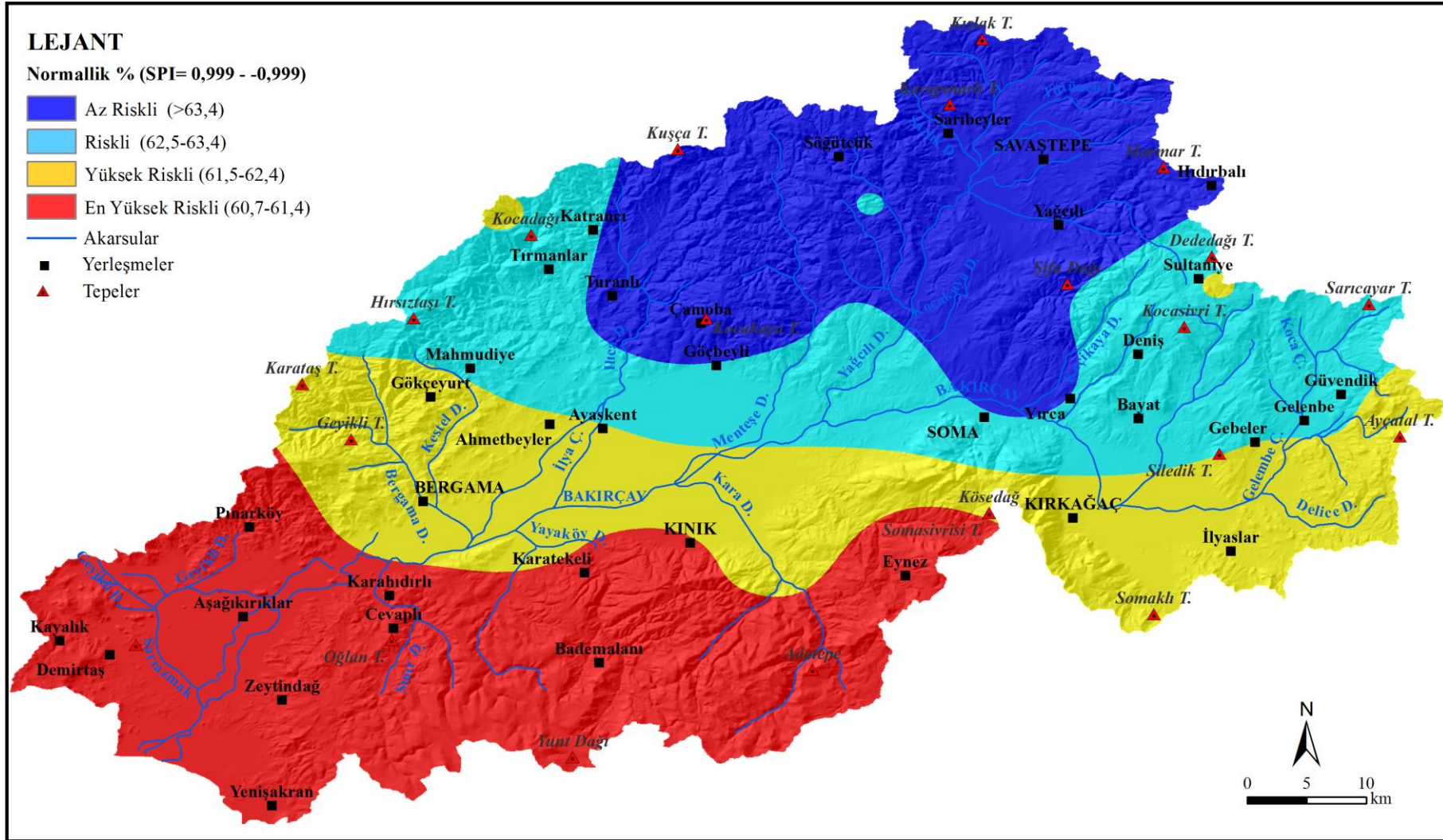
Bakırçay Havzası'nda meteorolojik kuraklık değerlerinin elde edilmesi amacıyla Akhisar, Soma, Bergama ve Dikili meteoroloji istasyonlarına ait 1998-2013 yılları arasında kaydedilen yağış serileri (mm) kullanılmıştır. Analiz sonuçları daha önce yöntem bölümünde açıklanan SPI kuraklık değerlerinden nemli, normal ve kurak kategorileri dikkate alınarak birleştirilmiştir. Birleştirilen sınıfların bağıl olasılık değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak IDW enterpolasyon tekniği uygulanmış ve sonuçta mekânsal sürekliliğe sahip değerler elde edilmiştir. Sonuç haritaları Şekil 41, 42 ve 43'de sunulmuştur. Haritaların veriliş sırasına göre ortalama karekök hataları; 0,72, 0,86 ve 0,54 şeklindedir. Değerlerin 1'in altında olması nokta verinin yüzeye aktarılmasında meydana gelebilecek hata oranının düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca enterpolasyon sürecinde tüm haritalar için r faktör 2 olarak belirlenmiştir.

Araştırma sahası, iklim özellikleri bölümünde detayları verildiği üzere; Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre *Kurak-Yarı Nemli*; Erinç (1965) tarafından gerçekleştirilen sınıflandırmaya göre ise *Yarı Nemli* sınıflarında yer almaktadır. Bununla birlikte saha, Thornthwaite nemlilik indisine göre  $C_1B'_2s_2b'_3$ , kurak ve az nemli, ikincil dereceden mezotermal, kış mevsiminde kuvvetli su fazlası olan ve denizel şartlara yakın iklim özelliğindedir. Havza, bu şekilde bütün olarak belirli kategorilerde ele alınabilirken; bakı, yükselti ve orografik özellikler, havza içerisinde yağış ve termik şartlar yönünden farklılıklara neden olmaktadır.

SPI sonuçlarına göre elde edilen nemlilik değerleri, bu farklılıkların bir göstergesidir. Havzanın özel konumu nedeniyle, nemlilik koşullarının yükselti ve denizellik koşullarına bağlı olduğu görülmektedir (Şekil 41). Araştırma sahası içinde koşullar arasında büyük farklılıkların olmadığı, mevcut farklılıkların ise söz konusu etmenler altında şekillendiği tespit edilmiştir. Gerçekten Bakırçay Havzası'nda nemlilik koşulları genel olarak 400 metre üzerindeki alanlarda yükseldiği, havza tabanına doğru nispeten azaldığı görülmektedir. Öyle ki en yüksek nemlilik değerine (%21,5) sahip arazilerin yaklaşık %50'lik kesimi 400 metre basamağının üzerindeki sahalarda yer almaktadır. Bunun yanı sıra 100 metre basamağına kadar yüksek değerlerin

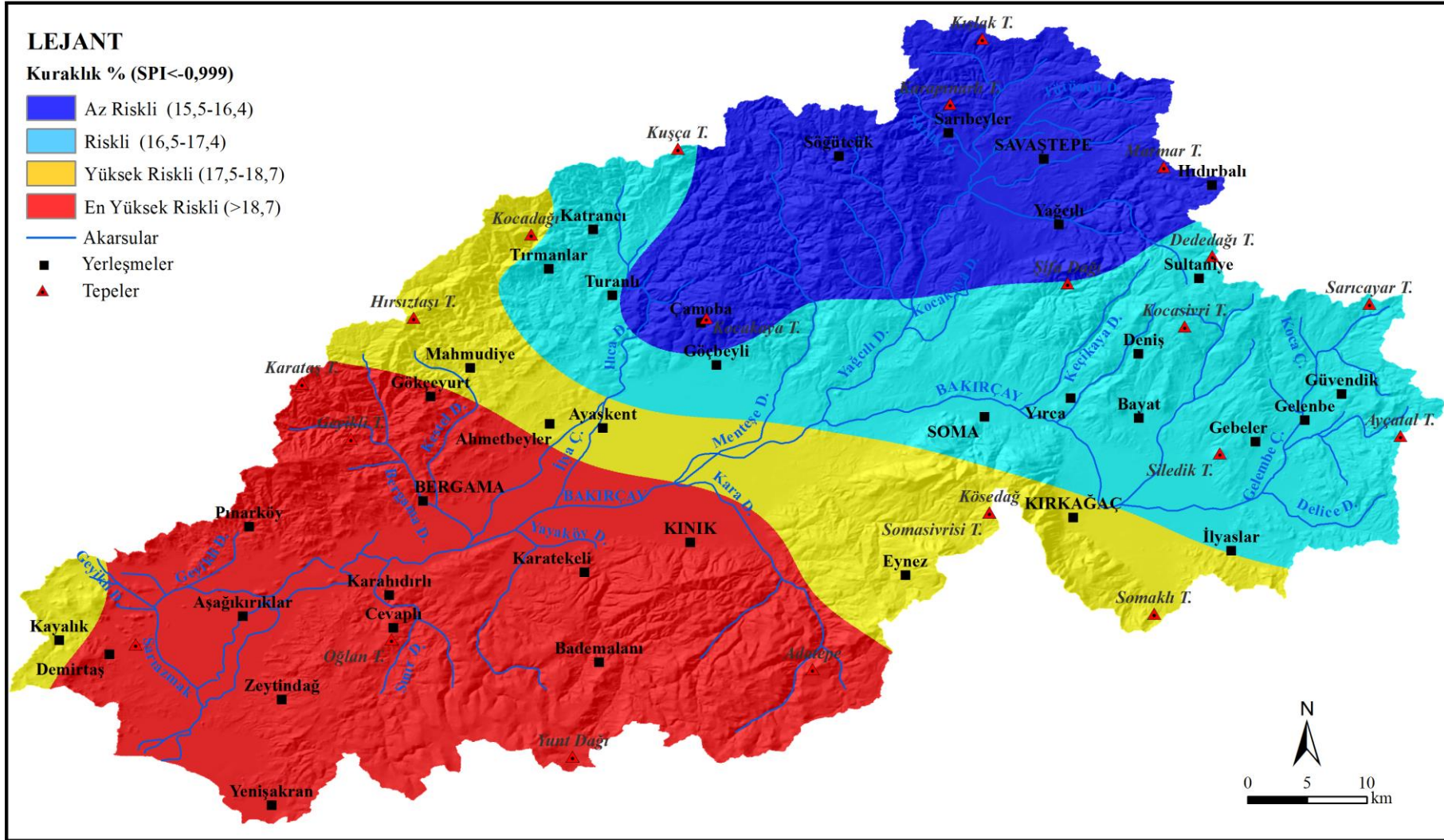


Şekil 41. Bakırçay Havzası'nda SPI Analiz Sonuçlarına Göre Nemli Değerlere Sahip Sahaların Yüzeysel Dağılışı



Şekil 42. Bakırçay Havzası'nda SPI Sonuçlarına Göre Normal Değerlere Sahip Sahaların Yüzeysel Dağılışı





Şekil 43. Bakırçay Havzası'nda SPI Analiz Sonuçlarına Göre Kurak Değerlere Sahip Sahaların Yüzeysel Dağılışı

olmadığı, 400 metre altında ise nemlilik değerlerinin yaklaşık %20 dolaylarında olduğu görülmektedir. Havzanın yukarı kısımlarında çeşitli faktörlerin etkisi altında gelişen (Çiçek ve Doğan, 2005) şehir mikroklima alanlarına bağlı olarak, nemlilik koşullarında nispeten azalma olduğu göze çarpmaktadır. Havza tabanına doğru yükselti basamaklarını takip eden azalış, kentsel alanlarda ve çevrelerinde belirgin farklılıklara neden olduğu tespit edilmiştir. Maksimum ve minimum değerler karşılaştırıldığında, bu farklılığın nemlilik koşullarında önemli değişikliklere yol açabilecek boyutta olmadığı, SPI sınıflandırmasına göre nemlilikten daha çok normal koşullara yaklaşma olduğu görülmektedir.

Nemlilik koşullarında göze çarpan bir diğer durum, aşağı havzada meydana gelen değişiktir. Kuraklık değerlerinin incelenmesinde ele alınan Bergama'da ki düşüş, kıyı kesimlere yaklaştıkça, Karadağ kütlesine bağlı, kademeli olarak yükselmektedir. İklim özellikleri bölümünde incelenen yağış özelliklerine göre Dikili ve Bergama istasyonları arasında az miktarda fark bulunmaktadır. Bergama istasyonu Dikili istasyonu ile karşılaştırıldığında daha fazla yağış almasına rağmen, SPI sonuçlarına göre daha az nemlilik koşullarına sahip olduğu görülmektedir. Bu durum aylık sıralı yağış serilerinin dikkate alındığı SPI analizinin, yaklaşım farklılığından kaynaklanmaktadır. Buna göre iki istasyon arasında yaklaşık olarak %1'lik nemlilik farkı bulunmaktadır. Havza genelinde hakim olan yükseltiye bağlı olarak değişen SPI nemlilik koşulları, benzer şekilde bu bölgede de bir miktar değişikliğe neden olmaktadır.

SPI normal değerleri, yağış serilerinde nemli ya da kurak koşullardan herhangi birine yaklaşma olmadığını göstermektedir. Bu bağlamda araştırma sahası 1999-2013 yılları arasında 12 aylık sıralı SPI hesaplamasına göre %60,7 ile % 63,5 arasında değişen oranlarda normal yağış koşullarına sahiptir (Şekil 42). Havza içerisinde nispeten farklılıklar olsa da bu durum Bakırçay Havzası'nda normal yağış değerlerinin hâkim olduğu kanısını değiştirmemektedir. Savaştepe çevresi ve Göçbeyli kuzeyinde yer alan sahalar, sıralı değerler karşılaştırıldığında havzanın geri kalan bölgelerine göre daha yüksek normallik oranına sahiptir. Genel olarak orta ve aşağı havzaya gidildikçe, SPI değerlerinin nemli ya da kurak koşullara daha yaklaştığı, diğer bir ifadeyle normalden uzaklaştığı görülmektedir. Bu durum özellikle Soma güneyinde yer alan Somasivrisi Tepe (1109 m) ve Zeytindağ

yakınlarındaki Oğlan Tepe (281 m) evresinde, nemlilik ve kuraklık koşullarının nispeten yüksek olmasından dolayı (Şekil 41, 43) belirginleşmektedir.

Araştırma sahasında kuraklığın mekânsal dağılışı incelendiğinde, dağılımın genel olarak yükselti ve kent faktörünün kontrolünde olduğu görülmektedir. Bağıl değerlerde önemli farklılıklar göze arpmamakla birlikte, yukarı havzanın en düşük risk değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Şekil 43). Nemlilik koşullarında olduğu gibi kuraklık riski aşağı havzada, Karadağ kütlesi çevresinde yükselti faktörüne bağlı olarak azalmaktadır. Ancak Şehir klimatolojisinin özel durumu, özellikle Bergama evresinin nispeten daha yüksek kuraklık riskinin bulunmasına neden olmaktadır. Öyle ki kentler, çevrelerindeki kırsal alanlara göre ortalama 4°C daha sıcaktır (Oleson vd., 2011). Bu sıcaklık farklılıkları kentlerde ısı adalarını oluşturmakta ve buna bağlı olarak kentsel alanlarda ısı stresine neden olmaktadır (iek vd., 2013).

Bununla birlikte kuraklık; güneş radyasyonu, bakı, eğim, toprak nemi, rüzgâr ve denizden uzaklık gibi farklı değişkenlerin rol oynadığı bir süreçtir (zgrel vd., 1998). Bu bağlamda Bergama kentinin konumlandığı sahanın bakı koşullarının ve hakim rüzgâr frekansının (N 42° E), yüksek kuraklık riski üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Araştırma sahasında kuraklık riskinin en fazla olduğu sahalarda, 200 metre yükselti basamağına kadar olan alanlardır. Öyleki %17-5-18,8 arasındaki kuraklık değerlerinin yaklaşık % 80'i, en yüksek kuraklık değerine (%18,8) sahip sahalarda, yaklaşık %60'ı 0-100 metre basamağında yer aldığı tespit edilmiştir. Buna göre sonuç olarak Bakırçay Havzası'nda kuraklık riskinin, havzanın her bölgesinde 0-200 metre yükseltisinin üzerindeki sahalarda nispeten azaldığını söyleyebiliriz.

#### **5.1.4. Bakırçay Havasında Nüfus Değişimi**

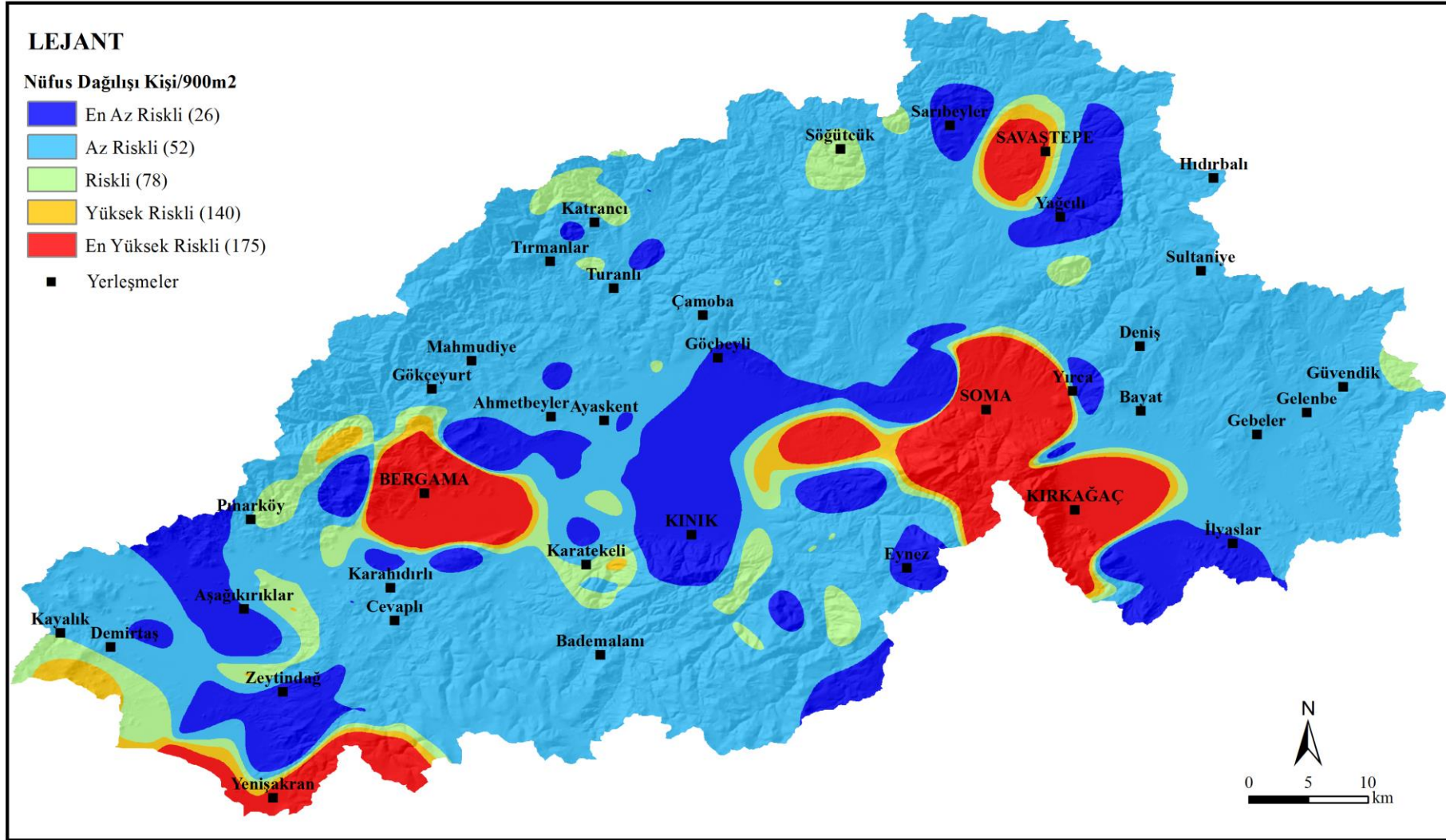
İnsan, kentleşme ve sanayileşme ile birlikte artan insan-doğa ilişkisine bağlı olarak ekosistemlerin işleyişleri üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır. Doğal sistemlerin ve insanın çok boyutluluğu bu ilişkinin ortaya konulmasını zorlaştırdığı gibi, farklı açılardan ele alınmasını gerektirmektedir. Araştırmanın bu aşamasına kadar ekolojik sistemler üzerinde arazi kullanımı/örtüsü değişimi, toprak kaybı, meteorolojik kuraklık faktörlerinin risk oluşturabilme potansiyelleri ele alınmıştır. Bunların bir kısmı insan faaliyetlerinin doğrudan veya dolaylı bir sonucu olarak ortaya çıksa da, artan insan nüfusunun etkisini niceliksel olarak ortaya koymada yetersiz kalmaktadır.

Nüfusun doğrudan ekolojik unsurlar ile olan ilişkisini ortaya koymak amacıyla Bakırçay Havzası'nda nüfusun mekânsal dağılışının zamansal ölçekte değişimi analiz edilmiştir. Analizde değişimin yüksek olduğu sahaların risk altında olduğu, değişimin az olduğu sahaların ise nispeten daha az riske sahip olduğu düşüncesi benimsenmiştir. Nüfus değişiminin analizinde sahada yer alan 244 yerleşmenin 1985 ve 2013 yıllarına ait nüfus verileri kullanılmıştır.

Buna göre 1985-2013 yılları arasında meydana gelen değişime göre nüfusun genel olarak ilçe merkezine yakın alanlarda yoğunlaştığı ve bu alanlardan uzaklaştıkça nüfusun azaldığı görülmektedir (Şekil 44). Bu anlamda Soma, Kırkağaç, Bergama ve Savaştepe ilçe merkezi ve çevreleri dikkat çekmektedir. Söz konusu merkezlerden özellikle Soma sahip olduğu özel ekonomik fonksiyonu nedeniyle diğer ilçe merkezlerine göre nüfus yoğunluğu açısından ön plana çıkmaktadır. Karadağ (2005) tarafından belirtildiği gibi Soma kenti madencilik faaliyetlerine bağlı fiziksel ve sosyo-ekonomik olarak uzun yıllardır değişim içerisinde. Şüphesiz kentin ekonomik cazibesi ile birlikte günümüze kadar değişim içerisinde olması beraberinde nüfus miktarındaki artışı getirmiştir. Bu nedendir ki Soma kenti, günümüzde Bakırçay Havzası sınırları içerisinde nüfus değişimi baskısının en yüksek olduğu noktaların başında gelmektedir.

Soma'dan daha az geniş alanda yoğunluğa sahip olsa da Bergama ilçe merkezi piksel başına düşen (30\*30 m) 175 kişi ile diğer ilçe merkezlerinden ayrılmaktadır. Bergama kenti sosyo-ekonomik koşullardaki imkânların yarattığı çekiciliğe bağlı olarak, nüfus alan bir yerleşme özelliği taşımaktadır. Nitekim tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin yanı sıra, turizm, madencilik ve son yıllarda hızla gelişmeye devam eden seracılık faaliyetleri, kentin nüfus çekmesine neden olmaktadır.

Dikkat çeken bir diğer önemli nokta havzanın güneybatısında yer alan Yenişakran çevresindeki durumdur. Bu sahalardaki risk durumu havza geneline kıyasla farklı bir nedene bağlıdır. Bakırçay Havzası'nda genel olarak nüfustaki hareketlilik, havza içerisindeki kent merkezlerinin çekiciliğine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Ancak Yenişakran yerleşmesi, bağlı olduğu Aliağa ilçesinin havza



Şekil 44. Bakırçay Havzası'nda Nüfus Dağılışı Mevdana Gelen Değişimin Risk Gruplarına Göre Mekânsal Dağılışı

yönündeki gelişimine ve inşaat halindeki Çandarlı limanının etkisiyle yüksek nüfusa sahiptir. Bu durum havzanın gelecekte etkisi altında kalacağı şartların günümüzdeki ufak bir yansıması olarak karşımıza çıkmaktadır. Liman inşaatının tamamlanması ve Aliğa kentinin gelişiminin getirdiği baskı ile birlikte, nüfusun bu bölgelerdeki baskısı artmaya devam edecektir.

Yenişakran yerleşmesindeki bu durum, araştırma sahasında nüfusun kent merkezleri çevresinde artış yaşadığı olgusunu değiştirmektedir. Genel olarak bu kanı doğru sayılsa da, bütün kent merkezleri için geçerli değildir. Nitekim Savaştepe kenti 1985-2013 yılları arasında nüfusu azalsa da, çevresine göre yine de yüksek nüfus miktarına sahiptir. Ancak bu durum Kınık yerleşmesi için geçerli değildir. Kınık kenti nüfusundaki azalışa bağlı olarak, ekolojik risk potansiyelinin en düşük olduğu bölgelerden birisi olarak tespit edilmiştir. Ancak hesaplama yöntemindeki matematiksel yaklaşımın mantığını iyi yorumlamak gerekmektedir. Savaştepe kentinin etrafında yüksek nüfuslu alanların bulunmayışı, kentin nüfusu azalsa dahi yüksek olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak Kınık kenti komşuluk ilişkisine bağlı olarak etrafındaki Soma ve Bergama kentlerinin nüfuslarının yanında düşük nüfuslu bir yer olarak haritalanmaktadır.

Nüfusun havza içerisindeki dağılışı ile morfolojik durum arasında da bir ilişki bulunmaktadır. Araştırma sahasının güney ve kuzeyini çevreleyen yüksek dağlık kütleler ile kuzeydoğusunda yer alan nispeten yüksek sahalarda nüfusun az olduğu bölgelerdir. Bununla birlikte havza tabanında yer alan Gelenbe, Kırkağaç, Soma, Savaştepe, Göçbeyli, Kınık ve Bergama ovalarının yer aldığı sahalarda ise havzada yüksek nüfuslu alanlar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum araştırma sahasındaki bir diğer problemi işaret etmektedir. Kent alanlarının havza tabanındaki birinci sınıf tarım arazileri üzerindeki baskısıyla havzanın bütün bölgelerinde karşılaşılmaktadır. Nitekim yerleşmelerin bu alanlara doğru genişlediği arazi çalışmaları ile gözlemlenmiştir (Şekil 45).





Şekil 45. Havza Tabanı Üzerinde Yer Alan Yerleşmelerin Havza Tabanı Yönünde Yayılışı

Bakırçay Havzası'nda nüfus değişiminin risk oluşturduğu sahalardan bir diğeri aşağı havzadaki Kayalık ve Demirtaş yerleşmelerinin bulunduğu bölgelerdir. Söz konusu sahalarda, havzadaki bir diğer ekonomik faaliyet olan turizm faaliyetlerine bağlı olarak nüfus baskısı altındadır. Nitekim Bademli ve Dikili gibi ikincil konutların yüksek oranda yer aldığı sahalara olan yakınlığı ile bu sahalarda yüksek nüfus değişim riskine sahiptir. Aşağı havzadaki yüksek riskli bölgelerin bir bölümü aynı zamanda Bakırçay Delta'sının yer aldığı sahalardır. Delta sulak alan olması nedeniyle halihazırda ekolojik olarak hassas bölgeyi oluşturmaktadır. Bununla birlikte nüfus baskınınun artması ekolojik risk potansiyelini de artıracaktır. Öyleki 2016 yılı yaz ayında yapılan arazi çalışmasında delta üzerindeki liman inşaatının durmasıyla birlikte bölgedeki doğal yaşamın tekrar canlanmaya başladığı görülmüştür. Nüfus baskınınun artması ise canlanan ekosistem ile burada bulunan çeşitli balıkçıklar ve diğere canlıların yok olmasına neden olacağı aşikârdır.

### 5.1.5. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski

Risk, sıradan bir olasılık ya da tahmin kavramı bağlamında değil; bir tehlike durumu ile birlikte düşünülmelidir. Diğer bir ifadeyle risk, sadece bir olasılık veya tahmin değil, bir tehlikenin ortaya çıkma olasılığıdır (Özmen, 2010). Bu çerçevede yangın, ekosistem üzerindeki etkileri ile bir tehlikedir ve yangının meydana gelme olasılığı da yangın riskini ifade etmektedir. FAO terminolojisine göre yangın riski, herhangi bir etkenin varlığı ya da etkinliği ile bir yangının başlama olasılığıdır (FAO, 1986). Bir başka tanıma göre ise yangın riski, yanma tehlikesi ile yanma eyleminin birleşimini işaret etmektedir. Yani yanacak malzemenin varlığı ve yanmaya karşı duyarlılığı ile yanma eylemini başlatacak doğal ya da antropojenik faktörlerin bir araya gelmesi, yangın riskine karşılık gelmektedir (Chuvieco ve Congalton, 1989). Diğer bir kaynakta benzer şekilde, yangın riski, yanma potansiyeli olan kaynaklar şeklinde tanımlanmıştır (Canadian Forest Service, 1997).

Orman yangınları tüm orman ekosistemini etkileyen bir risktir. Doğrudan ya da dolaylı olarak yangınların çok yönlü etkileri bulunmaktadır (Çepel, 1975). Lentile vd.,'ye (2006) göre söz konusu etkiler; lokal, bölgesel ve küresel boyutlarda olabilmektedir. Özellikle lokal ölçekte meydana gelen etkilerin sonucunda, toprak koşullarında değişiklikler oluşmakta ve yağmur damlalarının zemine etkisi değişmektedir. Yine yangın sonrasında, lokal alanlı olarak, yanan malzemelere ait küllerin zeminde oluşturduğu geçirimsiz tabaka, infiltrasyonu azaltarak yağış sularının yüzeysel akışa geçmesine yol açmaktadır. Bu da erozyonu artırmaktadır (Robichaud, 2000). Eğer yangın su kaynaklarının bulunduğu alanlarda meydana gelirse, ormanların hidrolojik fonksiyonları olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Küçükosmanoğlu, 1995). Goldammer (1999)'a göre de lokal boyutta orman yangınları, toprak mikrobiyal süreçlerini etkileyerek toprak ile bitki yapısını ve bileşimini değiştirebilmektedir. Aynı zamanda, yer radyasyonunun artmasına bağlı olarak yeni oluşan fidanların kurumması, topraktaki besinlerin ve organik maddelerin yok olması orman yangınlarının ekosistem üzerindeki bir diğer lokal etkilerindendir (Yıldız vd., 2010). Omi (2005) ise orman yangınlarının canlı yaşamı ve bio-çeşitlilik üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ileri sürmektedir. Tabi ki sadece bitki ve hayvan yaşamı üzerine değil, insan yaşamı üzerinde de olumsuz etkileri vardır. Çünkü



bölgesel ve lokal ölçekte yangınlar, insan hayatını hem yaşamsal hem de sosyo-ekonomik bakımdan olumsuz etkilemektedir (Chuvienco vd., 2010).

Yangınların bölgesel etkilerinden en önemlilerinden biri aerosollerin ve diğer kimyasal partiküllerin atmosfere yayılmasına neden olmasıdır. Aerosoller ve partiküller; yer radyasyonunu ve atmosfer kimyasını (Andreae and Merlet 2001), hava kalitesini (Hardy vd., 2001) ve insan sağlığını (Brauer 1999) olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bölgesel ve küresel ölçekte orman yangınları, iklim üzerinde etkili olabilmektedir (Swetnam, 1993). Araştırmalar göstermektedir ki iklim ile yangın rejimi arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Orman yangınlarının ormanın ölü ve diri örtüsünü ortadan kaldırması; zeminde güneşlenmenin artmasına bağlı olarak sıcaklık ortalamalarının ve ekstremlerinin değişmesine; vejetasyon devresinin daha erken başlamasına; bağıl nemin düşmesine; hava hareketlerinin hızının artmasına, intersepsiyonun azalmasına ve evoparasyonunun artmasına neden olarak iklim özellikleri üzerinde değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (Çepel, 1975).

Yukarıda sayılan yerel ve bölgesel etkilerinden dolayı orman yangınları, ekolojik risk üzerinde önemli etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle bir bölgede ekolojik risk değerlendirilecekse, orman yangın riski de incelenmelidir. Bu çerçevede araştırma kapsamında değerlendirilen yangın riski, Bakırçay Havzası'nda yangının meydana gelme olasılığının en yüksek olduğu sahaların tespitini amaçlamaktadır. Yangın riski analizi iki farklı aşamanın birleşimi olarak görülmektedir. İlk aşama yangının çıkma olasılığını ve yayılmasını kapsayan tehlike analizi, diğer aşama ise yangının neden olduğu sonuçların olasılıklarının tespit edilerek önlem alınmasıdır (Chuvienco vd., 2003). Söz konusu ayırma göre yangına karşı gerekli önlemleri almama da yangın riskiyle ilişkilidir. Bu çalışmada yangın riski analizinin ilk aşaması olan tehlike analizi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda yangın potansiyelinin yüksek olduğu sahaların tespiti, birbirleriyle bağlantılı veya bağlantısız olan biyotik ve abiyotik faktörlerin değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

### 5.1.5.1. Yangın Riski Parametreleri

#### 5.1.5.1.1. Topografik Parametreler

Bu bölümde topografik parametrelerden yükselti, eğim, bakı ve TNİ risk oluşturan parametreler olarak incelenmiştir. SYM kullanılarak bu parametreler incelendiğinde:

**Yükselti:** Yükseltiyle yangın arasındaki ilişki, yükseltinin iklim özellikleri üzerine olan etkisi, orobiyom özellikleri ve beşeri faaliyetlerle olan etkileşimi şeklinde farklı boyutlarda meydana gelmektedir. Bu çerçevede düşünüldüğünde, yanıcı maddelerin varlığı ve yangının temel etkeni olarak beşeri faaliyetlerle ilişkisi, öncelikli olması gereken parametrelerdir. Öyle ki yangın için uygun iklim koşullarının yer almasına rağmen, yanıcı maddenin bulunmaması söz konusu alanda risk oluşturmayacaktır. Ayrıca yangının temel nedeni olan insan faaliyetlerinin yer almadığı ya da nispeten daha az yer aldığı sahalara, düşük yangın riskine sahip alanlardır. Buna göre vejetasyon özelliklerindeki değişim, diğer bir ifadeyle yanıcı maddede meydana gelen değişimin ve insan etkileşiminin varlığı, yükseltiyle birlikte ele alınması gereken temel parametrelerdir. Bu nedenle araştırma sahasında yükselti basamaklarının risk sınıflandırmasında, yüksek yanma özelliğinden dolayı kızılçam meşceresinin ve maki topluluklarının yükselti sınırları ve beşeri faaliyetlerin yükseltisi dikkate alınmıştır. Bu kapsamda beş sınıf elde edilmiştir. Bunlar: 0-200m, 200-400m, 400-600m, 600-800m ve 800 m üzeri şeklindedir (Şekil 46).

Beşeri etkilerin en yoğun olduğu 0-200 metre yükselti basamağının havza tabanının daha çok tarım arazilerinden meydana gelmiş olması, bu sahaların nispeten daha az riskli grup içerisinde ele alınmasına neden olmuştur. Tarım alanlarında anız yakımı, yangın riskini artıran bir faktördür. Ancak araştırmada yangının ekolojik risk boyutu ele alındığından, ormanlık ve maki arazilerine komşu tarım alanları, havza tabanında yer alan tarım alanlarına göre daha yüksek riskli kategori içerisinde ele alınmıştır. Bu nedenle havza tabanı nispeten daha düşük risk grubuna dâhil edilmiştir.

200-400 metre yükselti basamağı, Bakırçay Havzası'nda tarım arazilerinden ormanlık alanlara dokanak oluşturan maki formasyonlarını ve ağaç tarımının gerçekleştirildiği alanları kapsamaktadır. Yüksek yanma özelliğine sahip çalı formasyonları ve kızılçam orman formasyonları bu yükselti basamağında yer almaktadır. Bu alanların bir arada veya komşu olarak bu yükselti basamağında yer

almasından dolayı ve aynı zamanda insan faktörünün en yoğun yaşandığı alanları kapsamaması nedeniyle, en yüksek yangın riskine sahip yükselti basamağı 200-400 metre yükselti basamağı olarak ele alınmıştır.

Bakırçay Havzası'nda 400-600 metre kuşak, yüksek riskli kuşak olarak kabul edilmiştir. 400-600 m kızılçamın yaygın olduğu ve aynı zamanda ovayı çevreleyen yamaçlar olması nedeniyle, yerleşmelerin de yoğun olduğu sahalardır. Bu sahada aynı zamanda zeytin tarımının yapılması ve bu sahaların kızılçam ormanları ile komşuluk oluşturması da dikkat çekmektedir. Bir diğer özelliği ise rekreasyon amaçlı yaygın kullanımındadır.

600-800m yükseltileri orman sahaları olması ile dikkati çekmektedir. Ancak beşeri faaliyetler daha az yoğunluktadır. Aslında yanabilme özelliği ile kızılçamın, yaygın bitki türünü oluşturmasına rağmen beşeri faaliyet bileşenin az olması nedeniyle daha az riskli bölge olarak değerlendirilmiştir.

Yükselti sınıflandırılmasında en düşük yangın riskine sahip sahalarda, 800 metre ve üzerinde yer alan sahalardır. İnsan faaliyetlerinin azalması ve bitki örtüsünde daha az yanıcı türlere doğru olan değişim (örn: karaçam vb.) veya çayır katmanının yer alması (>1000m), bu sahaların düşük riskli gruba dâhil edilmesinin nedenidir.

**Eğim:** Bakırçay Havzası'nda ova tabanından itibaren kademeli olarak artan ve yaklaşık 1200 metre yükseltiye kadar ulaşan sahalarda, dar ve derin vadiler tarafından işlenmiştir. Havza tabanını çevreleyen bu sahalarda, eğim değerleri en yüksek değerlere ulaşmaktadır (>30°). Şekil 47'de belirtilen eşikler dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada yüksek eğim değerleri, havzanın etrafındaki bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Bakırçay Havzası kuzeyden ve güneyden yüksek kütlelerle çevrelenmiş bir grabendir. Dolayısıyla ile havzanın, genel anlamda, kuzeyinde ve güneyinde eğim değerleri artmaktadır. Lokal olarak da vadiler ve çevresinde eğimin arttığı bölgeler vardır. Eğimin arttığı sahaların, yangın riskinin fazla olduğu sahalarda olarak dikkate alınmasında etkili olan faktör; ağaçların taç kısımlarından olan temas nedeniyle yangının yayılma etkisinin fazla olmasıdır (Şekil 48). Kısaca, yüksek eğim değerlerine sahip bu sahalarda, eğimin yangın yayılma hızını artırıcı özelliğinden dolayı, yüksek yangın riskine sahip sahalarda olarak işaretlenmiştir (Şekil 49).





Şekil 47. Topografik Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı



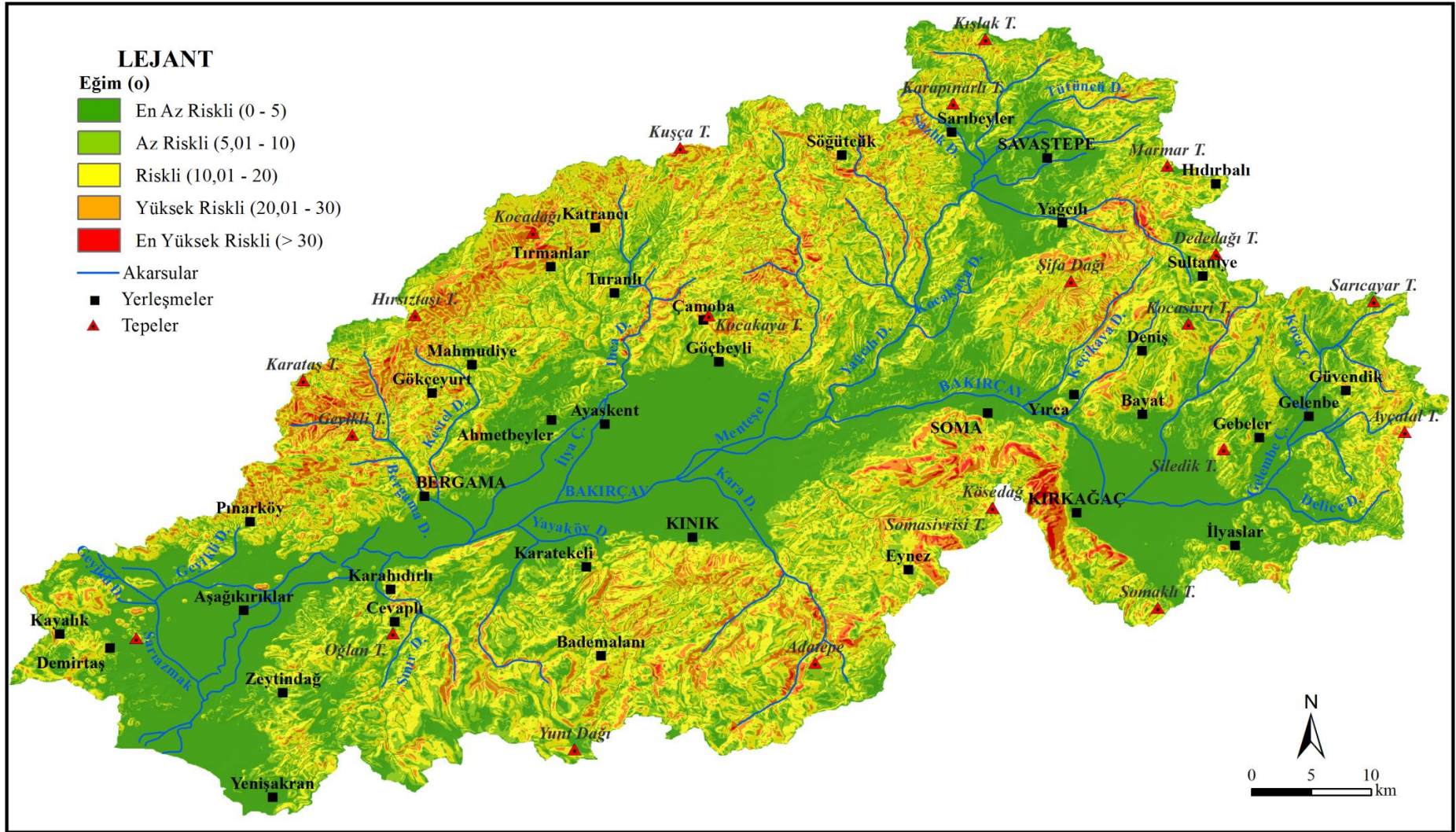
Şekil 48. Eğimli Bir Yüzeyde Yer Alan Ağaçların Taç Kısımlarının Temas Etmesi Yangının Yayılma Hızını Artırmaktadır.



**Bakı:** Güneşlenme üzerine olan etkisi dikkate alınarak, yangın değişkeni olarak analize dâhil edilen bakı özellikleri 5 kategoride ele alınmıştır (Şekil 47). Bu bağlamda, Bakırçay Havzası'nda güneşlenmenin yüksek olduğu güney yamaçlar yangın riskinin en yüksek olduğu; dulda sahalar olan kuzey yamaçlar ise en düşük risk değerlerine sahip kısımlar olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 50).

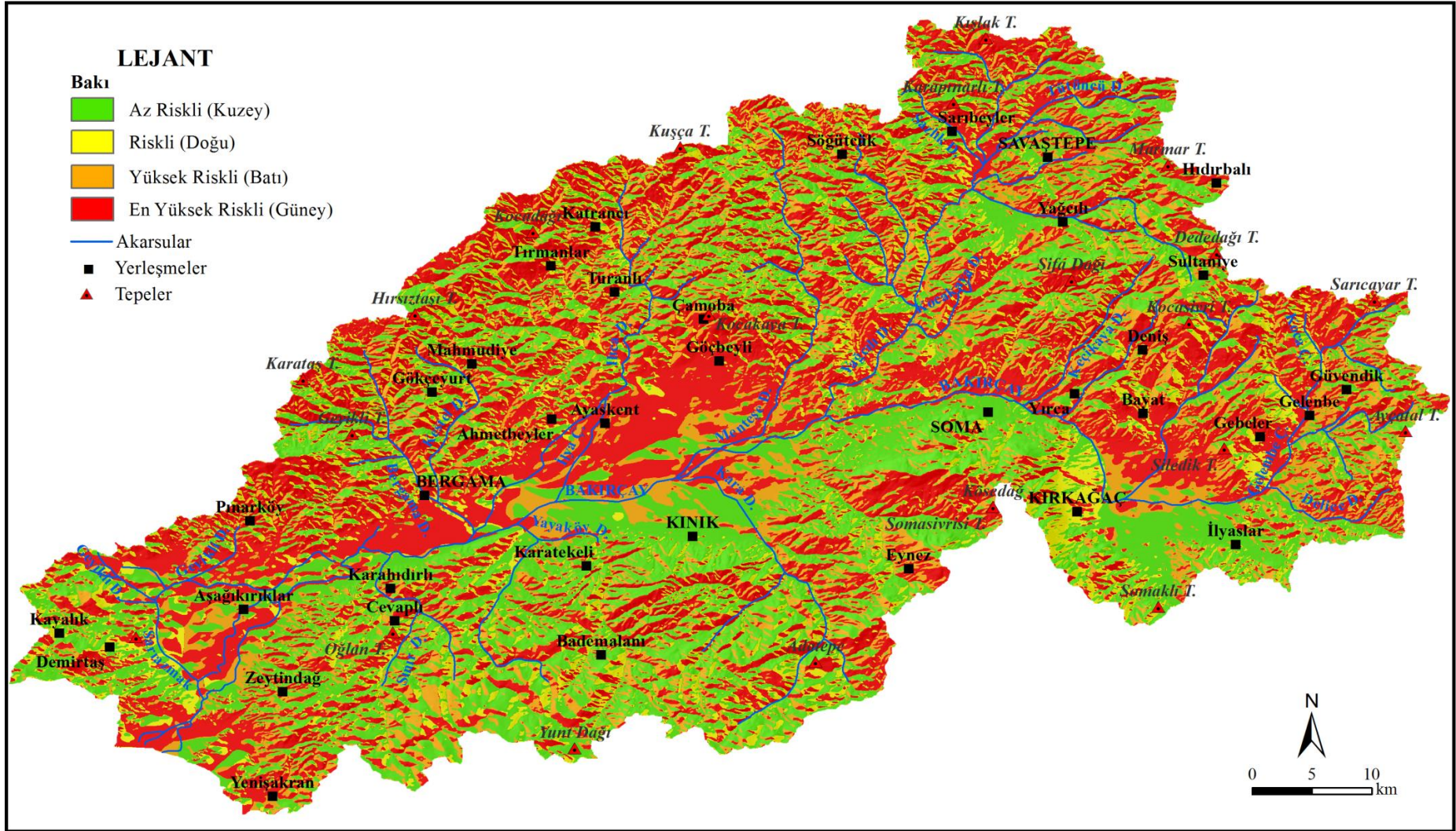
Kuzey yamaçların risk faktörünün düşük tutulmasında etkili olan bir diğer özellik: nemliliğin yüksek olmasıdır. Bu da yangında yavaşlatıcı bir faktör olarak görülebilir. Risk açısından batı yamaçlar, güney yamaçlardan sonra daha riskli olarak değerlendirilmiştir. Bunda güneş ışınlarının geliş açısının yüksek olması etkili olmuştur (Gibos, 2010). Doğu yamaçlar risk açısından üçüncü sırada yer almıştır. Araştırma sahasının D-B yönlü uzanışı, sahada genel olarak Kuzey ve Güney yönlü alanların geniş yer kaplamasına neden olmaktadır. Arazinin % 38, 9'u güney yamaçlardan oluşmaktadır. Bu da yangın riski açısından oldukça yüksek bir değerdir. Geri kalan arazilerin %16,4'ü yüksek risk değerine sahip batı yönlü yamaçlara, %12'si orta derecede riskli kabul edilen sınıf olan doğu yamaçlara ve %32,7'si nispeten az riskli kuzey yamaçlara aittir (Şekil 47).

**TNİ:** Araştırma sahasında yüksek eğim değerlerine sahip alanlar, akarsular tarafından parçalanarak dar ve derin vadiler oluşturmasına neden olmuş; bu da topografyada farklı nemlilik bölgelerini oluşturmuştur. Yamaçlardan gelen irili ufaklı akarsular havza tabanında Bakırçay Havzası ile birleşmektedir. Bu birleşme, havza tabanında topografik nemliliğin yüksek değerlere ulaşmasına neden olmaktadır (Şekil 51). Araştırma sahasında yüksek taban suyu seviyesine sahip delta alanı, topografik nemliliğin yüksek olduğu bir başka bölgedir. Buna karşılık havza tabanını çevreleyen alanlar ise topografik nemliliğin daha düşük olduğu alanlardır. Bu bölgelerde yüzeysel akışın olması da topografik nemliliğin düşmesinde etkili olmaktadır. Yangın riski açısından topografik nemliliğin yüksek olduğu sahalar düşük riske sahiptir. Buna karşın, topografik nemliliğin düştüğü alanlar ise yüksek yangın riskine neden olmaktadır. Bunda nemin, yangının çıkışı ve yayılışında kısıtlayıcı faktör olması etkili olmuştur.



Şekil 49. Bakırçay Havzası'nda Eğim Değerlerine Göre Yangın Riski Değerleri





Şekil 50. Bakırçay Havzası'nda Bakı Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri





### 5.1.5.1.2. Vejetatif Parametreler

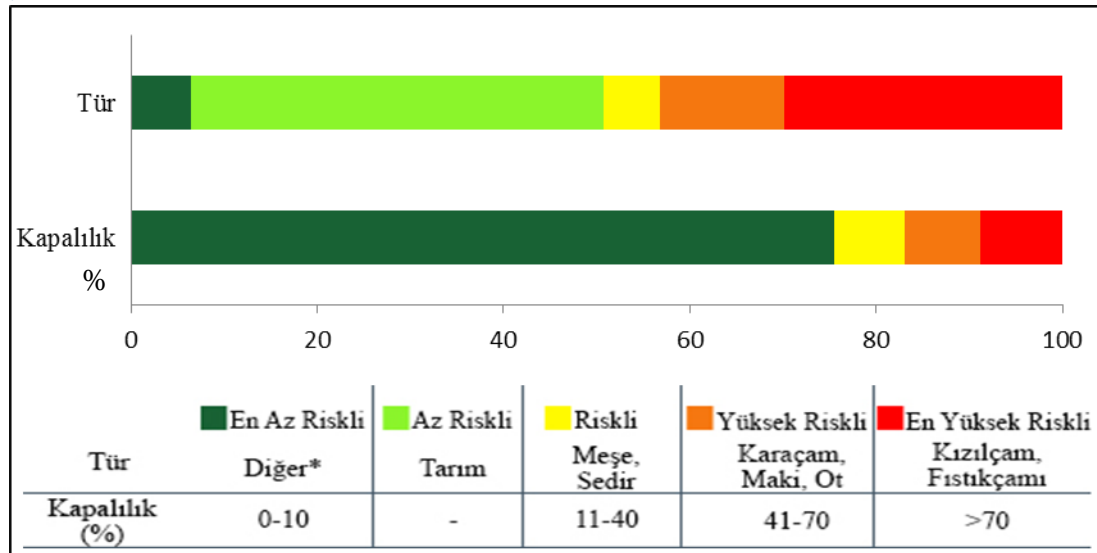
Yanıcı madde, toprakta ya da üstünde bulunan, tutuşup yanabilen, yanmaya veya tutuşmaya müsait herhangi bir madde olarak tanımlanmaktadır (Omi, 2005). Yanıcı maddeler, yangının başlamasına ve yayılmasına zemin teşkil etmektedir (Bilgili vd., 2001). Yangın davranışına etki eden söz konusu yanıcı madde özellikleri, genel olarak; maddenin sürekliliği, düzeni, miktarı, nemi, mekânsal dağılımı, tipi ve meşcere özellikleri şeklindedir (Sağlam, 2002). Bu araştırmada yanıcı madde özelliklerinden bitki örtüsü tipi ve kapalılığı, yangın riski üzerinde etkili olan değişkenler kapsamında ele alınmıştır.

**Meşcere Tipi:** Ağaç türlerinin yangına karşı olan dirençleri değişiklik göstermektedir. İğne yapraklı türler, geniş yapraklılara oranla yangına daha hassastır. Diğer yandan, iğne yapraklılar içerisinde çamlar, içlerinde fazla reçine içermesi, ışık ağacı olması ve kurak yetiştirme alanlarında saf ve geniş meşcereler oluşturması nedeniyle yangından en çok zarar gören türlerdir (Küçük, 2004). Işık ağaçlarından kurulu bitki örtüsünün altlarında, ot ve çalı gibi yanabilme özelliği yüksek formasyonların yetişmesi, bu türlerin yüksek risk taşımasının nedenlerindedir (Scott ve Reinherat, 2001). Geniş yapraklı türler genel olarak yangın riskinin düşük olduğu alanları niteliyor olsa da, bunlar içerisinde meşe, yangından en fazla etkilenen tür özelliğine sahiptir (Küçük, 2004). Araştırma sahasında yer alan bir diğer bitki örtüsü, makilerdir. Maki alanları genellikle taşlık, kayalık, yüksek eğim değerli ve fakir yetiştirme ortamlarıdır. Ancak yanıcı maddenin yatay ve dikey devamlılığının söz konusu olduğu maki alanlarında, yangın esnasında yüksek derecede enerji açığa çıkmaktadır.

Buna göre araştırma sahasında yer alan bitki örtüleri, yanabilme özelliklerine göre sınıflandırıldığında, bölgenin klimaks türü olan kızılçam (*Pinus Brutia*) ve Fıstıkçamı türlerinin yer aldığı ormanlık alanlar, yangın riskinin en yüksek olduğu sahalardır. Söz konusu alanlar kabaca araştırma sahasının bütün bölgelerine yayılmış durumdadır (Şekil 53). Ancak, özellikle Madra Dağı güney yamaçları, Yunt Dağı kuzey yamaçları ve Soma kuzeydoğusunda Şifadağı ve çevresindeki bölgeler, en yüksek yanabilirlik potansiyeline sahip türlerin yoğunlaştığı sahalardır.

Nispeten az, ancak yine yüksek risk değeri, karaçamların, maki ve ot formasyonlarının yer aldığı sınıfa aittir. Bu alanlar yine araştırma sahasının genelinde yayılış göstermekteyken, kızılçam ve fıstıkçamlarına komşu durumdadır. Yüksek risk değerleri taşımalarının bir nedeni de, bu türlerin aynı zamanda böyle bir komşuluk ilişkisine sahip olmasıdır. Bunun nedeni, söz konusu sahaların, özellikle yangının başlamasına uygun fizyolojik özelliklere sahip olmalarıyla ilgilidir. Alansal dağılıfta Yunt Dağı kütesinin güneybatı kesimlerinde yoğunlaşan maki alanları dikkat çekmektedir. Bununla birlikte havzanın kuzeyinde Kocaçukur Tepe ile Kuşça Tepe arasında kalan sahalar, bu türlerin geniş yayılış alanlarıdır (Şekil 53). En yüksek riskli ve riskli grupta yer alan türler araştırma sahasının %50'sine karşılık gelmektedir (Şekil 52). Bu durum sahada bitki örtüsü bakımından yangınların nedeni önemli olduğunun ve yangına karşı hassasiyet boyutunun en net göstergesidir.

Yanabilirlik potansiyeli açısından riskli olmakla birlikte, reçine içermemelerinden dolayı nispeten daha az riskli kategoride olan sedirin ve geniş yapraklılar içerisinde ön plana çıkan meşelerin yer aldığı bölgeler, riskli kategorisinde ele alınmıştır. Bu türlerin yer aldığı sahalar genel olarak, hipsometrik basamakların sonlarında yer almaktadır. Gerçekten, araştırma sahasında bu bölgelere, 600-800 m arası ve üzerindeki yükselti basamağında rastlanmaktadır.



\* Yerleşim alanları, taşlık araziler, kumul alanları, su yüzeyleri ve maden alanları vb.

Şekil 52. Vejetatif Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı

Tarım arazileri, anız yakımı nedeniyle yangın potansiyelinin yüksek olduğu sahalar arasında olsa da bu parametre hesaplamasında yalnızca türlerin yanabilirliği göz

önüne alındığından, az riskli sınıfa dâhil edilmiştir. Söz konusu alanlar havza tabanında yer alan ovalık alanları ve buraların etrafında, tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği eğimli yamaçları kapsamaktadır (Şekil 52).

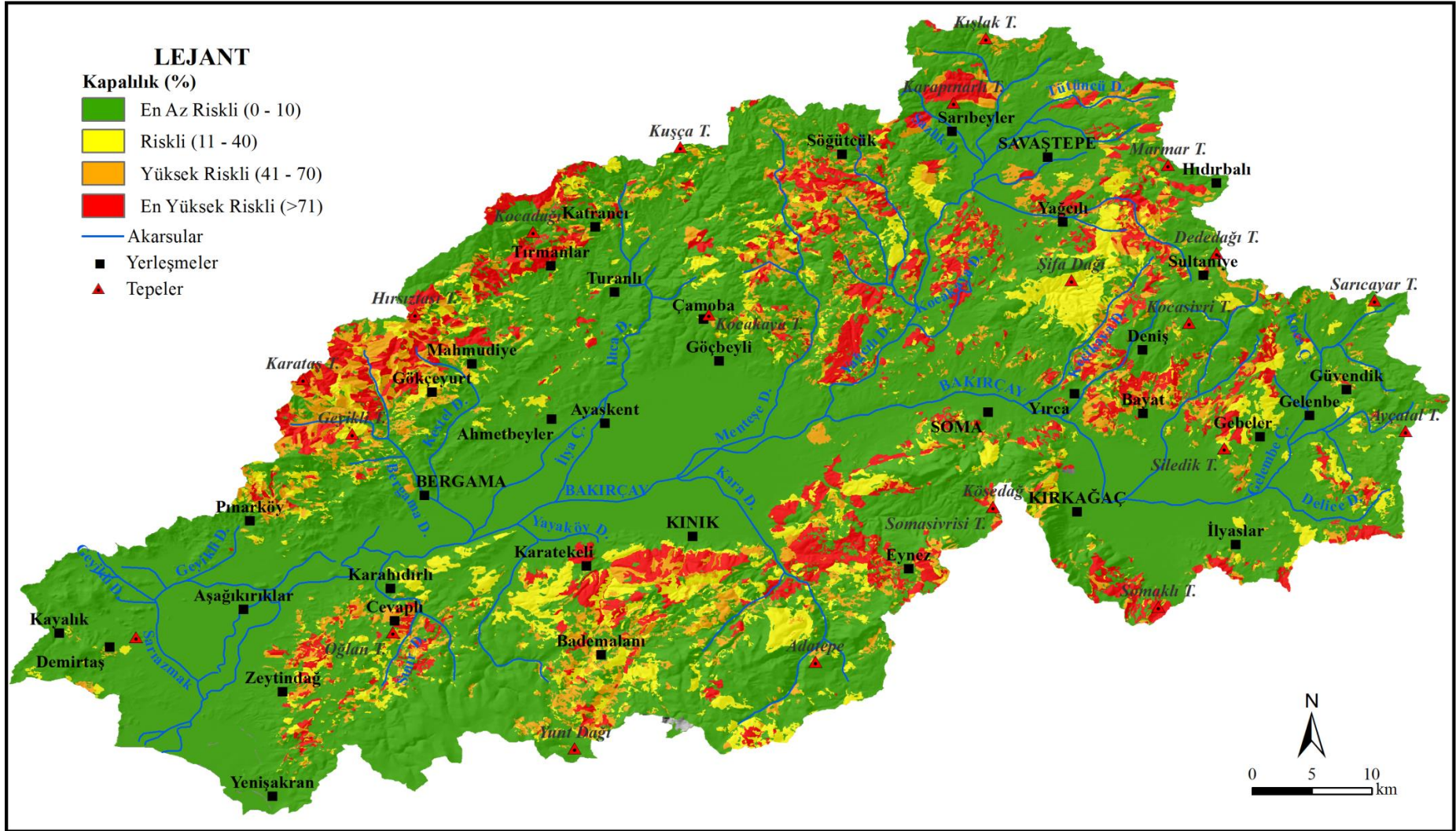
Diğer yandan, meşcere tipine göre yangın riskinin en düşük olduğu sahaları, yerleşim alanları, taşlık araziler, kumul alanları, su yüzeyleri ve maden alanları gibi yüzeyler oluşturmaktadır. Bu alanlardan yerleşim alanları, yerleşmelere mesafe değişkeni çerçevesinde ele alındığından, bitki örtüsünün yanabilirliğinin temel alındığı parametre hesaplamasında, düşük yangın riskine sahip alanlar olarak ele alınmıştır. Benzer şekilde taşlık araziler, kumul alanları, su yüzeyleri, sulak alanlar ve maden sahaları da en az yangın riski ortak paydasında birlikte değerlendirilmiştir.

**Kapalılık:** Yüksek kapalılığa sahip meşcereler, bol miktarda kuru ve ölmekte olan materyalin bulunduğu kolay tutuşabilen toprak üstü diri ve ölü örtü tabakasına sahiptirler. Bu nedenle söz konusu sahalar yangın riskinin yüksek olduğu alanlardır (Durmaz, 2004). Buna göre araştırma sahasında meşcerelerin yoğunluğu 4 farklı kategoride incelenmiştir. Kapalılığın en fazla olduğu (>%71) sahalar riskin en yüksek olduğu alanlar olarak ele alınmıştır (Şekil 54). Havzanın kuzeyi ve güneyindeki bölgesel olarak en yüksek risk alanları gözlenebilmektedir. Bu alanlar havzanın sadece % 8,8'ini oluşturmaktadır (Şekil 52). Şekil 54 incelendiğinde, en yüksek riskli alanların, yüksek riskli ve riskli bölgelerle çevrelendiği görülmektedir. Kapalılık açısından en az riskli alanlar ise havza tabanını ve çevresini kapsamaktadır. Bu en az riskli alanların toplam havza alanına oranı %75,5'tir. Bu da çalışma alanının yangın potansiyelini etkilemesi nedeniyle kapalılık açısından büyük risk oluşturmadığını göstermektedir.







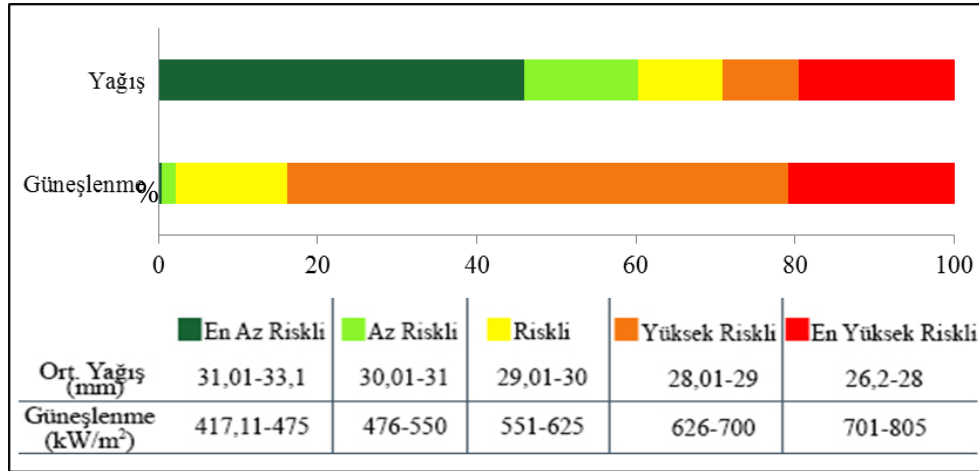


Şekil 54. Bakırçay Havzası'nda Bitki Örtüsü Kapalılık Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri

### 5.1.5.1.3. Klimatik Parametreler

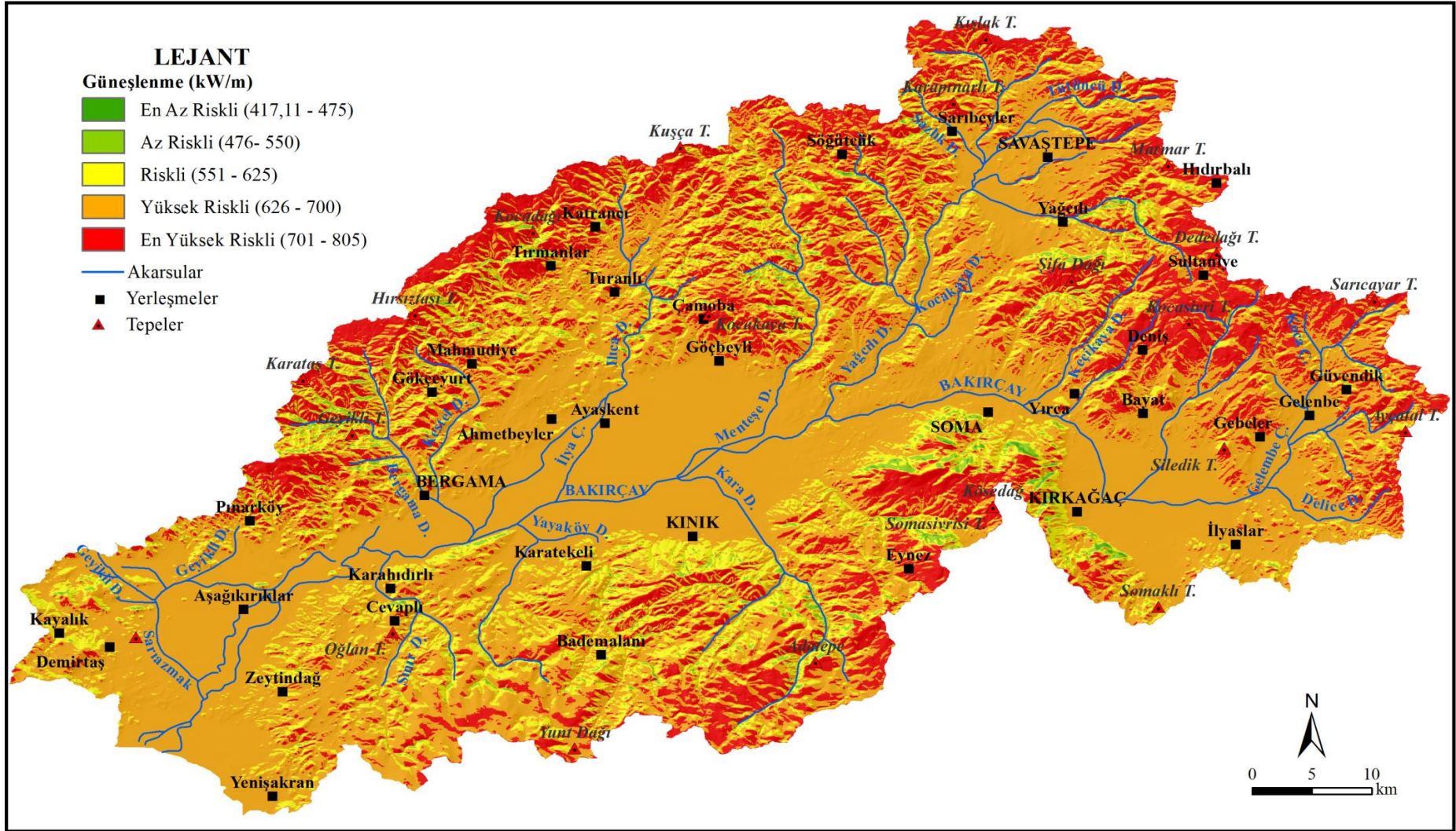
Yangın riskinde etkili olan bir diğer parametre ise iklimdir. İklim unsurlarından güneşlenme ve ortalama yağış iklimik parametreler olarak incelenmiştir. Bunlar:

**Güneşlenme:** Yanıcı maddenin nem içeriği üzerindeki etkisinden dolayı güneşlenme, yangın riski üzerinde önemli bir etkidir. Bu bölümde, yangın riskinin yaz aylarında fazla olması nedeniyle güneşlenmede yangın dönemi (Haziran-Ekim) ve ortalama olarak 39,1° enlemi dikkate alınmıştır. Yangın dönemi güneş ışınlarının dik ve dike yakın açılarla geldiği dönemi kapsamaması nedeniyle, güneş radyasyonu değerleri genel anlamda, yüksek çıkmıştır. Güneşlenme, güneşe bakan yamaçlarda ve gölgelenmenin olmadığı yükseklerde en fazladır. Bunu daha az risk oluşturması sebebiyle havza tabanı izlemektedir. Havza tabanı da, doğrudan güneş radyasyonu aldığı için, daha yüksek güneşlenme değerlerine sahiptir (Şekil 56). Güneşlenmenin çok yüksek olduğu ve dolayısıyla güneşlenme açısından yangın riskinin de yüksek olduğu bu alanlar, araştırma sahasının %20,8'ini kapsamaktadır (Şekil 55). Diğer bölgeler gölgelenmenin ve güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak değişen güneşlenme değerlerine sahiptir.



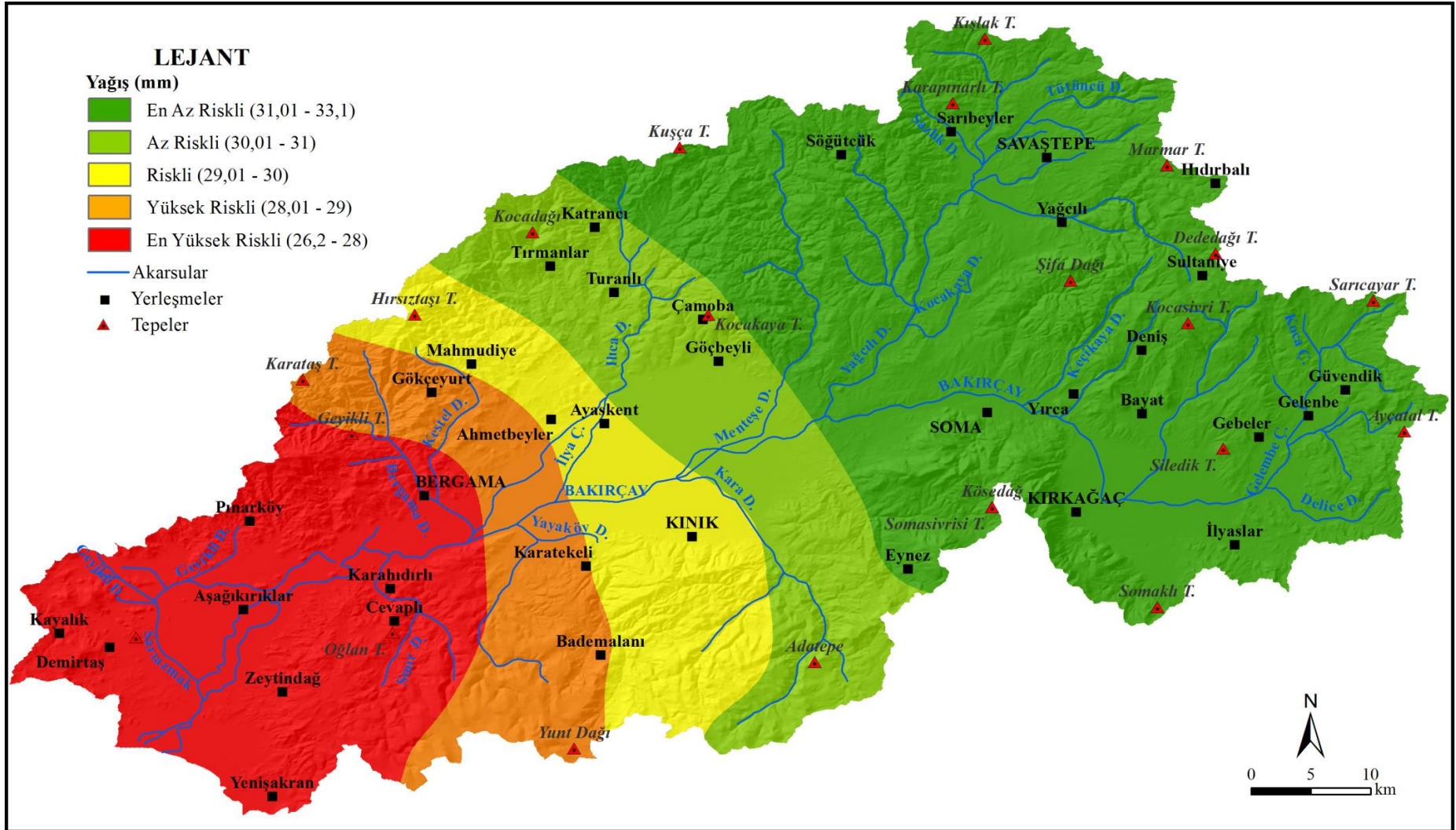
Şekil 55. Klimatik Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı





Şekil 56. Bakırçay Havzası'nda Güneşlenme Özelliklerine Göre Yangın Riski Değerleri





Şekil 57. Bakırçay Havzası'nda Ortalama Yangın Dönemi (Haziran-Ekim) Yağış Miktarlarına Göre Yangın Riski Değerleri

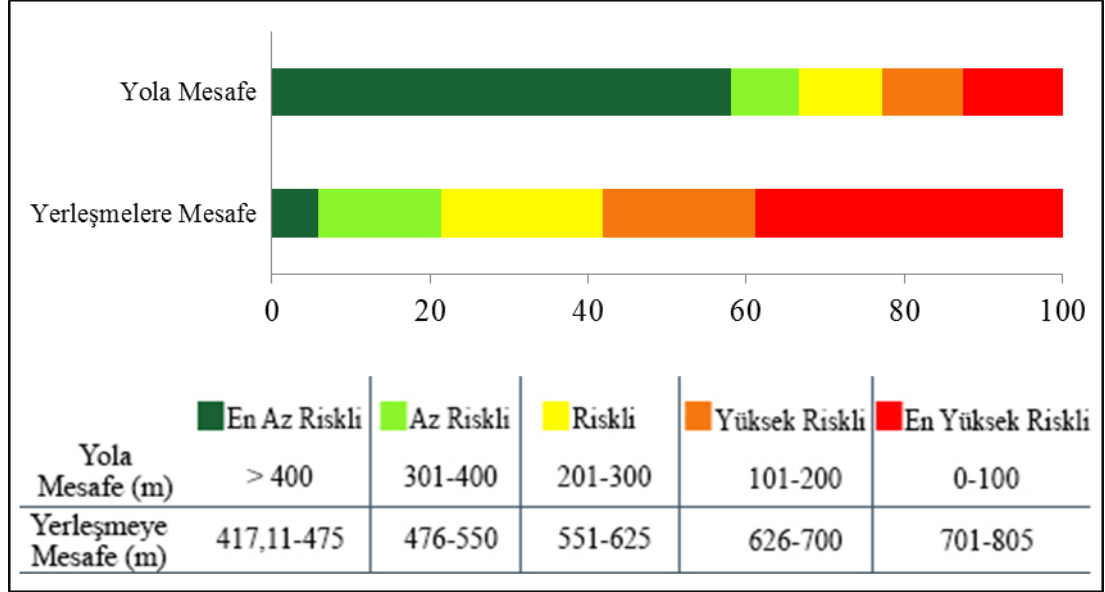
**Ortalama Yağış:** Yangın riskinin hesaplanmasında, yağış değerleri de Haziran-Ekim yangın dönemini kapsayacak şekilde ele alınmıştır. Söz konusu dönemde araştırma sahası karasal hava kütlelerinin etkisi altındadır. Diğer bir ifadeyle bu dönem, çephe faaliyetleri için uygun koşulların olmadığı, yağışsız ve sıcak hava şartlarının hakim olduğu bir döneme karşılık gelmektedir. Ancak Etezyen rüzgârlarının faaliyetlerine bağlı olarak zaman zaman yaz yağışları meydana gelebilmektedir. Buna göre Akhisar, Soma, Bergama ve Dikili meteoroloji istasyonlarının 1999-2013 yılları arasındaki Haziran – Ekim dönemi yağış değerleri dikkate alındığında, en yüksek 33,1 mm ortalama yağış değeri olduğu görülmektedir. Bakırçay Havzası'nın yukarı çığırını kapsayan bu sahalar, aşağı havzaya göre nispeten daha yüksek değerlere ve dolayısıyla daha düşük yangın riskine sahip sahalardır (Şekil 57). Aşağı havzada Dikili-Bergama arasında ise en düşük yaz yağışları gözlenmektedir. Dolayısı ile yangın riski açısından en riskli bölgeleri oluşturmaktadır.

#### **5.1.5.1.4. Beşeri Parametreler**

Yangın riski açısından beşeri faaliyetler de önemli parametrelerden birisidir. Orman yangınlarının temel nedeni insan faktörüdür. Bilinçli ya da bilinçsiz şekilde beşeri faaliyetlerden kaynaklanan orman yangınları, insan etkileşiminin olduğu her yerde meydana gelebilir. Beşeri faaliyetler içinde ise yollara ve yerleşmelere olan mesafe yangın riskine neden olan faktörler olarak incelenmektedir (Chuvieco vd., 2003):

**Yollara Olan Mesafe:** İnsanın etkileşim araçlarından birisi de yollardır. Yerleşme yerlerinin kuruluşunda ve gelişimde belirli özellikler aranırken, yollar bu kriterlerden bağımsız, insanın ulaşabileceği her noktada yer alabilmektedir. Buna göre, yanabilme özelliği yüksek olan bölgelere dokunan ya da yakın olan yollar yangın riskinin yüksek olduğu sahalardır. Tabi ki yolların risk oluşturmadaki en önemli etken araçlardır. Yoksa yollar tek başına risk değil, aksine yangının yayılmasını engelleyen koridorlardır. Ancak Türkiye'de yangın riskinin yol kenarlarına atılan izmaritlerden başladığı dikkate alındığında yollara yakınlık riski artırmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2002). Yerleşmeler arasında ve ekonomik faaliyetlere bağlı olarak kurulan yollar, havzayı tamamıyla etkilemekte ve yol yoğunluğunu artırmaktadır (Şekil 59). Bu bölümde, yolun teknik özelliği dikkate alınmadan bütün yollar, yangın riski analizine dâhil edilmiştir. Kimi yollar mevsimsel kullanım özelliğine sahip olsa da, bu mevsimin yangın dönemine denk gelmesi nedeniyle analiz dışında

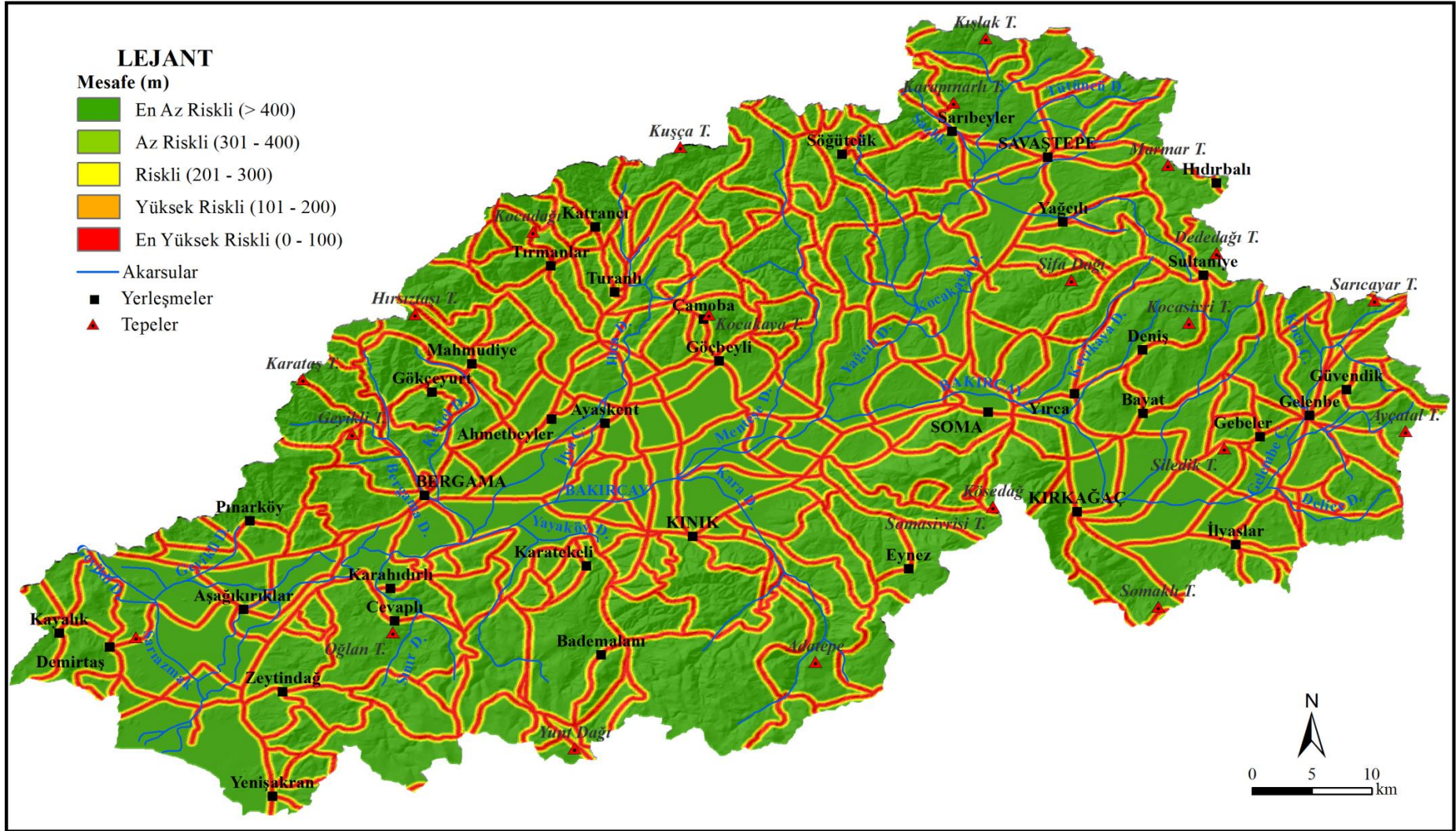
bırakılmamıştır. Buna göre Bakırçay Havzası'nda yer alan yollara 100 metreden daha yakın olan sahalara, yüksek yangın riskine sahip alanlar olarak ele alınmıştır. Çalışma alanının %12,6'sı yollara 100 m yakındır ve yollar açısından yangın riskinin en yüksek olduğu sahalardır (Şekil 58). Yol yoğunlu havzadan çevreye gittikçe azalmaktadır. Ancak bölgede dikkate alınması gereken bir diğer tehlike, liman inşası nedeniyle yol yoğunluğunun artması olasılığıdır. Liman inşasının, gelecek dönemde yol ve yollardaki araç yoğunluğunu artıracak olduğu aşikârdır.



Şekil 58. Beşeri Parametrelere Ait Risk Değerlerinin Oransal Dağılışı.

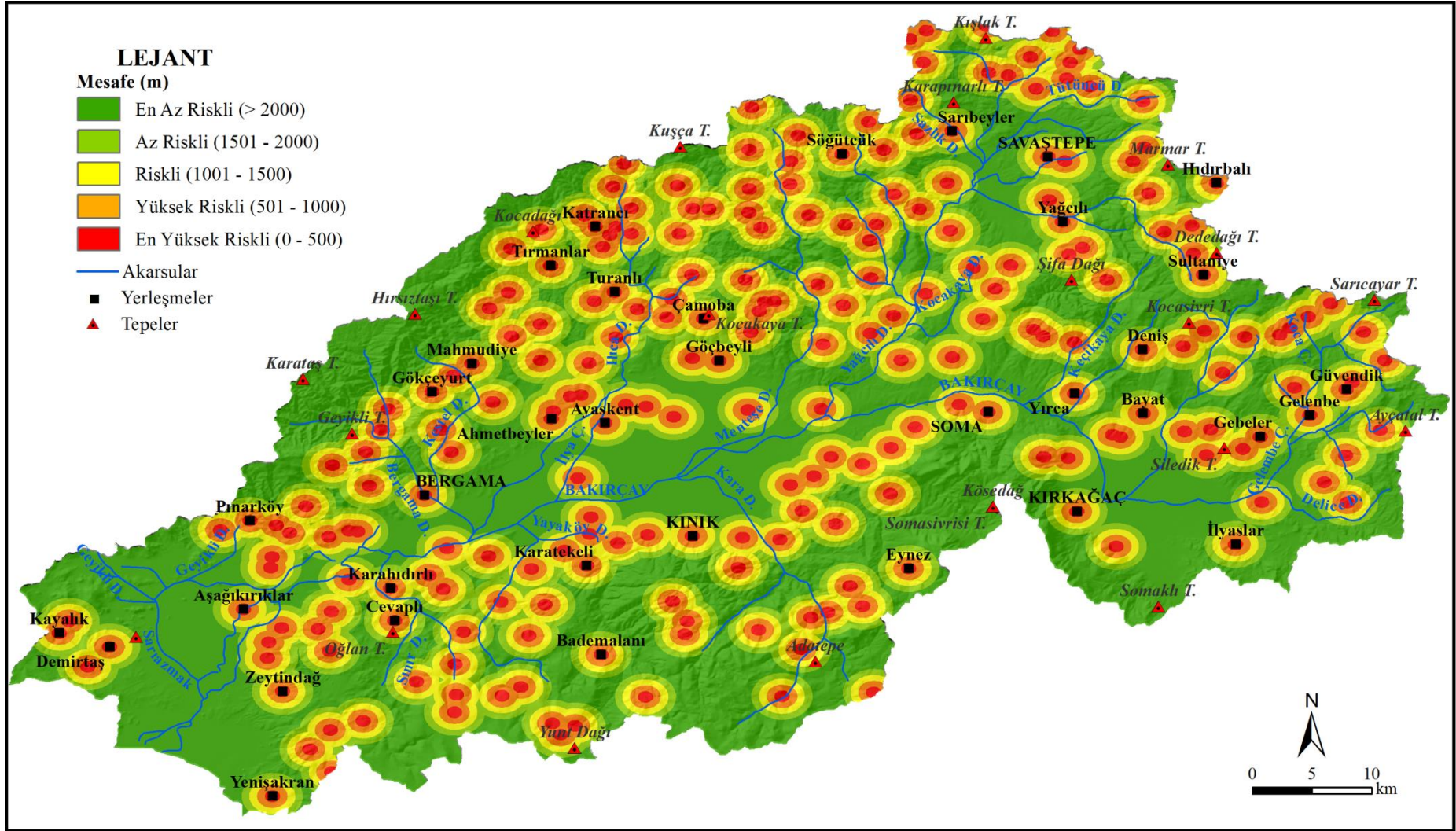
**Yerleşmelere Olan Mesafe:** Yerleşmeler, yollardan farklı olarak beşeri faaliyetlerin belirli bir alanda yoğunlaştığı sahalardır. Yolların geniş alanlarda etkileşimi bulunabilirken, yerleşmeler kendi çekirdekleri içerisinde ve bu çekirdekle bağlantılı belirli bir zon içerisinde etkileşime sahiptir. Ayrıca yerleşmelerin yollardan bir diğer farkı, etkileşimde olan kitle boyutudur. Mekânsal ölçekte yollara göre sınırlı alanlarda yerleşmelerin etkisinden söz edilirken, nüfus boyutu düşünüldüğünde yerleşmelerin etkisinin yollara eş değer olduğu görülmektedir. Buna göre Bakırçay Havzası'nda yer alan 245 tane köy/mahalle ve belde yerleşmelerinin tamamını kapsayacak şekilde 500 metre risk sınırı belirlenmiştir (Şekil 60). Söz konusu sınırın dışında kalan sahalara, nispeten daha düşük yangın riskine sahip alanlar olarak ele alınmıştır. Bu kapsamda çalışma alanının %38,9'u yerleşmelere en fazla 500 m yakınlıktadır ve beşeri nedenli yangın riski potansiyeli taşımaktadır (Şekil 58).





Şekil 59. Bakırçay Havzası'nda Yollara Olan Mesafeye Göre Yangın Riski Değerleri





Şekil 60. Bakırçay Havzası'nda Yerleşmelere Olan Mesafeye Göre Yangın Riski Değerleri

### 5.1.5.2. Bakırçay Havzası'nda Yangın Riski Analizi Bulguları

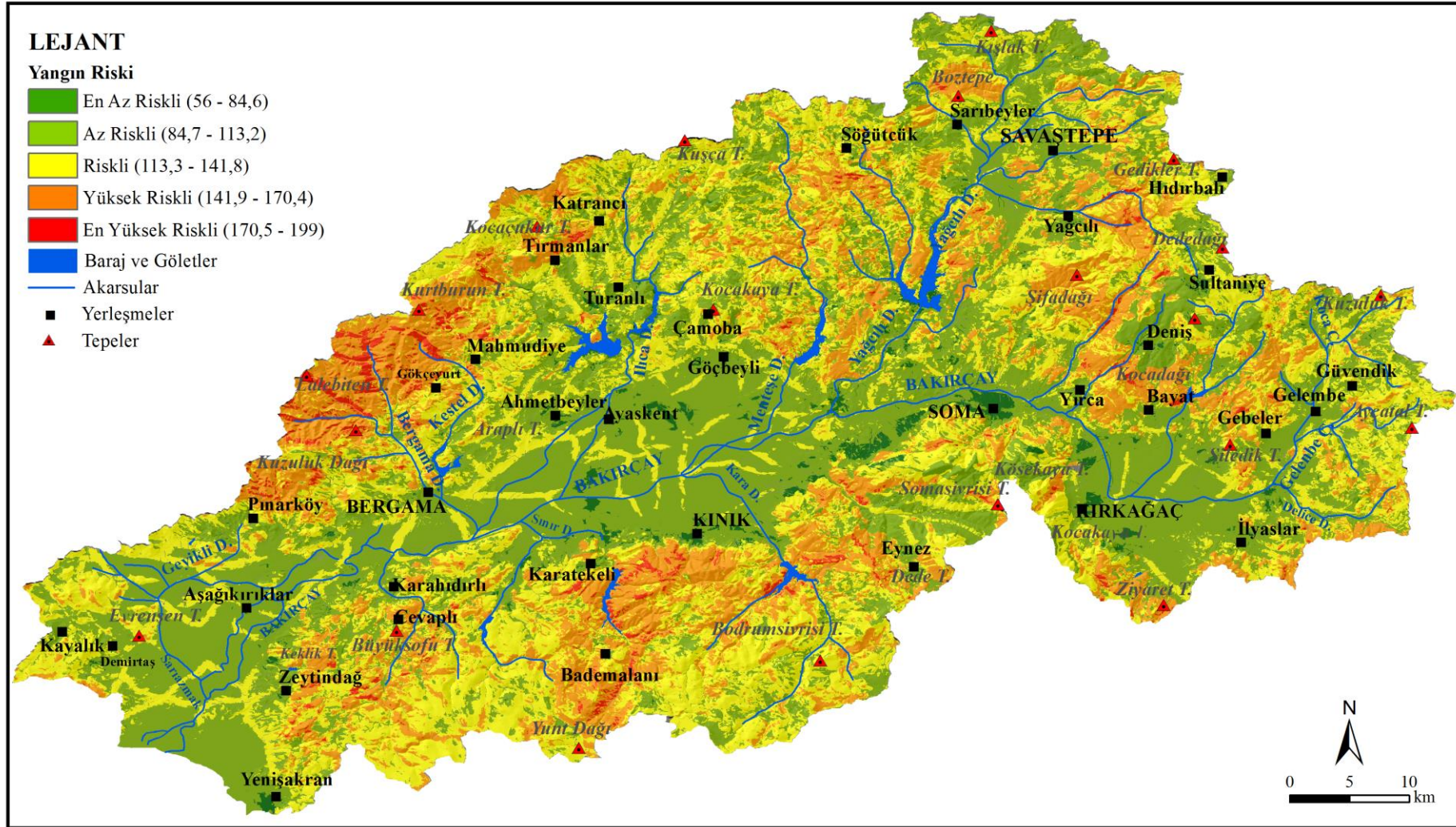
Doğada meydana gelen diğer tüm süreçler gibi yangın da birçok değişkenin farklı oranlarda etkili olmasına bağlı olarak meydana gelmekte ve gelişmektedir. Yangının davranışında etkili olan bu 3 boyutlu süreç, birbirlerinden bağımsız ele alınamayacağı gibi, her bir değişkenin oynadığı rolün önemi de doğru şekilde belirlenmelidir. Aksi halde planlama ve yönetim çalışmalarında alınacak kararlar bu duruma paralel olarak yanlış olacaktır. Bu bağlamda ele aldığımız biyotik ve abiyotik faktörlerin yangın üzerindeki etki derecelerinin belirlenmesi analizin en önemli aşamasını oluşturmaktadır.

Etki derecesinin, diğer bir ifadeyle kriterlerin analizdeki ağırlıklarının belirlenmesi, doğal sistemlerin karmaşık ilişkisi nedeniyle farklı derecelerde ele alınması mümkün olan bir süreçtir. Ayrıca alanın beşeri özellikleri ve özel konumu, bu durumu daha karmaşık hale getirmektedir. Öyle ki, literatürde yangın riski analizlerinde değişkenlere ait standart kat sayılar bulunmamaktadır (Jaiswal vd., 2002; Joaquim vd., 2007; Prasad vd., 2009; Chuvieco vd., 2010). Bu durum araştırmanın subjektif temelden kurtarılması açısından ayrı önem taşımaktadır.

Bu bağlamda Bakırçay Havzası'nda yangın riskinin belirlenmesi amacıyla kurulan formülde öncelikle, yangının meydana gelme olasılığını etkileyen beşeri unsurlar ve yangının meydana gelmesiyle etkilenecek doğal ortamların özellikleri dikkate alınmıştır. İkinci olarak ele alınan faktörler ise, yangın meydana geldikten sonra yangının davranışını etkileyen unsurlardır. Buna göre, Türkiye genelinde ve araştırma sahasında yangının meydana gelmesinin temel nedeni olan insan faktörünün daha fazla etkilediği ve yüksek yanma kapasitesine sahip bitki örtüsünün yer aldığı sahalarda yüksek ölçüt ağırlığı ile alınmıştır. Yangının davranışı ve meydana gelme olasılığı, üzerinde etkili olan doğal etmenlere nispeten daha düşük ölçüt ağırlığı belirlenerek ele alınmıştır.

Sonuç olarak araştırma sahasında en yüksek yangın riskine sahip alanlar, havza tabanını kuzeyden ve güneyden çevreleyen yüksek dağlık kütleler üzerinde yer alan ormanlık alanlar olarak tespit edilmiştir (Şekil 61) . Söz konusu sahalarda hem beşeri etkileşimlerle iç içe olmalarından hem de sahip oldukları doğal özelliklerden dolayı potansiyel yangın tehlikesinin en yüksek olduğu alanlardır. Bu sahalarda, olası





yangın durumunda önemli boyutta ekolojik tahribat meydana geleceğinden, ekolojik risk analizinde ön planda tutulması gereken alanlar olma özelliğini göstermektedir.

Elde edilen sonuç haritasında veri setlerinin sınıflandırma aralıklarının seçimi, doğal kırılma (natural breaks) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Diğer bir ifadeyle, risk sınıfları arasındaki geçiş sınırı istatistiksel temele dayanarak belirlenmiştir. Buna göre, araştırma sahasında yüksek riskli sınıf içerisinde bulunan sahalara, en riskli sahalara yakın çevresinde yer almaktadır. Bu sahalara nispeten daha düşük risk grubunda yer almasına rağmen, sahanın bitki örtüsü, türü ve kapalılığı haritalarıyla karşılaştırıldığında ekolojik potansiyeli yüksek sahalardır. Beşeri faaliyetlerden nispeten soyutlanmış olması, söz konusu alanların yangının meydana gelme ihtimali bakımından bir alt kategoride yer almasına neden olmuştur. Yine de yüksek riskli sahalara komşu olması, olası yangın durumunda bu alanların birinci derecede etkileneceği gerçeğini değiştirmemektedir. Özellikle Madra Dağı ve Yunt Dağı kütleleri üzerinde yoğunlaşan sahalara, ekolojik risk analizi kapsamında göz ardı edilmemesi gereken alanlardır.

Araştırma sahasındaki yüksek kütleler ile havza tabanını birbirine bağlayan yamaçlar, riskli kategoride yer almaktadır. Bu sahalara arazi örtüsü ve kullanımı özellikleri incelendiğinde, genel olarak dikili tarım ve maki arazileri olduğu görülmektedir. Makilerin yoğun bir şekilde araziyi kaplaması, yangın davranışını önemli derecede etkilemektedir. Dikili tarım alanlarında ise insanların, tarımsal faaliyetleri sırasında ateş yakmaları, yangının meydana gelme olasılığını etkilemektedir. Bu kapsamda söz konusu alanlar beşeri faaliyetlerin fazla ancak ekolojik özellikleri nispeten daha az olan sahalara olması nedeniyle, orta derecede riske sahiptir. Yer yer havza tabanında, beşeri faktörlerin ön plana çıktığı bölgelerde, bu sınıftaki araziler yer almaktadır. Özellikle yolların güzergâhı üzerinde bulunan, ayrıca tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği havza tabanındaki alanlar, 3. derecede riskli diyebileceğimiz bu kategoride yer almaktadır.

Vejetatif ve topografik değişkenlerin en az ön plana çıktığı havza tabanı, düşük ve en düşük yangın riskine sahip alanlar olarak tespit edilmiştir. Doğal bitki örtüsünden yoksunluk, yükselti, eğim, bakı ve yüksek taban suyu seviyesi nedeniyle, bu sahalara, risksiz alanlar sınıfında yer almaktadır. Buna göre araştırma sahasında yer alan



ovaların tabanları, düşük yangın riskine sahip sahalardır. Söz konusu sahalarda beşeri faaliyetler yoğunluk gösteriyor olsa da ekolojik öneme sahip alanlarla komşuluk göstermiyor olması, bu alanların risk değerinin düşmesine neden olmaktadır.

Ayrıca araştırma sahasında, yüksek dağlık kütleler üzerinde yer alan maden sahalarının analize dahil edilmemesinden dolayı, bu alanların yer aldığı, Soma güneyinde Kösedag civarı ve Deniz çevresi düşük riskli olarak görülmektedir. Maden sahaları, ekolojik risk analizi kapsamında, arazi örtüsü ve kullanımı analizinde ele alınmıştır. Bu alanların yangın riski analizinde düşük riske sahip olması, ekolojik risk analizi işleminde hataya yol açacaktır. Bu nedenle, söz konusu alanların analiz hatasına yol açmasını engellemek amacıyla, yangın riski analizinde söz konusu alanlar göz ardı edilerek ekolojik risk analizine dahil edilmiştir.

## **5.2. Ekolojik Risk Modeli**

Ekosistemler üzerinde çeşitli faktörler doğrudan ya da dolaylı olarak sistemin işleyişinde değişime sebep olmaktadır. Bunlar, iklim değişimi, kirlilik, arazi kullanımı/örtüsü değişimi, istilacı türlerin yayılışı, sosyo-ekonomik faktörler, kültürel ve dini faktörler, bilim ve teknoloji, politik faktörler, demografik faktörlerdir (Bennett vd., 2005). Çevre planlama ve yönetim çalışmalarının söz konusu bu faktörleri göz önünde bulundurarak oluşturulması gerektiği noktasından hareketle, Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin tespiti amacıyla doğal ve beşeri risk faktörleri belirlenmiş ve analiz edilmiştir. Bu, ekosistem yönetimi sürecinde mevcut durumun analizi aşamasına karşılık gelmektedir. Ek olarak yine bu süreç sonucu elde edilen sonuçların; değerlendirme, planlama, projelendirme ve teşkilatlandırma gibi aşamalarda gerekli olan kullanılabilir veri altyapısı ihtiyacını karşılayacağı düşünülmektedir.

Gerekli veri altyapısının kurulması karar sürecinin bir aşamasını oluşturmaktadır. Simon (1960) karar analizi sürecini problemin ortaya konulması (*intelligence*), opsiyonların oluşturulması (*design*) ve optimum seçeneğin tercihi (*choice*) şeklinde tanımlanmıştır. Buna göre araştırma sahasında değişkenlerin analizi ile mevcut durum ortaya konularak sahadaki problemler tespit edilmiştir. Sürecin bir diğer adımı sistemin dizaynı ile karar vericiler için gerekli opsiyonların oluşturulmasına karşılık gelmektedir. Ancak araştırma kapsamında ekolojik riskin tespit edilerek opsiyonların

oluşturulması ekosistemlerin çok boyutlu olma özelliği nedeniyle daha karmaşık bir yaklaşım gerektirmektedir. Araştırma kapsamında belirlenen risk faktörlerinin doğal süreçler üzerindeki etkisinin boyutu çeşitli süreçlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bir başka deyişle, riskin niceliksel ifadesi tamamıyla değişkenlerin önem derecesine bağlıdır ve dolayısıyla tek bir değer ile ifade edilemez. Bu nedenle Bakırçay Havzası'nda riskin mekânsal ve niceliksel ifadesi, doğal sistemlerdeki bu karmaşık etkileşime bağlı olarak farklı yöntemler kullanılarak ortaya konulmuştur. Yaklaşımdaki bu farklılığın karar analizi sürecinde ihtiyaç duyulan yaklaşım farklılığını ve opsiyon çeşitliliğini sağlayacağı düşünülmektedir.

Tercih edilen yöntemlerin ortak özelliği sonuçların niceliksel ve mekânsal olarak ifade edilmesine olanak sağlaması iken, birbirlerinden ayırt edici özelliği ise kullanıcının analiz sürecine müdahale edebilmesine sağladığı olanaklardır. Gerçekten çok kriterli analiz tekniği ile gerçekleştirilen ekolojik risk analizi tamamıyla kullanıcı bağımsız bir analiz sürecine sahipken, analitik hiyerarşi süreci içerisinde subjektif bir süreç barındırmaktadır. Ekolojik riskin karakterizasyonu süreci, çok kriterli analiz tekniğinde olduğu gibi kullanıcı bağımsız bir süreci ifade etmektedir. Bu yaklaşımın diğer yaklaşımlardan olan temel farkı bağımsız değişkenlerin hem birlikte hem de tek tek etkili olduğu sahaların sorgulanmasına olanak tanmasıdır. Bu durumun da farklı uzmanlık alanlarındaki karar vericilerin doğru ve hızlı kararlar alabilmesini kolaylaştıracağı düşünülmektedir. Böylelikle çalışmada uygulanan üç farklı ekolojik risk belirleme tekniğinin farklı kullanıcıların ihtiyacını karşılaması hedeflenmektedir. Buna göre araştırma sahasında bağımsız biyotik ve abiyotik değişkenlerin ekosistem üzerinde oluşturduğu riskin tespiti her üç yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek havza yönetimi ve planlama sürecinde kullanılabilirliği test edilmiştir.

### **5.2.1.Çok Kriterli Analiz Teknikleri ile Ekolojik Risk Modeli**

Karar verme süreci birden fazla değişkenin birlikte ele alınmasını ve kimi zaman değişkenlere belirli öncelikler verilmesini gerektirmektedir. Çevre ile ilgili kararların alınması benzer güçlüğüne sahip bir süreçtir. Sorunların ortaya konulması, problemlerin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak verilecek kararların mekansal olarak çözümlenmesi amacıyla çok kriterli karar analizlerine başvurulmaktadır (Makropoulos and Butler, 2006; Boroushaki and Malczewski, 2008). Çok kriterli

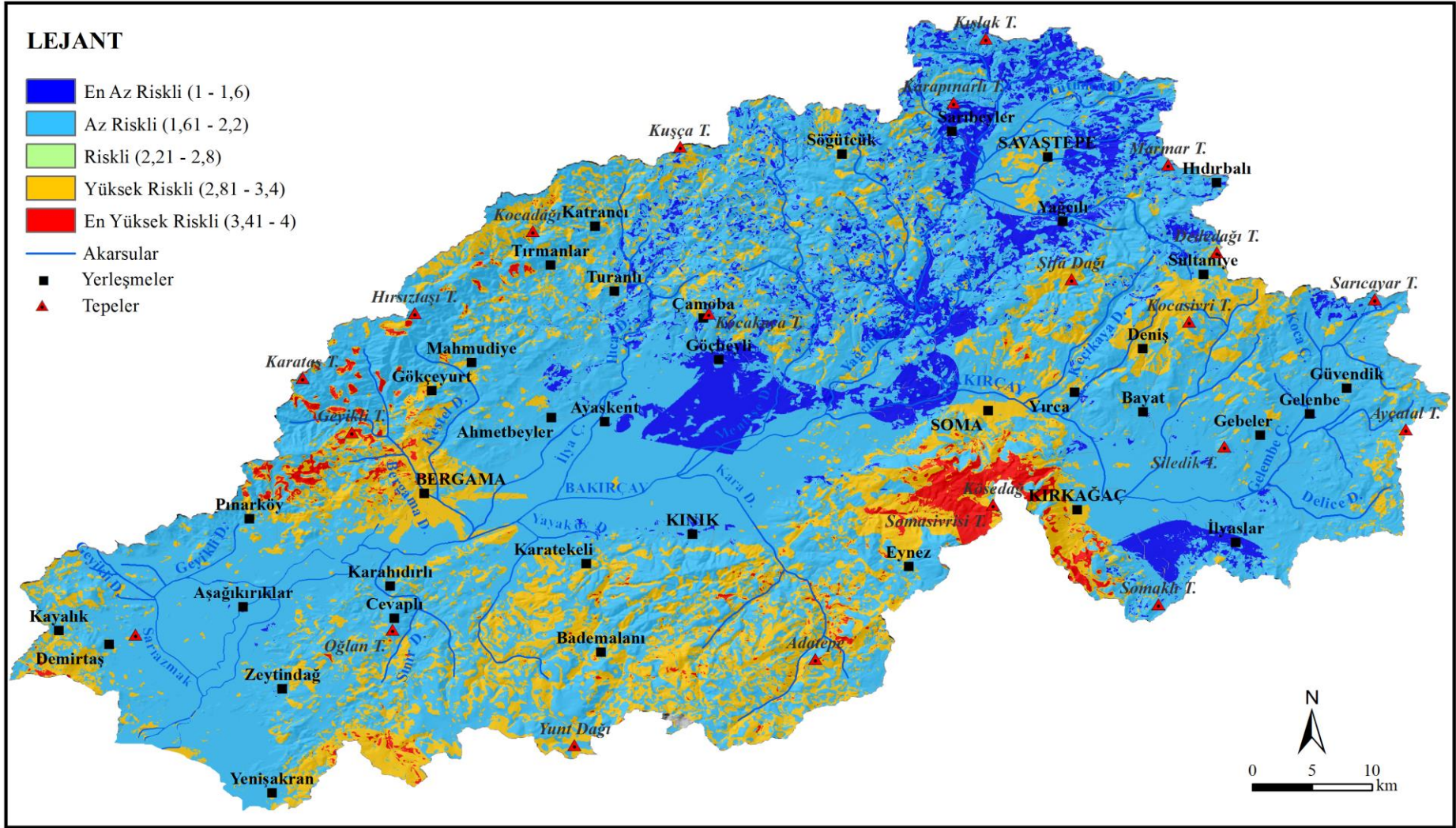
analiz tekniğinin sağladığı bir diğer avantaj ise farklı ilgi alanlarına sahip kişilerin değerlendirme sürecine katkı sağlamasına olanak tanınmasıdır (Malcezwski, 1999). Çok kriterli analiz tekniğinde tüm değişkenler eşit önem derecesine sahip olacak şekilde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen risk değerleri eşit aralıklı sınıflandırma tekniği ile beş farklı risk kategorilerine ayrılmıştır (Şekil 62). Şekil 62 İncelendiğinde havza tabanını çevreleyen kuzeydeki ve güneydeki yüksek sahaların en riskli alanlar olduğu görülmektedir. Orta ve yukarı havzada yer alan ova tabanları ve nispeten yüksek sahalarda yer alan akarsu vadileri ise riskin en az olduğu sahalardır.

Araştırma sahasında en yüksek riske sahip alanlar havzanın %1,9'una, yüksek riskli alanlar %12,7'sine, riskli sahalarda %17,7'sine, az riskli alanlar %59,9'una ve en az riskli alanlar % 7,8'ine karşılık gelmektedir. Tüm faktörlerin eşit önem derecesine sahip olduğu varsayılarak gerçekleştirilen analiz sonucu genel olarak değerlendirilirse, en yüksek riskli sahalarda nüfus artışının fazla olduğu kent merkezlerine yakın yüksek eğimli sahalarda olduğu görülmektedir.

Bu alanlardan şüphesiz en göze çarpan Soma çevresindeki alanlardır. Yüksek ekolojik riske sahip olan bu sahalarda meteorolojik kuraklığın, nüfus artışının, arazi kullanımının/örtüsünün ve toprak kaybının yüksek risk oluşturduğu bölgelerdir. Söz konusu sahalarda açık ocak işletmeciliğine bağlı olarak meydana gelen bitki örtüsü tahribatı ve bu durumun neden olduğu toprak kaybı potansiyeli bölgenin araştırma sahasındaki en yüksek riskli alanlar olmasına neden olmaktadır.

Benzer şekilde Kırkağaç'ın kabaca güneyinde kalan yüksek eğimli alanlar araştırma sahasında yer alan en yüksek ekolojik riske sahip bölgelerden bir diğeridir. Burada maden faaliyetlerine bağlı arazi kullanımı/örtüsü değişimine bağlı yüksek toprak kaybı riski ve nüfus değişimi bölgenin ekolojik risk açısından ön plana çıkmasına yol açmaktadır.

Buna karşılık, Bergama'nın kuzeyinde yer alan sahalarda tespit edilen yüksek riskli sahalarda ekolojik problem yangın potansiyeli ve nüfus değişimi kaynaklı olarak karşımıza çıkmaktadır. Madra dağların güney batı eteklerine denk gelen Bergama-



Şekil 62. Bakırçay Havzası'nda Çok Kriterli Analiz Teknikleri ile Ekolojik Risk Modeli

Pınarbaşı-Gökçeyurt hattındaki bu riskli bölge, havza içinde nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bir bölgedir. Nüfus hareketi havza içindeki köy ve kasabalardan Bergama kentine doğru gerçekleşmektedir. Diğer yandan bu çevrede yapılan Koza Altın Madeni işletmesi de bu yörede riskin artmasına neden olmaktadır. Diğer yandan bunun bir sonucu olarak yangın riskinin de yüksek olduğu bir saha olarak dikkati çekmektedir. Özetle bir yandan nüfus artışı diğer yandan yangın riski Bergama-Pınarbaşı hattında ekolojik riskin yüksek olmasına neden olmuştur.

Bakırçay deltasını da içine alan alt havzadaki Demirtaş çevresi ise bir diğer yüksek riskli bölge olarak dikkati çekmektedir. Bu bölge hemen batısındaki Çandarlı'nın etkisinde ve aynı zamanda ikincil konut faaliyetlerine yönelik arazi kullanımı özellikleri nedeniyle yüksek riske sahiptir. Kısaca görülüyor ki, beşeri faaliyetlerin yoğunlaştığı belirli alanlar ile riskin yüksekliği arasında ilişki yüksektir.

Aşağı havzada yer alan turizm faaliyetlerinin yoğunlaştığı sahalar, madencilik faaliyetlerinin yoğunlaştığı Soma ve çevresindeki alanlar ve hızlı nüfus artışına neden olan Bergama'nın çekiciliği bu bölgelere örnektir. Bu durumun bir diğer açıklaması araştırmada ekolojik riskin tespiti amacıyla ele alınan faktörlerin doğrudan ya da dolaylı olarak insan kaynaklı olmasıdır. Bu nokta ile ilişki kurulduğunda araştırma sonucu bize en yüksek riskin insan faaliyetlerine yakın alanlarda olduğunu göstermektedir.

Havzadaki az riskli alanlar ise tarımsal faaliyetlerin yaygın olarak yapıldığı Bakırçay Ovası'dır. Bu bölgelerde değişmeyen tarım faaliyetleri ve stabil kalan nüfus risk etkenini minimize etmiştir. Ancak ovayı çevreleyen yamaçlarda eğimin artması risk faktörünün fiziksel özelliklere bağlı olarak artmasına neden olmaktadır.

Sonuç olarak çok kriterli yaklaşım ile elde edilen ekolojik risk modeli; araştırma sahasını çevreleyen yüksek eğimli ve nüfus baskısı altındaki sahalarda riskin yüksek olduğunu, karar vericilerin öncelikli kararlarını bu alanlara yönelik vermesi gerektiğini ve araştırma sahasının öncelikli probleminin açık ocak işletmeciliğine ve arazi/örtüsü kullanımı faaliyetlerine bağlı olarak gerçekleşen toprak kaybı ile nüfus baskısı olduğunu göstermektedir. Tabiki bu kapsamda hızlı göç alan ve buna bağlı olarak tarım alanlarının kentleşmeye bağlı olarak yok edilmeye başladığı kent

merkezlerinin baskısı altındaki ovalarda önlemlerin artırılması gerektiği unutulmamalıdır.

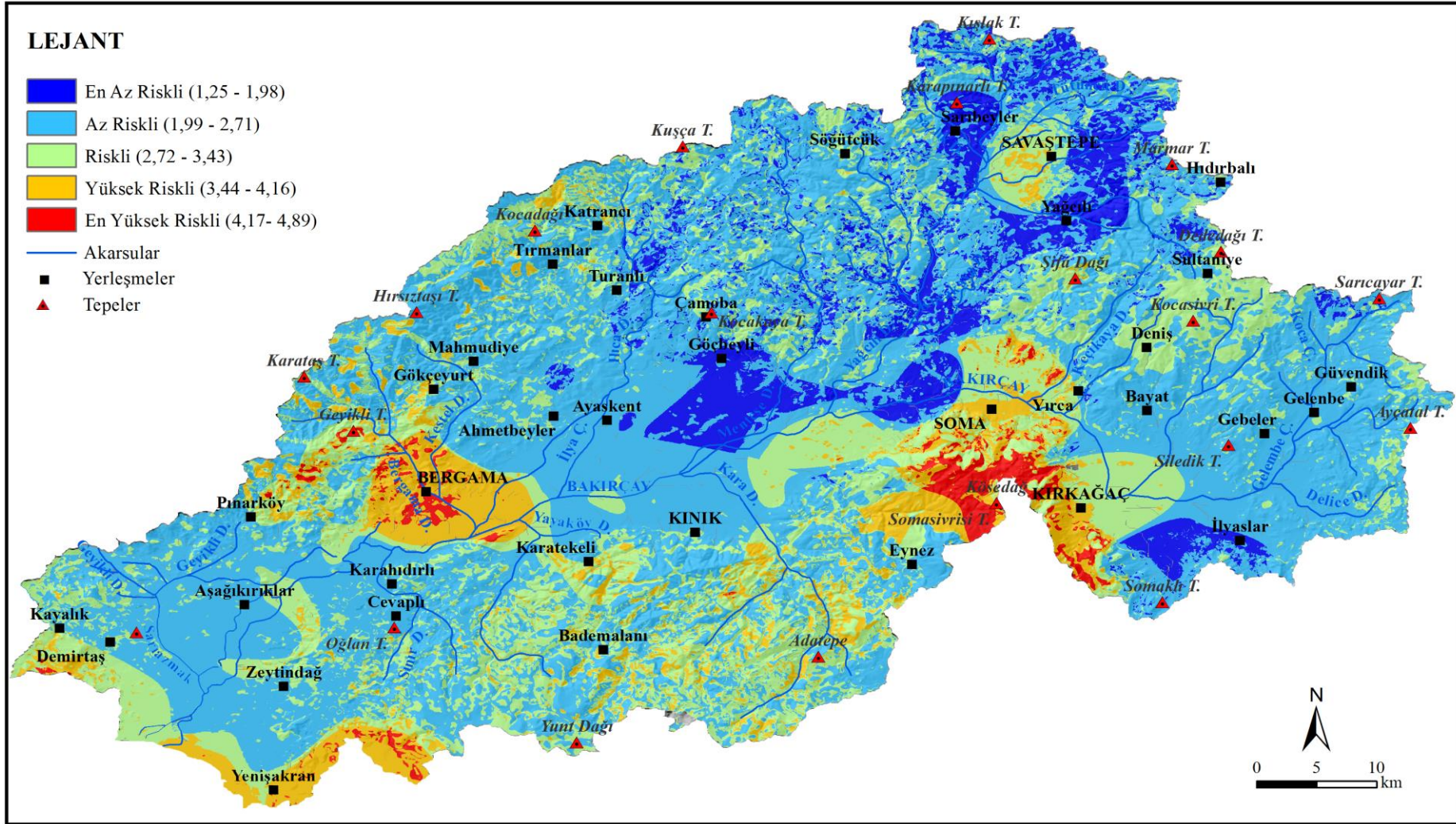
### **5.2.2. Analitik Hiyerarşi Süreci ile Ekolojik Risk Modeli**

Karar verme sürecinde kullanılan ve CBS'nin de mekânsal analizlerde destek sağladığı yöntemlerden bir diğeri analitik hiyerarşi sürecidir. Çok kriterli analiz tekniklerinden olan analitik hiyerarşi yaklaşımı, kriterler arasında hiyerarşinin oluşturulması, karşılaştırmalı tercih matrisinin oluşturulması ve önceliklerin değerlendirilmesi aşamalarını kapsamaktadır (Saaty, 1980). Buna göre ilk olarak, araştırmada ele alınan risk faktörleri hiyerarşik bir yapı içerisinde değerlendirilmiştir. Uzman görüşlerine dayalı olarak gerçekleştirilen değerlendirme işlemi sonucu elde edilen değerler ile karşılaştırmalı tercih matrisi oluşturulmuştur. Matris hesaplamaları sonucunda her bir değişkene ait öncelik belirlenerek analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sırasında ekolojik risk konusunda çalışma yapmış farklı disiplinlerin görüşleri dikkate alınarak eşit ağırlık verilen bir önceki çok kriterli yöntemle katkı sağlanmıştır.

Uzman görüşlerine göre belirlenen matris hesaplaması sonucunda risk faktörlerinin ağırlık değerleri nüfus değişimi 0,351, meteorolojik kuraklık 0,256, arazi kullanımı/örtüsü 0,176, yangın potansiyeli 0,110 ve toprak kaybı 0,107 olarak tespit edilmiştir. Matrisin tutarlılık oranı (CR) ise %9,1'dir. Bu değer oluşturulan matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir (Saaty, 2000). Görülmektedir ki uzman görüşleri % 35 ile en yüksek ekolojik risk faktörü olarak nüfus değişimi faktörünü, sonra ise %26 ile meteorolojik kuraklık faktörünü öne çıkarmaktadır. Elde edilen risk haritası eşit aralıklı sınıflandırma tekniği ile kategorilendirilerek beş farklı risk sınıfı oluşturulmuştur (Şekil 63).

Analiz sonuçları incelendiğinde risk faktörlerinin öncelik değerlerindeki farklılığın net bir şekilde analiz sonucuna yansıdığı görülmektedir. Buna göre araştırma sahasında risk, ağırlıklı olarak nüfus değişimi parametresine bağlı olarak şekillenmektedir. Gerçekten analiz sonuçları nüfus değişimi riskinin tespit edildiği analiz (Şekil 44) ile karşılaştırıldığında riskin dağılımındaki paralellik net bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bu durum özellikle Savaştepe, Kırkağaç, Soma, Bergama gibi büyük kent merkezlerinin bulunduğu sahalarda belirgin şekilde göze çarpmaktadır.





Şekil 63. Bakırçay Havzası'nda Analitik Hiyerarşi Süreci ile Ekolojik Risk Modeli



Bu çalışma yöntemine göre ise Bakırçay Havzası'nın % 1,7'si en yüksek riskli alanlardan, %8,5'i yüksek riskli alanlardan, %27,2'si riskli alanlardan, %54,5'i az riskli alanlardan ve %8'si en az riskli alanlardan oluşmaktadır. Bu sonuçlara göre riskli, yüksek riskli ve en yüksek riskli sahalara temel alındığında çok kriterli yaklaşıma göre araştırma sahasında risk altında olan alanlar yaklaşık %5 daha fazladır. Analitik hiyerarşi süreci sonuçlarına göre nüfus baskısının kontrol edilmesi gereken yüksek öncelikli bir problem olduğu düşüncesi bu farklılığın temel nedenidir.

Nüfus değişkeninin oynadığı bu rol özellikle aşağı havzada Aşağıkırıklar, Zeytinadağ, Yenişakran ve Demirtaş yerleşmelerinin bulunduğu alanlarda göze çarpmaktadır. Savaştepe, Kırkağaç, Soma, Bergama, Savaştepe gibi yerleşmelerin buldukları sahalarda diğer faktörlerin risk durumu da etkili olmaktadır, aşağı havzada yer alan bu sahalarda nüfus riskinin etkisi görülmektedir. Bu nedenle söz konusu bölgelerde turizm ve sanayi faaliyetlerine bağlı olarak artan nüfus baskısının ekosistem üzerinde yüksek risk oluşturacak boyutta olduğu tespit edilmiştir.

Havzada dört farklı bölge ekolojik riskin yüksek olduğu alanlar olarak dikkati çekmektedir. Bunlardan biri Yenişakran'dan Demirtaş'a kadar uzanan hat olup, bu bölge nüfus yoğunluğunun yüksek olmasının yanı sıra hızla değişen arazi kullanımına sahiptir. Bir yandan ikincil konutların varlığı diğer yandan hemen güneyindeki Aliğa bölgesinin baskısı bu kesimde de ekolojik riskin yüksek olmasına neden olmuştur. Bu bölgede ekolojik hassasiyete neden olan bir diğer baskı unsuru ise 2011 yılında temeli atılan liman inşaatıdır. Liman projesi ile bölgede ticari faaliyetlere yönelik hareketliliğin artmasına bağlı olarak bu kesimde ekolojik unsurlar üzerinde baskı artmaktadır.

Bir diğer ekolojik risk sahası ise yine Soma-Kırkağaç çevresidir. Bu bölge Türkiye Kömür İşletmeleri tarafından belirtilen kömür havzasının %25'ine denk gelmesi nedeniyle çok fazla göç alan ve aynı zamanda arazi degradasyonunun çok fazla olduğu bölge olması ile dikkati çekmektedir ( Karadağ, 2005). Karadağ'ın (2005) belirttiği gibi havza içinde Soma'nın varlık nedeni 1950'den bu güne faaliyet gösteren kömür çıkarım alanlarıdır. Bu da ekolojik risk olarak Soma merkezli çevreye doğru ışınal olarak yayılan bir risk bölgesinin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bir diğerk bölge Savaştepe'dir. Havza genelinde kent nüfusu artmakta ve kırsal nüfus azalmaktadır (Sertkaya Doğan, 2005). Bu duruma paralel artan Savaştepe kent merkezi nüfus potansiyeli ile ve bunun oluşturduğu ekolojik baskı ile dikkat çekmektedir.

Daha önce de açıklandığı gibi Bergama-Pınarköy-Gökçeyurt nüfus artışı ve bunun Bakırçay ovasına doğru oluşturduğu artan ekolojik risk ile dikkati çeken bir diğerk bölgedir. Bergama'da artan nüfus tarım alanlarının yerleşmelere açılması trajedisine yol açmıştır. Havza içinde de yayılan bir potansiyel risk bölgesidir. Analitik hiyerarşi sürecinin gösterdiği bir diğerk önemli durum havza tabanını çevreleyen yüksek sahalarla birlikte havzadaki ovalık alanların da risk altında olduğudur. Bu, havzadaki nüfus baskısının ova tabanlarına doğru olduğunu gösteren önemli bir göstergedir. Özellikle göç alan nüfusu taşıyamayan Soma ve Bergama bunun bir nedenidir. Havza tabanını genel olarak az riskli olarak nitelendirebiliyor olsak da, özellikle büyük kent merkezlerinin çevrelerinde yer alan ova tabanları, artan nüfusun baskısı altındadır.

Hızlı kenleşme Kartal'ın (1992) da söz ettiği gibi kentlileşememeye neden olmaktadır. Bu havzadaki kentlerin çevresinde yol açtığı ekolojik riskteki artış ile çok iyi bir şekilde fark edilebilmektedir. Birinci kuşak göçün olduğu bölgede kırsal alandan kente göç etmiş nüfus, sosyal mekânlarını tam olarak kentlileştirememekte bu da nüfusun risk faktörü olmasına neden olmaktadır. Uzman görüşlerinin de havza içinde riski artıran faktörün nüfus baskısı olacağını ileri sürmesi de bu nedendir. Çalışma alanı Türkiye'de nüfus artışı ile ortaya çıkan riskin büyüklüğünü gösteren sadece bir örnektir. Bu durumun ekosistemler lehine olması ve nüfusun ekolojik risk olmaktan çıkması, fiziki ortama duyarlı kentlilerin ortaya çıkmasına bağlıdır.

Sonuç olarak uzman görüşleri dikkate alınan analitik hiyerarşi süreci ile elde edilen ekolojik risk modeli; araştırma sahasını çevreleyen yüksek eğimli sahalarla birlikte, kent merkezlerinin çevresindeki ovalık alanların yüksek risk altında olduğunu, havzadaki ekolojik riskin doğrudan nüfus baskısına bağlı olarak gerçekleştiğini, dolayısıyla karar vericilerin öncelikli kararlarını nüfus politikalarına yönelik vermesi gerektiğini göstermektedir.

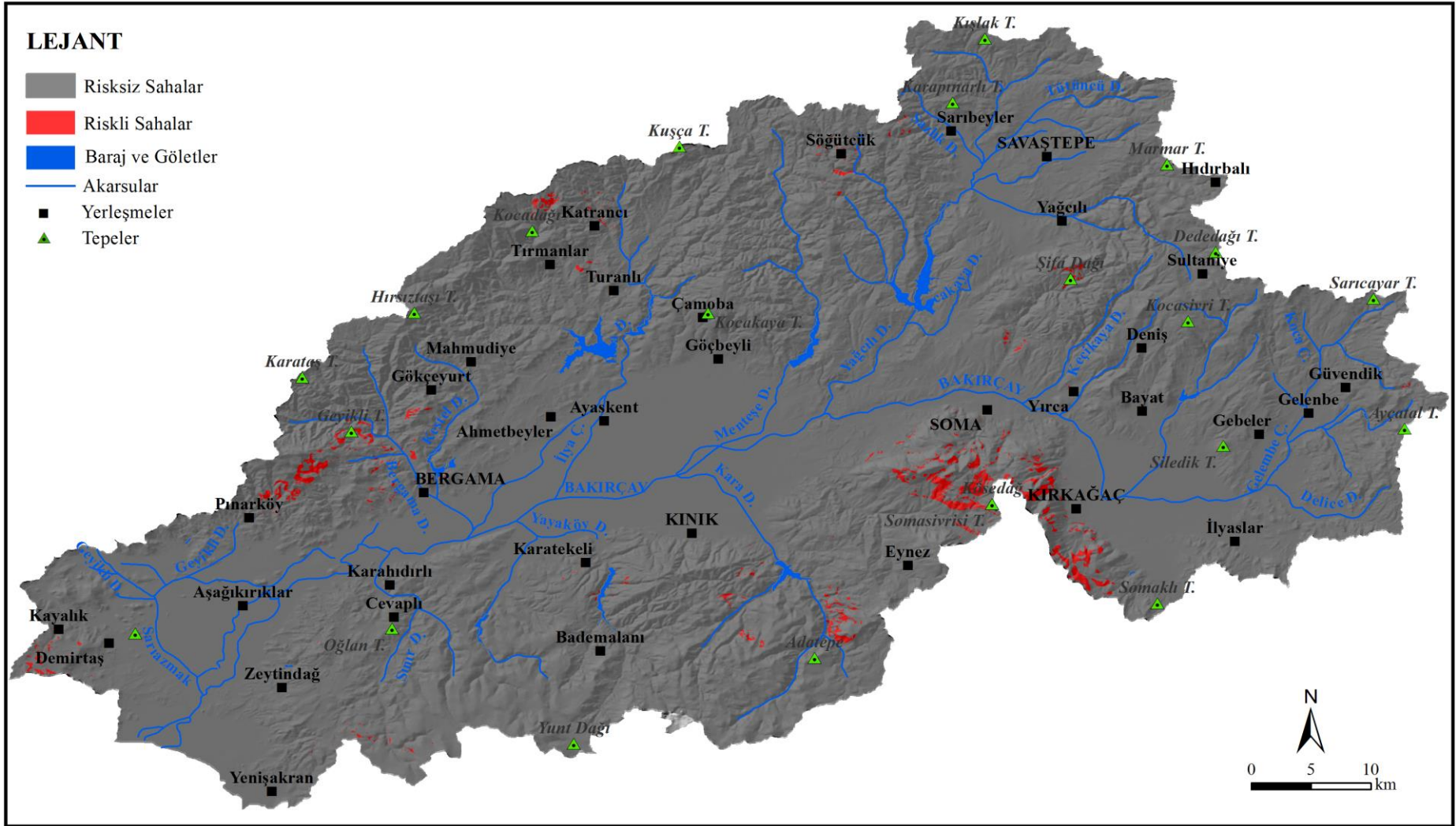
### 5.2.3. Ekolojik Risk Karakterizasyonu ile Ekolojik Risk Modeli

Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin modellenmesinde kullanılan diğer bir yaklaşım ekolojik risk karakterizasyonudur. Bir peyzajı diğer bir peyzajdan ayırt edilebilir kılan, morfolojik, litolojik, pedolojik, klimatolojik, biyolojik, beşeri özellikleri gibi peyzaja ait yapısal öğelerin oluşturduğu arazi deseni, o peyzajın karakterini ifade etmektedir. Peyzaj karakterinin ortaya konulması sonucunda elde edilen peyzaj karakter tipi, karakter alanlarının değerlendirilmesi için ihtiyaç duyulan temel envanter ihtiyacını karşılamaktadır. Buna göre peyzajın karakter özellikleri kullanılarak, peyzajdaki fonksiyonel özellikler analiz edilebilmekte ve peyzaj üzerinde baskı oluşturan unsurlar tespit edilebilmektedir (Anonim, 2014).

Ekolojik riskin karakterizasyonu ile doğrudan risk faktörleri dikkate alınmıştır. Diğer bir ifadeyle ekolojik riskin mekânsal deseni ortaya konulmuştur. Sonuç itibarıyla hücre tabanlı ele alınan Bakırçay Havzası ekolojik birimi içerisinde, her bir hücreye ait risk karakteri bilgisi elde edilmiştir. Buna göre araştırma sahasında yaklaşık olarak 3.700.000 hücrenin analiz edilmesiyle 1337 farklı kombinasyonda risk karakteri tespit edilmiştir. Her bir kombinasyon farklı risk faktörlerinin o hücre üzerinde aldığı değeri ifade etmektedir.

Risk karakterizasyonu işleminde öncelikle tüm faktörlerin risk oluşturduğu sahalara tespit edilmiştir (Şekil 64). Buna göre Bakırçay Havzası'nda toplam 34150 hücre yani 3073,5 hektarlık bir alan, analizi yapılan tüm faktörler sonuçlarına göre risk altındadır. Risk altındaki bu sahaların ise genel olarak havza tabanını güneyden ve kuzeyden etrafını çeviren yüksek kütleler üzerinde olduğu görülmektedir.

Bakırçay Havzası'nda risk altında olduğu tespit edilen sahalardan ilki Soma-Kırkağaç çevresinde yer alan yüksek dağlık kütlelerdir. Daha önce de bahsedildiği gibi açık ocak işletmeciliğine bağlı gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri, riskli sahaların Soma güneyi Köseadağ çevresinde yoğunlaşmasının temel nedenidir. Karadağ (2006) Soma kentinde maden faaliyetlerine bağlı olarak tarım, orman ve mera alanlarının istismak edildiği ve bu durumun fiziksel çevre üzerinde önemli ölçüde tahribata neden olduğunu vurgulamaktadır. Araştırma sonucunda riskli alanların Soma çevresinde yoğunlaşması, bu durumu destekler niteliktedir.



Şekil 64. Bakırçay Havzası'nda Ekolojik Risk Karakterizasyonu ile Ekolojik Risk Modeli

Kırkağaç-Somaklı Tepe arası kuşak riskli sahaların yoğunlaştığı diğer bir bölgedir. Soma-Kırkağaç fay zonuna bağlı olarak çevresindeki sahalara göre yüksek eğim değerlerine sahip bu alanlar, yerleşme ve bitki örtüsü özelliklerinden dolayı risk altındadır. Çevresindeki Soma, Kırkağaç ve Bakır gibi yerleşmelere bağlı olarak artan nüfus baskısı ve yüksek eğimli, bitki örtüsünden yoksun sahalardaki yüksek erozyon riski ve arazi kullanımında tarım alanlarına doğru olan değişimin varlığı, söz konusu sahalardaki yüksek ekolojik riskin temel nedenleri olarak tespit edilmiştir.

Bakırçay Havzası'nda yüksek riskli sahaların yoğunlaşma gösterdiği bir diğer saha Yunt Dağı kütlesi üzerinde yer alan Adatepe çevresidir. Eroğlu (2009) çalışmasında söz konusu alanlar yüksek eğim değerlerine bağlı olarak çok şiddetli erozyonun görüldüğü, meşe ormanlarının tahribi nedeniyle bitki örtüsünden yoksun, ince toprak örtüsüyle kaplı, taşlık bir arazi olarak etüt etmiştir. Etüt sonuçları, risk faktörlerinin analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında birbirlerini destekler niteliktedir. Nitekim bu alanlar orman bitki örtüsünden yoksun, dolayısıyla yüksek erozyon riskine sahip olması, maki bitki örtüsü ve yerleşmelere yakınlığı nedeniyle yüksek yangın riskine sahip olması ve özellikle orman ve mera alanlarındaki değişime bağlı olarak yüksek arazi kullanımı değişimi riski ile ön plana çıkmaktadır.

Bergama kuzeybatısında Geyikli Tepe – Pınarköy hattı çevresi Bakırçay Havzası'nda yüksek riskli karakterdeki alanların yoğunlaştığı bölgelerdendir. Söz konusu sahalarda artan nüfus baskısı ve buna bağlı olarak arazi kullanımı/örtüsü karakterindeki değişiklikler ile yüksek eğim değerleriyle birlikte yüksek erozyon riski ile dikkat çekmektedir. Araştırma sahasında bu bölgeyi ön plana çıkartan diğer bir husus, alanın yakınlarında yer alan altın madenciliği faaliyetleridir. Analiz sonuçları ile tespit edilen arazi kullanımı/örtüsü özelliklerindeki değişim ve ormansızlaşmanın neden olduğu yüksek erozyon potansiyeli, bölgedeki madencilik faaliyetlerinin çevresel etkilerini işaret etmektedir. Ayrıca bölgede artan seracılık faaliyetlerinin de söz konusu ekolojik risk potansiyeline etkide bulunduğu görülmektedir.

Değişen ve artan ekonomik faaliyetlere bağlı olarak aşağı havzadaki Demirtaş yerleşmesi çevresindeki alanlar yüksek ekolojik riske sahiptir. Araştırma sahası sınırları dışında yer alan Bademli ve Dikili gibi turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerin ulaşım yolları üzerinde bulunması, bu sahaların nüfus baskısı altında

kalmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte Çandarlı'nın turistik çekiciliği, bölgedeki ikincil konutlarda artışın olmasına ve dolayısıyla arazi kullanımı/örtüsü karakterinde değişime yol açmaktadır. Ayrıca bölgede devam eden liman inşaatı ve buna bağlı olarak değişen ekonomik faaliyetler, sahanın yüksek ekolojik riske sahip olmasına yol açtığı tespit edilmiştir.

Ekolojik risk karakterizasyonu sürecinde elde edilen bulgular ayrıca risk faktörlerinin birbirleriyle olan korelasyon derecesine bağlı olarak değerlendirilebilmektedir. Bu bağlamda risk faktörlerinin analiz sonuçları dikkate alınarak korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Karakterizasyon sürecinde araştırma sahasında 1337 farklı kombinasyonda risk karakterine hücre tipi elde edilmiştir. Söz konusu hücre tiplerinin korelasyon sonuçlarına göre meteorolojik kuraklık riski ile nüfus değişimi riski analiz sonuçlarının mekânsal dağılışı ( $p=0,018$ ) ve yangın riski ile arazi kullanımı/örtüsü değişimi riski analiz sonuçlarının mekânsal dağılışı, ( $p=0,015$ ) %95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Risk faktörleri arasındaki korelasyonun tespit edilmesinin havza planlama ve yönetimi sürecinde doğru paydaşların bir arada çalışmasına ve amaca yönelik planlama ve yönetim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir. Öyle ki Ulusal Havza Yönetim Stratejisinde temel amaç olarak sürdürülebilir havza yönetimi sürecinde ilgili kurum, kuruluş ve paydaşların eşgüdümün sağlanması gerekliliği vurgulanmaktadır (Anonim 2014). Bu bağlamda havza yönetimi sürecinde ekolojik riskin karakterizasyonunda böyle bir yaklaşımın izlenmesi, söz konusu birincil amaca katkı sağlayacaktır.

Araştırma sahasında analiz edilen ekolojik risk faktörleri içerisinde istatistiksel olarak en güçlü ilişki yangın riski ile arazi kullanımı/örtüsü değişimi riski arasında olduğu tespit edilmiştir. Sadece bu durum dikkate alınarak Bakırçay Havzası'nın risk durumu karakterize edildiğinde elde edilen sonuç nispeten daha farklı olmaktadır (Şekil 65). Böyle bir farklılık yönetim sürecinde rol alacak paydaşların etkili bir şekilde sürece katkıda bulunmasına fayda sağlayacaktır. Nitekim, tüm faktörlerin birlikte ele alınması genel olarak havzadaki ekolojik riskin karakteri hakkında bilgi verirken, bunlar içerisinden seçilen belirli kriterlerin sorgulanabilir bir şekilde ele alınması hem mekânla ilgili hızlı ve doğru kararların alınmasına hem de doğru paydaşların sürece dâhil olmasına olanak tanıyacaktır.







Bu kapsamda Bakırçay Havzası'nda belirlenen söz konusu iki kriterin karakter analizi ile faktörlerin mekânsal olarak en riskli olduğu sahalar tespit edilmiştir. Analiz sonuçları bu şekilde dikkate alındığında, araştırma sahasının yaklaşık 49500 hektarlık bir bölümü (~550000 piksel) risk altındadır. Bu alanlar istatistiksel olarak anlamlı ilişki tespit edilen faktörlerin risk oluşturduğu bölgelere karşılık gelmektedir. Tüm faktörlerin birlikte ele alındığı karakter analizi sonuçlarıyla karşılaştırıldığında çok daha geniş alanların risk altında olduğu görülmektedir. Burada seçilen kriterlerdeki değişikliklerin ya da eklemelerin riskli bölgelerin dağılımını ve miktarını etkileyeceği unutulmamalıdır. Bu nedenle birlikte değerlendirilecek faktörlerin istatistiksel temelde dikkate alınmasının daha doğru sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

Diğer yandan analiz sonuçları paydaşlar açısından incelediğinde Havza yönetimi sürecinde yangın riski ve arazi kullanımı/örtüsü değişimi riskinin değerlendirilmesi ilgili paydaş kamu kurum ve kuruluşlarının sorumluluğundadır. Örneğin bu süreç, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Orman Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü gibi ilgili bakanlıklara bağlı müdürlüklerin eşgüdümlü olarak çalışmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla ilgili olmayan diğer paydaşların sürece dâhil olmasını gerektirmemektedir. Diğer bir ifadeyle, doğru paydaşlar doğru hedef doğrultusunda bir araya geleceğinden, karar verme süreci içerisinde karşılaşılan bürokratik veya yönetsel engel ve karmaşıklıkların engellenmesi hedeflenmektedir.

Bakırçay Havzası'nda arazi kullanımı/örtüsü değişimi, toprak kaybı, meteorolojik kuraklık, nüfus ve yangın potansiyeli analizleri sonucunda her bir kritere ait risk değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak araştırma sahasındaki her bir pikselin beş farklı kritere karşılık gelen beş farklı risk değeri bulunmaktadır. Bu beş değerlerin birleştirilmesi sonucunda ise sahada 1337 farklı kombinasyonda risk grubu olduğu tespit edilmiştir. Farklı kombinasyonlarda risk gruplarının elde edilebilir olmasının sağlayacağı avantajlardan çalışmanın önceki kısımlarında bahsedilmiştir. Karakterizasyon işlemi sonucunda risk gruplarının istatistiksel sonuçlarına göre Bakırçay Havzası'nda en önemli risk faktörünün 4,074 piksel değeri ortalamasıyla kuraklık olduğu görülmektedir. Havza özelinde bakıldığında ise ekolojik risk

oluşturabilecek en yüksek potansiyele sahip faktör 2,996 piksel ortalamasıyla arazi kullanımı/örtüsünde meydana gelen değişim olarak tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla, 2,755 ortalama piksel değeri ile toprak kaybı, 2,731 ortalama piksel değeri ile nüfus değişimi ve 2,619 ortalama piksel değeri ile yangın potansiyeli takip etmektedir.

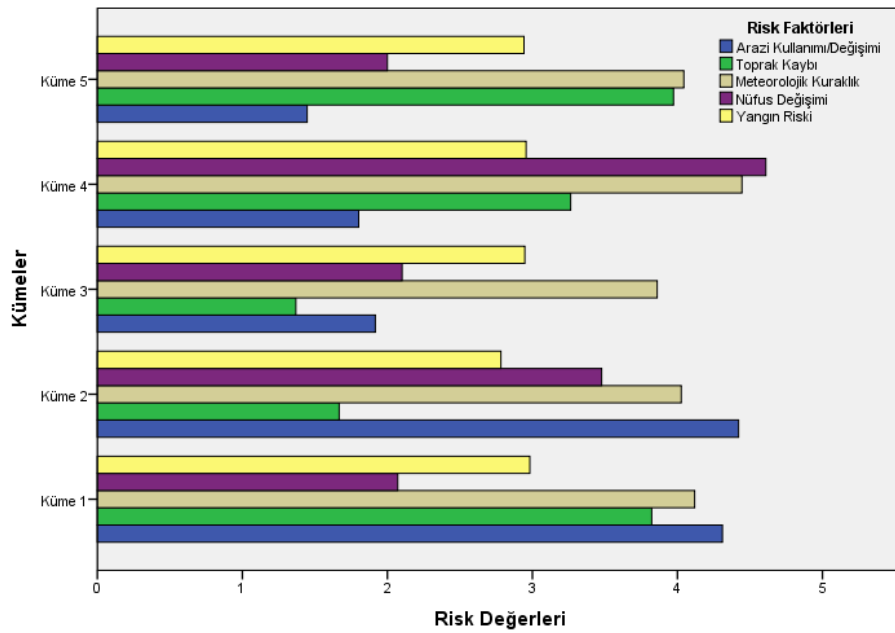
Elde edilen 1337 farklı risk grubu havza yönetimi sürecinde paydaşların ihtiyaçları paralelinde farklı kombinasyonlarda ele alınabilmektedir. Ancak verinin daha anlaşılır ve yorumlanabilir hale getirilmesi yönetim sürecine olumlu katkılar sağlayacağı açıktır. Bu amaçla elde edilen tüm risk grupları kümeleme analizi kullanılarak istatistiksel olarak gruplara ayrılmıştır. Kümeleme analizinin amacı, veriler arasındaki benzerliklere göre alt sınıflara ayırmaktır. Diğer bir ifadeyle kümeleme analizi, grupları kesin olmayan, değerleri, değişkenleri veya değer ve değişkenleri birbirleri ile benzer alt bölütlere (kümelere) ayırmayı amaçlayan yöntemlerdir (Tatlidil, 1996). Çalışmada bu yöntemlerden K-ortalama algoritması kullanılmıştır. K-ortalama algoritmasında kullanılan matematiksel yöntem her bir sınıf için merkez belirlenen noktaya uzaklığa göre kümeleri oluşturulmaktadır. Algoritmada öncelikle veri evreni için küme sayısı belirlenmektedir. Evrendeki her bir veri, tanımlanan kümelerin merkezlerine olan uzaklıklarına bağlı olarak bir kümeye dâhil edilmektedir.

Buna göre kategorizasyon sürecinde elde edilen risk grupları beş küme içerisinde değerlendirilmiştir. Risk değerlerinin birbirleri ile olan benzerliklerinin dikkate alındığı küme öğelerinin dağılımında dikkate çeken temel unsur, hemen her bir kümede en az bir faktörün ön plana çıktığıdır (Şekil 66). Küme 3 dışındaki diğer bütün kümelerde bu durum söz konusudur. Bu durum verinin mekânsal gösteriminin sağlanması ile daha net anlaşılacaktır (Şekil 67). Kümeleme yönteminin karar sürecinde sağladığı avantaj risk gruplarının alansal dağılışında istatistiksel olarak ön plana çıkan sahaların tespit edilmesidir. Daha önce uygulanan analitik hiyerarşi ve çok kriterli teknik yaklaşımları ile elde edilen değerlerin sınıflandırılmasında eşit aralıklı sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Riskin karakterizasyonu yaklaşımında 1337 farklı kombinasyondaki risk değerinin bu yaklaşımla sınıflandırılması mümkün değildir. Kümeleme analizi bu bağlamda riskin belirli kategorilerde değerlendirilmesine izin vermektedir. Ancak kümeleme sonucu elde edilen değerlerde derecelendirme söz konusu değildir. Her bir küme, değerlerdeki

benzerliklere göre oluşturulmuştur. Kümenin yüksek ya da az riskli olarak nitelendirilmesi ancak kümelerin başlangıç noktalarının tespiti ile mümkündür (Çizelge 21).

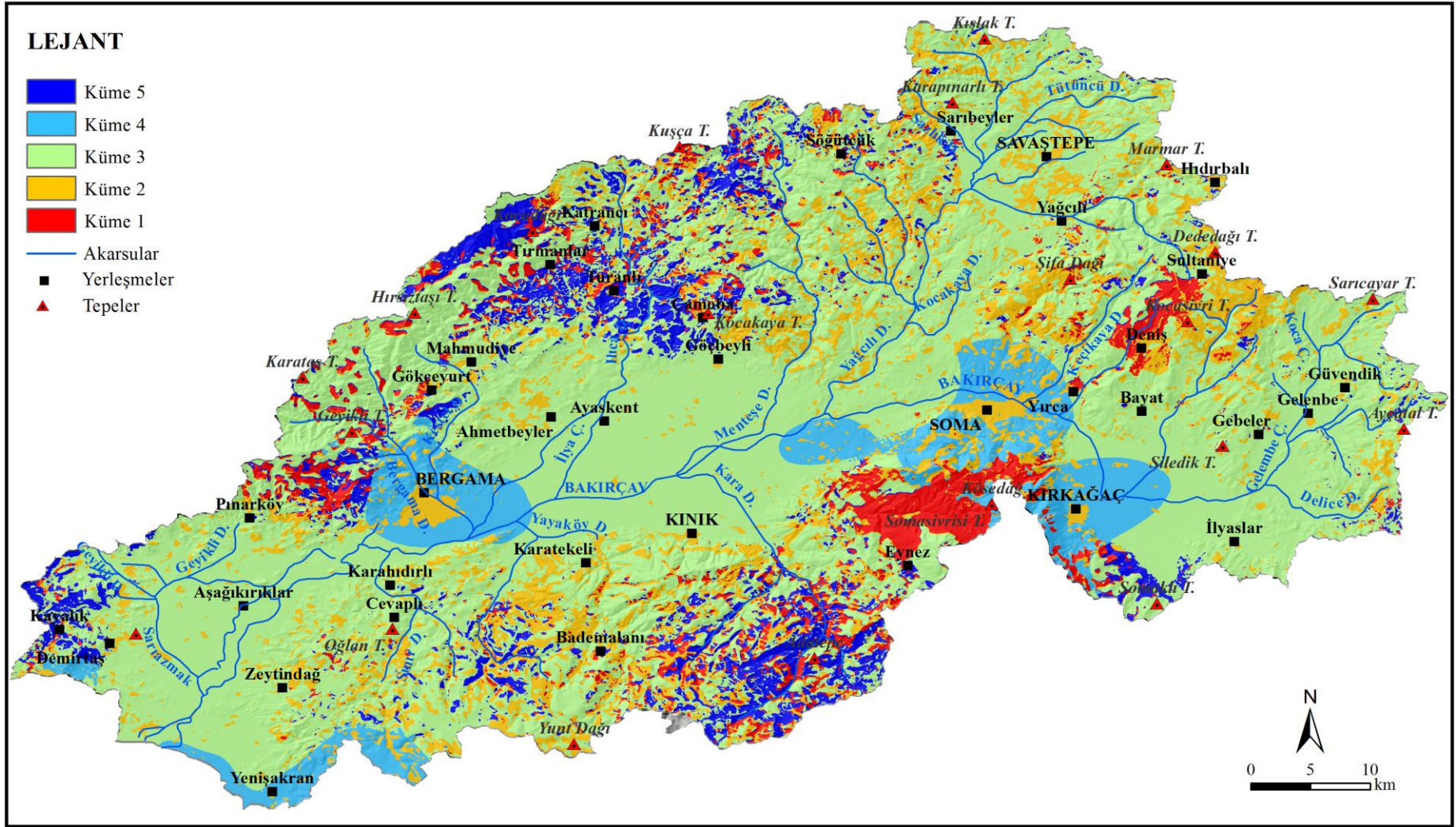
Çizelge 21. K-Ortalama Algoritmasına Göre Rastgele Küme Başlangıç Noktaları

	Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi	Toprak Kaybı	Meteorolojik Kuraklık	Nüfus Değişimi	Yangın Riski
Küme1	4	4	4	2	3
Küme2	4	2	4	3	3
Küme3	2	1	4	2	3
Küme4	2	3	4	5	3
Küme5	1	4	4	2	3



Şekil 66. K-Ortalamalar Algoritmasına Göre Risk Faktörlerinin Kümelere Göre Dağılışı

Gruplandırma sonuçlarına göre Bakırçay Havzası'nda birinci küme içerisinde yer alan alanlar araştırma sahasının %25'lik bir bölümünü oluşturmaktadır ve 1337 farklı risk grubundan 338 tanesi bu küme içerisinde yer almaktadır. Küme 1'in yayılım gösterdiği alanlar çok kriterli yaklaşımla ve analitik hiyerarşi yaklaşımı ile elde edilen değerlendirme sonuçlarında en yüksek riskli sahalar olarak nitelendirilen alanlar ile benzerlik göstermektedir (Şekil 62 ve 63).



Şekil 67. Bakıçay Havzası'nda K-Ortalamalar Algoritması Sonucuna Göre Kümelerin Dağılışı

Buna göre küme 1, risk karakterizasyonuna göre Bakırçay Havzası'nda en yüksek ekolojik riske sahip sahalara karşılık gelmektedir. Ekolojik risk potansiyeli çerçevesinde dikkat çeken diğer gruplar küme 2 ve küme 4 ögeleridir. Bunlar gruplar sırasıyla 304 (%22,7) ve 182 (%13,6) risk grubuna sahiptir. Bu alanlar ise kategorilendirmede ekolojik olarak yüksek riskli ve riskli sahalara olarak değerlendirilebilir özelliktedir.

Sonuç olarak kümeleme algoritmaları ile verilerin analizi, hem verinin istatistiksel olarak değerlendirilmesini hem de havza hakkında genel bir görüş elde edilmesinin mümkün kılmaktadır. Bu durum piksel temelli bir yaklaşıma sahip olan risk karakterizasyonu yaklaşımıyla bölgesel değerlendirilmelerin de gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece havza içerisinde koruma ve planlama amacıyla bölgesel önceliklendirme gerçekleştirilebilecektir.

Her bir piksele ait değerlerin tespit edilebilir olması, elde edilen değerlerin farklı kombinasyonlarda değerlendirilebilir olması ve sonuçların yine piksel temelli olarak raporlanabilir olması karakter analizi yaklaşımının temel özelliklerindedir. Diğer bir ifadeyle değerlendirilen her bir pikselin tüm risk faktörlerine göre aldığı değerler sorgulanabilmektedir. Buna örnek olarak Bakırçay Havzası'nda rast gele seçilen piksellere ait risk değerleri Çizelge 22'de verilmiştir.

Çizelge 22'de gösterildiği üzere risk karakterizasyon süreciyle, ekolojik riskin durumu piksel temelli olarak sorgulanabilmektedir. Sorgu sürecinin harita temelli yapılabilmesi ve çıktılarının elde edilmesi şüphesiz havza yönetimi sürecine önemli katkı sağlayacaktır. Ayrıca arazi çalışmaları ile sorgu çıktılarının test edilmesi, hem analiz sonuçlarının güvenilirliğini artıracaktır hem de görsel materyaller yardımıyla analizlerin daha anlaşılır hale gelmesini sağlayacaktır. Bu bağlamda elde edilen risk karakterlerinin arazideki durumlarını ortaya koymak amacıyla risk karakteri formları oluşturulmuştur. Oluşturulan tüm formlarda, noktanın fotoğrafı, coğrafi koordinatı, risk kategorisi, risk kategorisine ait parametre değerleri verilmiştir (Çizelge 23-42).

Çizelge 22. Ekolojik Risk Karakterizasyonu Yapılan Örnek Noktalar  
(ERKK: Ekolojik Risk Karakteri Kodu, A-RK: Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi Risk Kodu, T-RK: Toprak Kaybı Risk Kodu, M-RK: Meteorolojik Kuraklık Risk Kodu, N-RK: Nüfus Değişimi Risk Kodu, Y-RK: Yangın Riski Kodu)

No	Enlem	Boylam	ERKK	A-RK	T-RK	M-RK	N-RK	Y-RK
1	27,5656	39,4434	51323	5	1	3	2	3
2	27,6237	39,4431	41322	4	1	3	2	2
3	27,6818	39,4428	21322	2	1	3	2	2
4	27,7399	39,4425	11323	1	1	3	2	3
5	27,2747	39,3544	11434	1	1	4	3	4
6	27,3328	39,3542	51423	5	1	4	2	3
7	27,3908	39,3541	13324	1	3	3	2	4
8	27,4488	39,3538	11322	1	1	3	2	2
9	27,5069	39,3536	11323	1	1	3	2	3
10	27,5649	39,3533	11323	1	1	3	2	3
11	27,6229	39,3530	11352	1	1	3	5	2
12	27,6809	39,3527	41312	4	1	3	1	2
13	27,7390	39,3524	11323	1	1	3	2	3
14	27,2164	39,2644	14423	1	4	4	2	3
15	27,2744	39,2643	52422	5	2	4	2	2
16	27,3323	39,2641	11322	1	1	3	2	2
17	27,3903	39,2639	53322	5	3	3	2	2
18	27,4483	39,2637	11323	1	1	3	2	3
19	27,5062	39,2635	11323	1	1	3	2	3
20	27,5642	39,2632	11321	1	1	3	2	1
21	27,6221	39,2629	51324	5	1	3	2	4
22	27,6801	39,2626	53324	5	3	3	2	4
23	27,7380	39,2623	54322	5	4	3	2	2
24	27,7960	39,2619	51422	5	1	4	2	2
25	27,8539	39,2615	11322	1	1	3	2	2
26	27,9119	39,2610	11423	1	1	4	2	3
27	27,1004	39,1745	11524	1	1	5	2	4
28	27,1583	39,1744	11524	1	1	5	2	4
29	27,2162	39,1743	11513	1	1	5	1	3
30	27,2740	39,1742	41522	4	1	5	2	2
31	27,3319	39,1740	11412	1	1	4	1	2
32	27,3898	39,1738	11413	1	1	4	1	3
33	27,4477	39,1736	11422	1	1	4	2	2
34	27,5056	39,1734	11452	1	1	4	5	2
35	27,5634	39,1731	11453	1	1	4	5	3
36	27,6213	39,1728	11453	1	1	4	5	3
37	27,6792	39,1725	11423	1	1	4	2	3
38	27,7371	39,1722	11422	1	1	4	2	2

Çizelge 22-devam

39	27,7949	39,1718	11423	1	1	4	2	3
40	27,8528	39,1714	11422	1	1	4	2	2
41	27,9107	39,1709	11423	1	1	4	2	3
42	26,9847	39,0844	31513	3	1	5	1	3
43	27,0425	39,0844	11524	1	1	5	2	4
44	27,1003	39,0843	11523	1	1	5	2	3
45	27,1581	39,0843	11553	1	1	5	5	3
46	27,2159	39,0842	11543	1	1	5	4	3
47	27,2737	39,0841	11533	1	1	5	3	3
48	27,3315	39,0839	31522	3	1	5	2	2
49	27,3893	39,0837	11512	1	1	5	1	2
50	27,4471	39,0835	11522	1	1	5	2	2
51	27,5049	39,0833	51524	5	1	5	2	4
52	27,5627	39,0830	11512	1	1	5	1	2
53	27,6783	39,0824	15452	1	5	4	5	2
54	27,7361	39,0821	11412	1	1	4	1	2
55	27,7939	39,0817	51412	5	1	4	1	2
56	26,9269	38,9943	15532	1	5	5	3	2
57	26,9847	38,9943	41522	4	1	5	2	2
58	27,0424	38,9943	11522	1	1	5	2	2
59	27,1001	38,9942	51524	5	1	5	2	4
60	27,1579	38,9942	11524	1	1	5	2	4
61	27,2156	38,9941	11523	1	1	5	2	3
62	27,2733	38,9940	12524	1	2	5	2	4
63	27,3311	38,9938	52524	5	2	5	2	4
64	27,3888	38,9936	53523	5	3	5	2	3
65	27,4465	38,9934	54522	5	4	5	2	2
66	27,5043	38,9932	12523	1	2	5	2	3
67	27,0424	38,9042	11542	1	1	5	4	2
68	27,1000	38,9041	11553	1	1	5	5	3
69	27,1577	38,9041	11553	1	1	5	5	3

Risk karakteri formları karar süreçlerinde Çizelge 22’de belirtilen araştırma sahasındaki örnek risk kategorilerinin mekânsal özelliklerinin tanınmasına katkı sağlayacaktır. Bu formlar risk karakterizasyonu modelinin görselliğini artırmakla birlikte, karar vericilerin bu formlar sayesinde yönetim sahalarını tanımaya yönelik görsel algılamaları artacaktır. Diğer bir ifadeyle karar vericilerin sahaya hakimiyetleri bu formlar yardımıyla artarak, doğru nokta için doğru kararların alınmasına yardımcı olacaktır.



Örneğin, Çizelge 23-27 yangın risk kategorilerinin mekânsal özelliklerinin sunulduğu risk formlarıdır. Çizelge 23 araştırma sahasında yangın riskinin en yüksek olduğu alanın mekânsal durumunu göstermektedir. Bu, tüm havzaya örnek teşkil eden sadece bir örnektir. Havzadaki yüksek yangın riskine sahip olan diğer alanlar da, formda belirtilen nokta ile benzer karakter göstermektedir. Böylece risk karakterizasyonu modelinden çıkartılan örnek noktaya ait risk formunun oluşturulması ile arazi doğrulaması da gerçekleştirilmiş olmaktadır. Nitekim arazi çalışmalarının gerçekleştirildiği dönemde örnek nokta üzerinde yangının meydana gelmesi, model sonucunu doğrular niteliktedir. Diğer yandan Çizelge 27 ise yangın riskinin en az olduğu noktaların özelliklerinin gösterimine yönelik örnek bir formdur. Söz konusu noktanın tarım alanı olması ile yangın riskinin en az olduğu alanı doğrulamaktadır. Böylelikle karar vericiler yangın riski ile ilgili risk karakter formlarını kullanarak, benzer alanların nasıl bir karaktere sahip olduğuna dair fikir edinebilirler.


Çizelge 28-32 nüfus değişimine bağlı olarak riskin karakterini göstermektedir. Araştırma sahasında nüfusun en yüksek ekolojik risk oluşturduğu bölgelerin kent merkezlerinin genişleme bölgelerini oluşturan havza tabanındaki ovalık alanlar olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 28, söz konusu sahaların mevcut görünümünü, o bölgenin nüfusunda meydana gelen değişimin niceliksel durumunu ve lokasyonunu karar vericinin kullanımına sunarak veri işleme sürecine katkı sağlayacaktır. Böylelikle çizelgeden elde edilen görsel ve niceliksel veriler, yönetim süreçlerinde doğru kararlar alınabilmesi için gerekli bilgi ihtiyacını karşılamaktadır. Benzer şekilde nüfusun nispeten daha az risk oluşturduğu bölgelerin arazideki durumlarının görselleştirilmesi ve bölgelere ait verilerin nokta bazlı olarak sunumu Çizelge 29-32’de sunulmuştur. Örneğin Çizelge 32, kent merkezlerinden uzakta, sürekli tarım arazisi olarak kullanılan ova tabanlarına bir örnek oluşturmaktadır. Bu nokta araştırma sahasında nüfusun en az risk oluşturduğu diğer bölgeler hakkında karar vericiye fikir vermektedir.

Arazi kullanımı/örtüsü değişimine göre kategorilendirilen ekolojik risk sınıflarına ait örnek noktalar Çizelge 33-37’de sunulmuştur. 1986-2013 yılları arasında değişimin risk oluşturacak şekilde meydana geldiği bölgelerin başında yerleşmelerin genişlediği alanlar gelmektedir. Nitekim Çizelge 33 mera arazilerinden yerleşme

arazilerine dönüşen noktalara bir örnektir. Yine nispeten yüksek risk oluşturan bölgelere ait örnek olan Çizelge 34, 1986 yılında orman ve 2013 yılında maki alanlarına dönüşen bölgelerin mekânsal durumlarının anlaşılabilmesine fayda sağlamaktadır. Araştırma sahasında arazi kullanımı/örtüsünde meydana gelen değişime göre riskin en az olduğu bölgeler değişimin olmadığı sahalardır. Çizelge 37, 1986-2013 yılları arasında değişimin görülmediği, sulak alan formasyonlarına ait noktaları göstermektedir.


Çizelge 38-42 araştırma sahasında toprak kaybının ekolojik risk durumlarını göstermektedir. Arazinin ormansızlaştırıldığı ve yüksek eğimli bölgeler yağışa bağlı toprak kaybının en yüksek potansiyele sahip olan alanlardır. Nitekim Çizelge 38, açık maden işletmeciliğinden dolayı ormansızlaştırmanın meydana geldiği, yüksek eğimli, toprak kaybının fazla olduğu alanları örnekler nitelikteki sahaları göstermektedir. Ayrıca toprak kaybı parametreleri olan yağış, eğim, toprak tekstürü ve arazi kullanımı/örtüsü özelliklerine ait değerlerde çizelgede sunulmuştur. Böylelikle, karar verici hem arazi hakkında görsel bilgiye sahip olmakta, hem de karar sürecinde alana ait parametre bilgilerini değerlendirme imkanına sahip olmaktadır.

Çizelge 23. En Yüksek Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge

YANGIN RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: Y5	Coğrafi Konum: 39,162° N - 27,149° E
Risk Kategorisi	5
Bitki Örtüsü	Kızılçam
Kapalılık	2
Yükseklik	216 m
Eğim	24,7°
Bakı	SW
Yola Mesafe	54 m
Yerleşme Mesafe	265 m
Güneşlenme	629,5 kW/m <sup>2</sup>
Topografik Nemlilik	4
Ortalama Yağış	27,8 mm
<i>Bergama – Kozak Mevkii</i>	
	




Çizelge 24. Yüksek Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge

YANGIN RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: Y5	Coğrafi Konum: 39,429° N - 27,657° E
Risk Kategorisi	4
Bitki Örtüsü	Fıstıkçamı
Kapalılık	2
Yükseklik	271 m
Eğim	9,8°
Bakı	SE
Yola Mesafe	101 m
Yerleşme Mesafe	349 m
Güneşlenme	701,9 kW/m <sup>2</sup>
Topografik Nemlilik	4,8
Ortalama Yağış	32,6 mm
Savaştepe – Karacalar Mevkii	
	



Çizelge 25. Orta Derecede Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge

YANGIN RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> Y3	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,236° N - 27,379° E
<b>Risk Kategorisi</b>	3
<b>Bitki Örtüsü</b>	Kızılçam-Maki
<b>Kapalılık</b>	2
<b>Yükseklik</b>	549 m
<b>Eğim</b>	30,8°
<b>Bakı</b>	SW
<b>Yola Mesafe</b>	376 m
<b>Yerleşme Mesafe</b>	869 m
<b>Güneşlenme</b>	701,2 kW/m <sup>2</sup>
<b>Topografik Nemlilik</b>	5
<b>Ortalama Yağış</b>	30,8 mm
<i>Bergama – Göçbeyli Mevkii</i>	
	




Çizelge 26. Az Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge

YANGIN RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: Y2	Coğrafi Konum: 39,091° N - 27,393° E
Risk Kategorisi	2
Bitki Örtüsü	Ot
Kapalılık	0
Yükseklik	95 m
Eğim	9,1°
Bakı	N
Yola Mesafe	244 m
Yerleşme Mesafe	700,5 m
Güneşlenme	532,3 kW/m <sup>2</sup>
Topografik Nemlilik	7
Ortalama Yağış	29,4

*Kınık – Delez Yolu Mevkii*



Çizelge 27. En Az Yangın Riski Karakterine Sahip Bölge

YANGIN RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: Y1	Coğrafi Konum: 38,942° N - 26,982° E
Risk Kategorisi	1
Bitki Örtüsü	Tarım
Kapalılık	0
Yükseklik	2 m
Eğim	0,3°
Bakı	Flat
Yola Mesafe	109 m
Yerleşme Mesafe	7200 m
Güneşlenme	668,9 kW/m <sup>2</sup>
Topografik Nemlilik	21
Ortalama Yağış	27,3 mm
Çandarlı Mevkii	
	







Çizelge 28. En Yüksek Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge

<b>NÜFUS DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ</b>	
<b>Örnek No: N5</b>	
<b>Coğrafi Konum: 39,197° N – 27,627° E</b>	
<b>Risk Kategorisi</b>	5
<b>İl</b>	Manisa
<b>İlçe</b>	Soma
<b>Nüfus 1985</b>	63938
<b>Nüfus 2013</b>	105391
<b>Değişim Oranı</b>	%64
<p>Sahada kent merkezlerinin havza tabanına doğru genişlediği sahalar yüksek riske sahiptir. Ekolojik riskin boyutu değerlendirilmeli; mevcut ve olası problemler ortaya konulmalı ve koruma/yönetim planları hazırlanmalıdır.</p>	
	
<i>Soma</i>	
	

Çizelge 29. Yüksek Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge

NÜFUS DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> N4	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,258° N – 27,594° E
<b>Risk Kategorisi</b>	4
<b>İl</b>	Manisa
<b>İlçe</b>	Soma
<b>Nüfus 1985</b>	63938
<b>Nüfus 2013</b>	105391
<b>Değişim Oranı</b>	%64
<p>Sahada kent merkezlerinin büyüme gösterdiği alanlarda bulunan bölgeler yüksek ekolojik riske sahiptir. Kısa ve orta vadede arazide değişimin meydana gelme potansiyeli değerlendirilmeli; ekosistem değerlendirmesi ile kentin yol açacağı risk durumuna bağlı olarak kentin genişleme yönü kontrol altında tutulmalıdır.</p>	
<i>Soma – Yırca Mevkii</i>	
	

Çizelge 30. Orta Derecede Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge


NÜFUS DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: N3	Coğrafi Konum: 39,123° N – 27,077° E
Risk Kategorisi	3
İl	İzmir
İlçe	Bergama
Nüfus 1985	95300
Nüfus 2013	101217
Değişim Oranı	%6,2
<p>Sahada kent merkezlerinin genişleme gösterdiği alanlara yakın olan riskli bölgeler yer almaktadır. Havza tabanında ve/veya havza tabanına komşu, farklı arazi kullanım özelliği gösteren sahalarda kentin ekosistem üzerindeki baskısı değerlendirilmelidir.</p>	
<i>Bergama – Tepeköy Mevkii</i>	
	




Çizelge 31. Az Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge

NÜFUS DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: N2	Coğrafi Konum: 39,443° N – 27,671° E
Risk Kategorisi	2
İl	Balıkesir
İlçe	Savaştepe
Nüfus 1985	23585
Nüfus 2013	19278
Değişim Oranı	%-19
<p>Sahada kent merkezlerinden uzak ancak mahallelere yakın sahalar nüfus değişimi riskinin daha az olduğu sahalardır. Beşeri faaliyetlere açık olan ve yerleşmelerin yayılış alanlarıyla ilişkili olan bu bölgelerde olası risk durumu göz önünde bulundurulmalıdır.</p>	
<p><i>Savaştepe – Ardıçlı Mevkii</i></p>	
	

Çizelge 32. En Az Nüfus Değişimi Riskine Sahip Bölge

NÜFUS DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> N1	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,154° N – 27,343° E
<b>Risk Kategorisi</b>	1
<b>İl</b>	İzmir
<b>İlçe</b>	Kınık
<b>Nüfus 1985</b>	35672
<b>Nüfus 2013</b>	28000
<b>Değişim Oranı</b>	%-22
<p>Sahada nüfus değişiminin ekosistem faaliyetlerine etkisinin en az olduğu sahalar yerleşme merkezlerinden uzakta yer alan havza tabanıdır. Beşeri faaliyetlerin gerçekleştirildiği bu sahalarda ekosistem üzerinde risk oluşturabilecek faaliyetler kontrol edilmelidir.</p>	
<i>Kınık Ovası</i>	
	


Çizelge 33. En Yüksek Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge

ARAZİ KULLANIMI/DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: A5	Coğrafi Konum: 38,944° N - 26,959° E
Risk Kategorisi	5
1986 Yılı	Mera
2013 Yılı	Beşeri Yüzey
Mevkii	Bakırçay Deltası
Yükselti	0 m
Eğim	0,02°
<p>Sahada değişimin yüksek ekolojik risk oluşturduğu alanlar yer almaktadır. Ekosistem faaliyetleri üzerindeki etkisini telafi edici düzenlemeler gerçekleştirilmeli; değişimin önüne geçilerek devam etmesi engellenmelidir.</p>	
Çandarlı Mevkii	
	






Çizelge 34. Yüksek Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge

ARAZİ KULLANIMI/DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
Örnek No: A4	Coğrafi Konum: 39,097° N – 27,554° E
Risk Kategorisi	4
1986 Yılı	Orman
2013 Yılı	Maki
Mevkii	Eğnez
Yükselti	696 m
Eğim	27,5°
Sahada değişimin ekolojik risk oluşturduğu alanlar yer almaktadır. Değişim yönünün neden olduğu risk durumu değerlendirilmeli, buna bağlı olarak önlemler alınmalıdır.	
Soma – Eynez Mevkii	
	






Çizelge 35. Orta Derecede Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge

ARAZİ KULLANIMI/DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> A3	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,353° N – 27,621° E
<b>Risk Kategorisi</b>	3
<b>1986 Yılı</b>	Mera
<b>2013 Yılı</b>	Tarım
<b>Mevkii</b>	Yağcılı
<b>Yükselti</b>	181 m
<b>Eğim</b>	2,2°
<p>Sahada meydana gelen değişimin ekosistem faaliyetlerini etkilediği alanlar bulunmaktadır. Kullanım dengesinin sağlanarak, ekosistem faaliyetleri üzerindeki etkinin kontrol altında tutulması gerekmektedir.</p>	
<p><i>Savaştepe – Yağcılı Mevkii</i></p>	
	

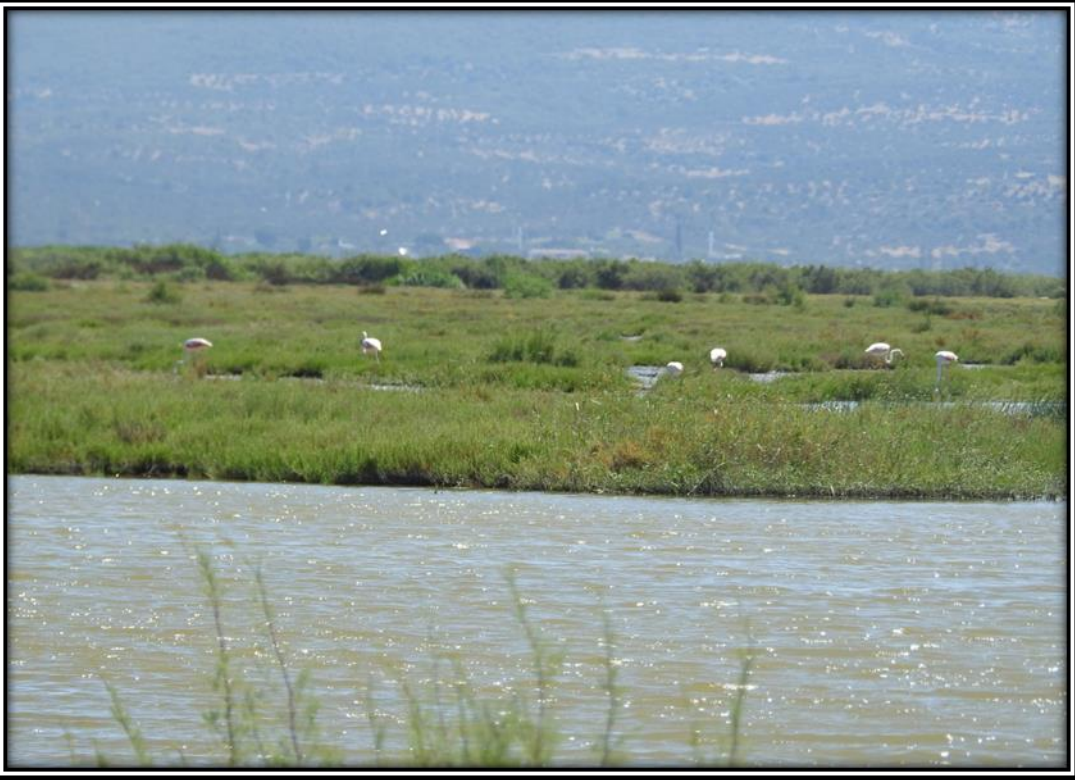


Çizelge 36. Az Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge

ARAZİ KULLANIMI/DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> A2	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,231° N - 27,271° E
<b>Risk Kategorisi</b>	2
<b>1986 Yılı</b>	Çalı
<b>2013 Yılı</b>	Su Yüzeyi
<b>Mevkii</b>	Yortanlı
<b>Yükselti</b>	105 m
<b>Eğim</b>	4,5°
<p>Sahada değişimin az olduğu ve/veya değişim yönü bakımından ekosistem faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemediği alanlar bulunmaktadır. Meydana gelen değişimin ekosistem faaliyetlerine etkisi değerlendirilmelidir.</p>	
<i>Bergama – Yortanlı Barajı</i>	
	



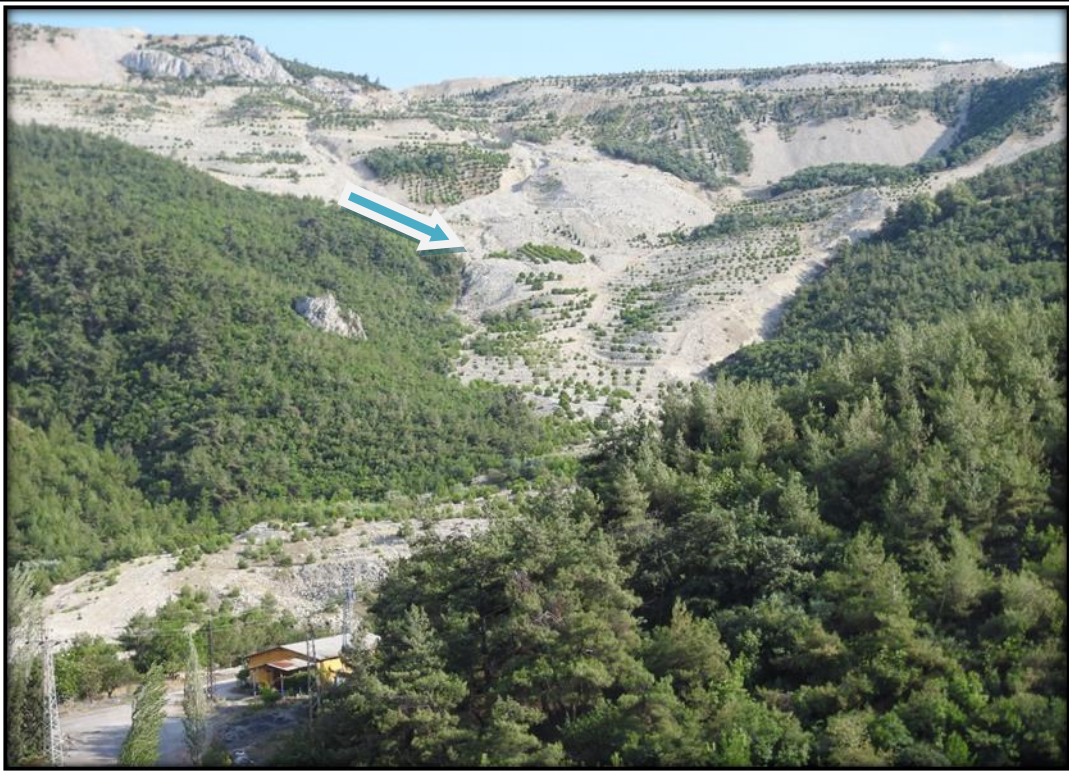
Çizelge 37. En Az Arazi Kullanımı/Değişimi Riskine Sahip Bölge

ARAZİ KULLANIMI/DEĞİŞİMİ RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> A1	<b>Coğrafi Konum:</b> 38,930° N - 26,990° E
<b>Risk Kategorisi</b>	1
<b>1986 Yılı</b>	Su Yüzeyi
<b>2013 Yılı</b>	Su Yüzeyi
<b>Mevkii</b>	Bakırçay Deltası
<b>Yükselti</b>	0 m
<b>Eğim</b>	0,02°
<p>Sahadaki değişimin hiç olmadığı alanlar, değişimin yönü bakımından az riskli sahalardır. Değişim yönünün ekosistem faaliyetlerini etkilememesi kontrol altında tutulmalıdır.</p>	
<i>Bakırçay Deltası</i>	
	



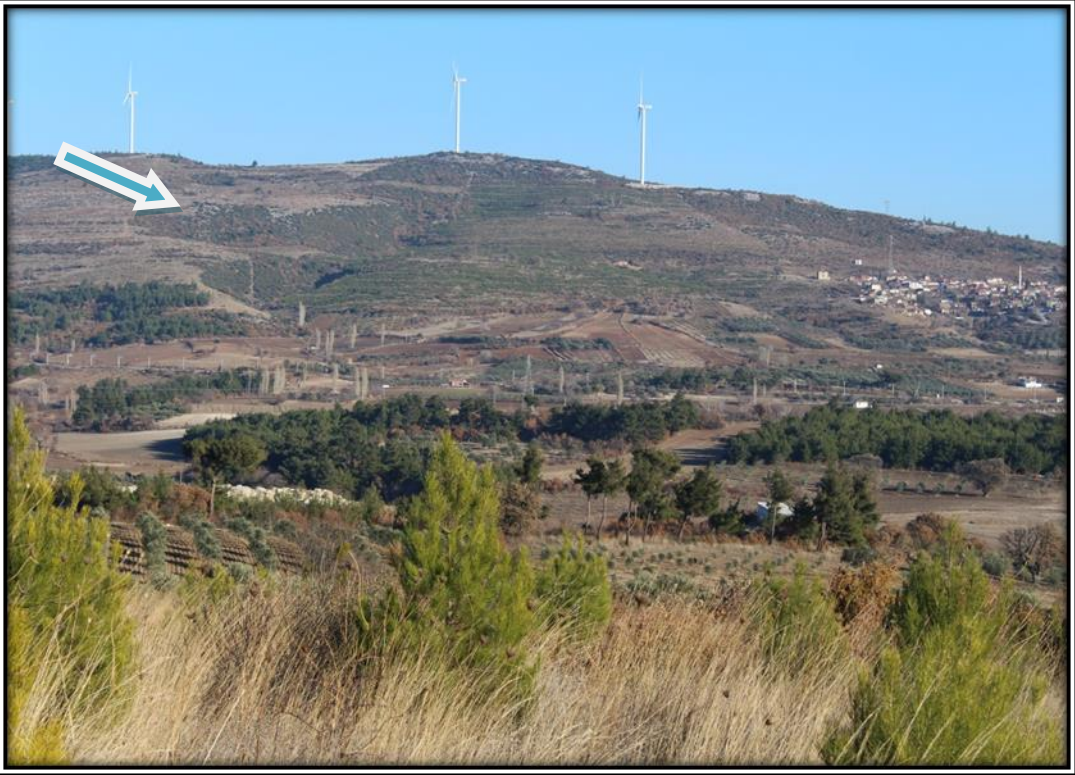


Çizelge 38. En Yüksek Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge


<b>TOPRAK KAYBI RİSKİ KARAKTERİ</b>	
<b>Örnek No: E5</b>	
<b>Coğrafi Konum: 38,141° N - 27,606° E</b>	
<b>Risk Kategorisi</b>	5
<b>C Faktör</b>	1
<b>R Faktör</b>	286,8
<b>LS Faktör</b>	41,7
<b>K Faktör</b>	0,02
<b>Yükselti</b>	914 m
<b>Eğim</b>	52,2°
<p>Sahada yüksek eğim değerleri ve ormansızlaştırmanın yoğun olduğu alanlarda en yüksek toprak kaybı riski bulunmaktadır. Orman örtüsü muhafaza edilerek, ağaçlandırma faaliyetleri artırılmalıdır.</p>	
<i>Soma- Dereköy Mevkii</i>	
	



Çizelge 39. Yüksek Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge


TOPRAK KAYBI RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> E4	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,249° N - 27,369° E
<b>Risk Kategorisi</b>	4
<b>C Faktör</b>	0,5
<b>R Faktör</b>	242,5
<b>LS Faktör</b>	18,5
<b>K Faktör</b>	0,03
<b>Yükselti</b>	265 m
<b>Eğim</b>	20,6°
<p>Sahada eğimin yüksek olduğu ve orman örtüsünden yoksun alanlarda yüksek toprak kaybı riski bulunmaktadır. Eğimli sahalarda gerçekleştirilen tarım faaliyetleri kontrol altında tutulmalı ve ağaçlandırma çalışmaları gerçekleştirilmelidir.</p>	
<i>Bergama – Göçbeyli Mevkii</i>	
	

Çizelge 40. Orta Derecede Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge

TOPRAK KAYBI RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> E3	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,102° N - 27,093° E
<b>Risk Kategorisi</b>	3
<b>C Faktör</b>	0,07
<b>R Faktör</b>	198,2
<b>LS Faktör</b>	8,03
<b>K Faktör</b>	0,007
<b>Yükselti</b>	246,8 m
<b>Eğim</b>	18,6°
Sahada ağaçlandırma faaliyetleri ile toprak kaybının nispeten daha az ancak risk oluşturduğu alanlar bulunmaktadır. Ağaçlandırma çalışmalarının artırılması gerekmektedir.	
<i>Bergama – Tepeköy Mevkii</i>	
	




Çizelge 41. Az Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge

<b>TOPRAK KAYBI RİSKİ KARAKTERİ</b>	
<b>Örnek No:</b> E2	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,243° N - 27,622° E
<b>Risk Kategorisi</b>	2
<b>C Faktör</b>	0,5
<b>R Faktör</b>	156,2
<b>LS Faktör</b>	3,1
<b>K Faktör</b>	0,002
<b>Yükselti</b>	218 m
<b>Eğim</b>	10,4°
<p>Sahada eğim değerlerindeki azalmayla birlikte toprak kaybı riskinin azaldığı alanlar bulunmaktadır. Tarımsal faaliyetlerin toprak kaybına yol açmamasına dikkat edilmelidir.</p>	
<p><i>Savaştepe – Yağcılı Mevkii</i></p>	
	





Çizelge 42. En Az Toprak Kaybı Riskine Sahip Bölge

TOPRAK KAYBI RİSKİ KARAKTERİ	
<b>Örnek No:</b> E1	<b>Coğrafi Konum:</b> 39,017° N - 27,025° E
<b>Risk Kategorisi</b>	1
<b>C Faktör</b>	0,3
<b>R Faktör</b>	79,2
<b>LS Faktör</b>	0,003
<b>K Faktör</b>	0,004
<b>Yükselti</b>	10,1 m
<b>Eğim</b>	0,6°
<p>Düşük eğim değerine sahip ve topraktaki kil/organik madde miktarının yüksek olduğu alanlar toprak kaybı riskinin az olduğu sahalardır. Toprak kaybına neden olmayacak sulama faaliyetlerinin kullanımı sağlanmalıdır.</p>	
<i>Bakırçay Deltası</i>	
	

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Çevre yönetimi, çevrenin değil çevre üzerinde etkili olan insan davranışlarının yönetimi anlamına gelmektedir. Zaten çevre kendi özyönetim sistemine sahiptir. Bu durumda yönetilmesi gereken, çevrenin sahip olduğu sisteme hasar veren ya da sistemi bozan, *dışarıdan* gelen etkilerdir. Gerçekte böyle bir etkinin insan tarafından geldiği düşünüldüğünde, çevre yönetimi insan-çevre arasındaki ilişkiyi yönetmeyi amaçlamaktadır. Kullanılan çeşitli yasal, ekonomik, toplumsal ve teknik araçlar ise bu amacın gerçekleştirilmesine yöneliktir. Çevre yönetimi içerisinde havzalar sahip olduğu özellikler nedeniyle özel bir konuma sahiptir. Havzalar, abiyotik faktörler tarafından sınırlandırılan sisteme bağlı biyotik faktörleri içeren ekolojik birimlerdir. Bu nedenle havza ekosistemi içerisinde meydana gelen olumsuz bir durum bütün havza tarafından hissedilmektedir (Uzun, 2003). Nitekim bu özelliği havzaların, ekolojinin temel ilkelerini dikkate alan sürdürülebilir kaynak kullanımı yaklaşımıyla yönetilmesini gerektirmektedir (Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, 2000).

Havza yönetimi, tarihsel süreçte farklı yaklaşımlarla ele alınmıştır (Naiman vd., 1997). Havza yönetiminde ekosistem özelliklerinin belirlenmesi, analiz edilmesi, baskı unsurlarının tespiti, yönetim yaklaşımından bağımsız ele alınması gereken mutlak niteliklerdir (Daeghouth vd., 2008). Bu bağlamda araştırmada, yaklaşımlardaki farklılıklara odaklanmaksızın karar vericilerin ihtiyaç duyduğu mekânsal veri sistemiyle, ekolojik riskin analizine yönelik model oluşturulması hedeflenmiştir.

Araştırma kapsamında ekolojik riskin modellenmesi üç farklı yaklaşımla ele alınarak değerlendirilmiştir. Buna göre çok kriterli yaklaşımla değerlendirilen model sonuçlarına göre araştırma sahasının %1,9'u en yüksek riskli, % 12,7'si yüksek riskli, %17,7'si riskli, %59,9'u az riskli ve % 7,8'i en az riskli alanlardan oluşmaktadır. Analitik hiyerarşi süreci yaklaşımı ile elde edilen sonuçlar ise alanın % 1,7'sinin en yüksek riskli, %8,5'in yüksek riskli, %27,2'sinin riskli, %54,5'inin az

riskli ve %8,1'inin en az riskli sahalardan meydana geldiğini göstermektedir. Sonuçlardaki benzerlikler, risk gruplarının alansal dağılımlarında da görülmektedir. Her iki yaklaşım sonucuna göre araştırma sahasında en yüksek riske sahip alanların Soma ve Bergama kentlerinin çevresinde yer alan yerleşim alanları ile maden sahalarının bulunduğu bölgeler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 62 ve 63). Benzer şekilde en az riske sahip alanların ise Göçbeyli, İlyaslar ve Yağcılı yerleşmeleri çevresinde yer alan ova tabanlarında yer aldığı sonucu elde edilmiştir.

Riskin karakterizasyonu yaklaşımı ise diğer iki yöntemden farklı yapıda sonuçların sunumunu mümkün kıldığından, risk gruplarının yüzdelik karşılaştırılmasının yapılmasına olanak vermemektedir. Ancak yine de gerek riskli sahaların gerekse K-Ortalamalar analizi sonuçlarına göre elde edilen kümelerin mekânsal dağılımları, diğer iki analiz sonuçları ile karşılaştırıldığında, sonuçların paralellik gösterdiği görülmektedir (Şekil 64 ve 67).

Farklı yöntemler ile elde edilen bu sonuçlar, araştırma kapsamında bilgi tekrarı gibi görünüyorsa da, bu sonuçlar havza yönetimi sürecinde ihtiyaç duyulan veri-bilgi dönüşümü yapısının elde edilmesine yönelik farklı yaklaşımların test edilmesi amacını karşılamaktadır. Nitekim risk faktörlerinin eşit derecede etki yaptığı kabul edilen çok kriterli yaklaşım, uzman görüşlerini dikkate alan analitik hiyerarşi yaklaşımı ve birbirlerinden bağımsız ve/veya farklı kombinasyonlarda ele alınmasına olanak tanıyan karakter analizi, havza yönetimi kapsamında kullanılabilir yapıya sahiptir. Her bir yaklaşımdan elde edilen bulgular, yönetim sürecinde belirli ihtiyaçları karşılayacak özelliktedir. Ancak optimum faydanın sağlanması amacıyla taşıyan bir yönetim mekanizmasının tasarımında, yaklaşımlar arasında farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar, sonuçların sunumu, bilgi sistemi yapısı ile ulusal ve uluslararası havza mevzuatlarına uygunluğu çerçevesinde yöntemlerin karşılaştırılması, riskin karakterizasyonu yaklaşımını diğer yaklaşımlardan öne çıkarmaktadır.

Buna göre araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar ve araştırma sorularına bulunan cevaplar şu şekildedir:

Oluşturulan model ile ilk olarak risk faktörlerinin Bakırçay Havzası'ndaki mekânsal dağılımları elde edilmesi amaçlanmıştır. Buna göre bütün faktörler bir arada

değerlendirildiğinde, genel hatlarıyla Soma, Bergama ve Kırkağaç kent merkezlerinin çevresindeki sahalar ile aşağı havzada Demirtaş yerleşmesinin güney batısında yer alan sahalar en yüksek riske sahip alanlardır. Söz konusu alanların ortak özelliği, insan etkisinin fazla olmasıdır. Diğer bir ifadeyle insan tarafından koruma-kullanma dengesinin doğal kaynaklar aleyhine bozulmasıdır. Bu durumun temel nedeni arazi kullanımında/örtüsünde meydana gelen değişimlerdir. Havza ölçeğinde gerçekleştirilen çalışmalar göstermektedir ki, arazi kullanımı/örtüsünde meydana gelen değişimler toprak ve su kaynakları üzerine önemli etkilere yol açmaktadır (Yong ve Chen, 2002; Fikir vd., 2009). Nitekim arazi kullanımı/örtüsü değişimi, tarımsal faaliyetlerdeki artış ve şehirleşme ile meydana gelen insan müdahalesi, sadece havza ölçeğinde değil, küresel boyutta değişimin temel nedenidir (Munasinghe ve Shearer, 1995).

Bakırçay Havzası'nda en yüksek ekolojik riske sahip alanlarda belirli ekonomik faaliyetlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Demirtaş yerleşmesi çevresindeki sahalar Bademli ve Dikili gibi turizm faaliyetlerinin, özellikle ikincil konutların yoğun olduğu bölgelerin ulaşım güzergâhı üzerinde yer almaktadır. Bunun yanı sıra bölge yakınında devam eden liman inşaatı ve bu durumun beraberinde getirdiği ekonomik faaliyet çeşitliliği, sahanın yüksek ekolojik riske sahip olmasına yol açmıştır.

Araştırma sahasında yüksek riske sahip bir diğer bölge Bergama-Pınarbaşı-Gökçeyurt hattındaki sahalaradır. Bu alanların en önemli özelliği yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bölgeler olmasıdır. Ayrıca çevredeki yerleşmelerden Bergama kentine doğru olan göç hareketi, bölgede yer alan maden işletmeleri, seracılık faaliyetlerine bağlı arazi kullanımında/örtüsünde meydana gelen değişim, bu sahalarda ekolojik riskin yüksek olmasına neden olmaktadır.

Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin yüksek olduğu sahalar içerisinde en göze çarpan kesimi Soma çevresinde yer almaktadır. Artan nüfus baskısı bölgedeki risk durumunu etkilemekle birlikte asıl ön plana çıkan neden açık ocak işletmeciliğine bağlı madencilik faaliyetleridir. Açık ocak işletmelerinde ormanlık alanların maden sahasına dönüşmesi, vejetasyon özellikleri, doğal yaşam, toprak yapısı ve özellikleri üzerinde önemli değişikliklere neden olmaktadır (Williams vd., 1995). Gerçekten Karadağ (2005) tarafından da belirtildiği üzere Soma kenti, madencilik faaliyetlerine

bağlı olarak çok fazla göç alan ve havza içinde arazi degradasyonunun en fazla olduğu bölgedir.

Araştırma kapsamında amaçlanan bir diğer husus, ekolojik risk faktörlerinden hangisinin ya da hangilerinin ön plana çıktığıdır. Bu husus, havza yönetimi sürecinde maliyetlendirme ve etkili koruma önlemlerinin alınması bakımından önemlidir. Küresel boyutlara ulaşan etkileri dikkate alındığında genel bir çevresel problem olarak karşımıza çıkan kuraklık faktörü, en geniş yayılış alanına sahip risk faktörüdür. 1985-2013 yılları arasında arazi kullanımı/örtüsü faaliyetlerinde meydana gelen değişimin neden olduğu risk ise Bakırçay Havzası'nda tespit edilen en geniş yayılış alanına sahip ekolojik risk faktörüdür.

Bakırçay Havzası'nda arazide meydana gelen değişimin yol açtığı riskin en önemli nedeni madencilik faaliyetleridir. Ekolojik riskin derecesi değişimin yönüne göre arttığından ya da azaldığından dolayı, çoğunlukla ormanlık alanlardan açık maden sahalarına dönüşen sahalar, en yüksek riske sahip alanlardır. Nüfusun barınma ihtiyacı, tarım ve hayvancılık faaliyetlerine bağlı olarak değişimin meydana geldiği alanlar diğer yüksek riskli sahalar. Bütün bunlar planlama ve yönetim çalışmalarında önceliğin açık ocak işletmeciliğinin yapıldığı maden sahalarının öncelikli bölgeler olduğunu göstermektedir. Ayrıca söz konusu sahaların 1985-2013 yılları arasındaki değişimine bağlı olarak 2027 yılı olası durumları ortaya konulmuştur. Sonuçlar, maden sahalarına sınır alanların risk altında olduğunu ve bu sahaların yakın gelecekte tahrip olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın cevap aradığı diğer bir soru Bakırçay Havzası'nda hassas ve koruma statüsünde olması gereken alanların varlığıdır. Su Çerçeve Direktifi havza yönetimi sürecinde koruma alanlarının listesinin ve haritalarının oluşturulması gerektiğini vurgulamaktadır. Direktif, (1) İnsan kullanımı için günde 10m<sup>3</sup>'ten fazla su çekilen, (2) kabuklu su hayvanlarının yaşadığı, (3) kullanma suyunun olduğu, (4) besin hassaslığı olan, (5) kuş ve özel habitat yaşamının olduğu alanları bu kapsamda değerlendirilmesi gereken alanlar olarak belirtmektedir. Elde edilen analiz bulguları ve arazi çalışmaları sonucunda Bakırçay Deltası'nda kuş ve özel habitat yaşamının olduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki sulak alanlar içerisinde flamingoların (*Phoenicopterus roseus*) ve farklı balıkçıl türlerin varlığı, bu alanların koruma statüsü içerisinde olması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca risk karakterizasyonu

çıktılarında gösterildiği üzere, delta bir yandan liman inşaatının diğer yandan ikincil konutların baskısı altındadır. Nitekim buradaki kuş türlerinin varlığı liman inşaatının bir süredir beklemede olmasıyla ilişkilidir. Bekleme süresi bölgede insan varlığının, iş makinalarının ve kuşların ürkmesine yol açacak diğer aktivitelerin ortadan kalkmasını sağlamıştır.

Liman inşaatının deltada neden olduğu bozulmaya rağmen, inşaatın bir süredir beklemede olması bölgedeki doğal yaşamın yeniden canlanmasına yol açmıştır. Aslında bu durum insanın doğa üzerindeki baskısına ara vermesiyle bile, doğanın bunu telafi etmeye başladığını gösteren güzel bir örnektir. Ancak Bakırçay Deltası'nda tek baskı unsuru liman inşaatı değildir. Mevcut ikincil konutların varlığı ve buna ek olarak yeni konutların devam eden inşası, deltadaki önemli sorunlardandır. Kuşların doğal ortamlarıyla iç içe geçmiş olan ikincil konutlar ve liman inşaatının devam etmesi, yakın gelecekte deltadaki sulak alanın ortadan kalkacağını göstermektedir. Ayrıca limanın tamamlanmasıyla birlikte bölgenin cazibe merkezi haline geleceği ön görülmektedir. Bu durum, seracılık gibi yeni ekonomik faaliyetlerin bölgede yaygınlaşmaya kendini göstermeye başlamıştır.

Risk karakterizasyonu modelinin havza yönetimi sürecine nasıl bir katkı sağlayacağı araştırmanın cevap aradığı bir diğer sorudur. Oluşturulan modelin ve elde edilen çıktılarının sağlayacağı faydaları ortaya koymak adına havza yönetiminin ulusal ve uluslararası yasal alt yapısı ile ilişkilendirmek bu noktada faydalı olacaktır:

2000 yılında yürürlüğe giren *Su Çerçeve Direktifi* AB su politikasının anayasası olarak kabul edilmektedir. Direktifin vurguladığı önemli noktalardan biri nehir havzası yönetimidir. Birçok aşamayı içeren yönetim planının adımlarından biri insan aktivitelerinin etki analizidir. Analiz sonucunda elde edilecek bulguların, alınacak önlemlerin maliyetinin değerlendirilmesine ve güvenilir önlemlerin oluşturulmasına katkı sağlayacağı, yönetim planında ayrıca belirtilmektedir. Sonuç olarak maliyeti en uygun ve etkili önlemlerin uygulanması ile suların daha temiz ve güvenli olması sağlanacaktır.

Nehir havzası yönetim planının organizasyon yapısının oluşturulması amacıyla ihtiyaç duyulan diğer bir analiz paydaş analizidir. Bu analiz kapsamında ise cevap aranan örnek sorular: "*Havzadaki ana problemler (farklı aktörlere göre) nelerdir ve*

*farklı aktörlerin bu problemler için tanımladıkları nedenler nelerdir?” “Nehir havzası planlama aktivitelerinde öncelik verilmesi gereken problemler nelerdir?”* şeklindedir. Buna göre sorular ve cevaplar havzalar arasında farklılık gösterir nitelikte olsa da, ekolojik riskin karakterinin ortaya konulması ile havza yönetim sürecindeki paydaşlar arasındaki iş birliği sürecine katkı sağlayacak cevaplar elde edilmiştir. Bu sayede paydaşların temel konular üzerinde bilgi sahibi olmaları sağlanacaktır. Her bir kurum problem hakkında kendi bakış açısına sahip olacağından, analiz sonuçları, hangi kurumun ne yapacağı, hangi verilerden sorumlu olacağı ve hangilerinin havza yönetimi çalışma grubuna dâhil olacağı konularında fikir verecektir.

Su Çerçeve Direktifinde belirtilen diğer bir nokta havza yönetimi çalışma grubu içerisindeki iş birliği sürecidir. Bu amaçla örneğin “*karakterizasyon*” “*baskı*” “*ekoloji*” gibi özel amaçlarla ekiplerin kurulması ile çalışma grubu içerisindeki iş birliği süreci artırılabilir. Nitekim havzada ekolojik riskin karakterizasyonu ile niceliksel ve niteliksel olarak dağılımını ortaya koyan bu araştırma, böyle bir yapının kurulması konusunda gerekli bilgi sistemi ihtiyacına yardımcı olacaktır.

Araştırma sonuçlarının pratikte uygulanabilirliğini ortaya koymak amacıyla Türkiye ölçeğinde Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından oluşturulan Ulusal Havza Yönetim Stratejisi (UHYS) raporu değerlendirilmiştir. Raporda havzaların eşgüdümlü, bütüncül ve katılımcı yaklaşımla sürdürülebilir yönetimi amacıyla bazı stratejiler belirlenmiştir. Bu stratejilerden bazıları:

- Havzaların karakterizasyon raporlarının hazırlanması,
- Tarım arazilerinin yanlış kullanımlara tahsisinin önlenmesi,
- Erozyon risk haritalarının oluşturulması,
- Havzadaki hassas ekosistemlerin belirlenmesi,
- Doğal ve insan kaynaklı afetler için risk haritalarının hazırlanması,
- Kuraklık strateji belgesinin hazırlanması,

şeklindedir (Anonim, 2014a). Buna göre araştırmada değerlendirilen ekolojik risk modeli yaklaşımı, UHYS kapsamında belirlenen stratejilerin gerçekleştirilmesine yönelik kullanılabilir yapıdadır.



Sonuç olarak, araştırma yaklaşımı ve bunun sonucunda elde edilen bulgular, havza yönetim sürecinde bilgi sistemi ihtiyacını önemli ölçüde karşılamaktadır. Nitekim ulusal ve uluslararası yasal mevzuatlarda belirtilen hususlar bu durumu destekler niteliktedir.

Araştırmada, "*beşeri faaliyetlerin günümüz peyzajında meydana gelen değişimin temel nedeni olduğu ve havzadaki bitki örtüsü azalmasının, yamaçların istikrarsızlaşmasının ve toprak kaybı gibi önemli peyzaj değişimlerinin beşeri faaliyetler sonucunda meydana geldiği*" H<sub>1</sub> hipotezi ile test edilmiştir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde araştırma sahasında en geniş yayılış alanına arazi kullanımı/örtüsü değişimine bağlı olarak meydana gelen ekolojik risk sahiptir. Turner (1994) tarafından belirtildiği üzere arazi kullanımı ve örtüsünde meydana gelen değişimler, toprak ve su kalitesi, ekosistem süreç ve fonksiyonları ve küresel iklim sistemi gibi doğal olaylar üzerinde önemli etkilere yol açmaktadır.

Daeghouth ve diğerleri (2008), mevcut ormanlık alanlardaki azalış ile bitki örtüsünün ortadan kaldırılmasına bağlı olarak yeraltı suyu ve yüzeysel akış miktarlarında değişikliklerin meydana geldiğini vurgulamaktadır. Toprağın infiltrasyon kapasitesi, evapotranspirasyon miktarı ve nispi nem, arazi örtüsünde meydana gelen değişikliklerden etkilenmektedir (FAO, 2001). Havza alanının %5'i ile %10'unun antropojenik etkiye maruz kalması, akarsulardaki canlı yaşamına ve su kalitesine zarar vermektedir (Allan, 2004; Meyer vd., 2007). Ayrıca özellikle kentleşmenin artmasına bağlı olarak doğal erozyon sürecinde hızlanma meydana gelmektedir (Doyle vd., 2000). Görüldüğü üzere arazide meydana gelen değişim, noktasal bir problem olmamasından dolayı, etkileri küresel boyutlara ulaşan problemlere neden olabilmektedir (Folley vd., 2005).

Tüm bunlar Bakırçay Havzası'nda yüksek risk potansiyeline sahip arazi kullanımı/örtüsü değişiminin, neden olabileceği problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim Soma çevresinde açık ocak işletmeciliğine bağlı madencilik faaliyetleri ormansızlaşma; özellikle Savaştepe, Soma, Kırkağaç, Bergama çevrelerinde havza tabanlarına doğru genişleyen kentleşme; havza tabanından yüksek kütlelere geçişteki yamaçların tarımsal faaliyetler amacıyla tahribi ile yamaçların istikrarsızlaşması, havzadaki en önemli problemin arazi kullanımı/örtüsü olduğunu destekler niteliktedir. Değişimin havzadaki toprak ve su kalitesi üzerine önemli

etkilere neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca risk faktörleri arasındaki korelasyona göre, yangın riskine sahip alanların mekânsal yayılış alanları, arazi kullanımı/örtüsü değişiminin risk oluşturduğu alanlar arasında pozitif yönde güçlü ilişki bulunmaktadır.

Bu bağlamda elde edilen bulgular ışığında Bakırçay Havzası'nda beşeri faaliyetlerin günümüz peyzajının en önemli belirleyicisi olduğu tespit edilmiştir. Buna göre araştırma sonucunda H<sub>1</sub> hipotezi kabul edilmiştir.

Araştırmanın H<sub>2</sub> hipotezi, "*ekolojik risk karakterizasyonu yaklaşımının havza yönetimi sürecinde insan-çevre ilişkisinin dinamik ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilebilmesi için gerekli olan bilgi sistemini ihtiyacını karşılayacak yapıya sahip olduğu*"dur. Risk, meydana gelebileme ihtimali olan zararlı bir olayın olasılığını ifade etmektedir. Ekolojik olarak ise insan sağlığının veya çevrenin doğrudan ya da dolaylı olarak olumsuz etkilenme ihtimalidir. Riskin analizi, zarar vericinin ekolojik etkilerinin belirlenmesi ve ölçülmesidir. Ekolojik etkilerin incelenmesi ya da tahmin edilmesi, söz konusu problemin formüle edilmesi ve planlamanın sonuçlandırılması riskin karakterizasyonu anlamına gelmektedir (USEPA, 1998). Bu çerçevede araştırma kapsamında oluşturulan ekolojik risk karakterizasyonu yaklaşımına bağlı risk modeli, havza yönetimi sürecinde risk oluşturabilecek faktörün niteliksel ve niceliksel özelliklerini, bunların yüksek ve düşük potansiyel oluşturduğu mekânsal yayılışlarını paydaş ihtiyaçlarına bağlı olarak şekillenen yapıyla ortaya koymaktadır. Ayrıca model sistematik ve dinamik yapısı ile karar vericilerin bilgi sistemi ihtiyacını karşılayacak yapıya sahiptir. Havza yönetiminin ihtiyaç duyduğu en önemli özellik paydaşların eşgüdümlü olarak çalışmasıdır. Doğru paydaşların doğru hedefe yönelik iş birliği içerisinde olması, karar verme sürecinde karşılaşılan yönetimsel karmaşıklıkların engellenmesi anlamına gelmektedir. Karakterizasyon süreci ile elde edilen CBS temelli veri tabanı, böyle bir eşgüdümsel çalışmanın gerçekleştirilmesine olanak sağlayan sorgulama yapısına sahiptir.

Sonuç olarak havza yönetiminde ihtiyaç duyulan dinamik ve sistematik veri-bilgi dönüşümü süreci, ekolojik risk karakterizasyonu analiz modeli yapısıyla elde edilebilir özelliktedir. Bu bağlamda araştırma kapsamında test edilen H<sub>2</sub> hipotezi, analiz sonuçlarının ve model yapısının havza yönetimi konusundaki ulusal ve

uluslararası yasal mevzuatlarda belirtilen niteliklere sahip olması nedeniyle kabul edilmiştir.

## 6.2. Öneriler

Türkiye’de havza yönetimi çalışmaları başlangıçta erozyon, sel kontrolü, hidrojeolojik etüt gibi belirli amaçlar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda AB üyeliği sürecinde Su Çerçeve Direktifi doğrultusunda ulusal düzeyde gerekli yasal düzenlemeler ve uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Ancak yasal mevzuatlarda belirtilen havza yönetimi yapısının uygulamalara yansımadağı görülmektedir. Gerçekleştirilen uygulamaların daha çok havzalarda kirlilik problemlerine odaklandığı ve arıtma tesislerinin kurulmasına yönelik konularla ilgili olduğudur. Bu çalışmalar ile havzalara dair coğrafi özelliklerin veri tabanı oluşturulmuş, havzadaki kirlilik problemine vurgu yapılmış ve su kalitesinin artırılmasına yönelik çözüm önerileri getirilmiştir. Ancak kimyasal kirlenme odaklı ele alınan bu çalışmalar, ekosistemin işleyişi içerisindeki süreçleri ve baskı unsurlarını ele almakta yetersiz kalmaktadır. Ulusal çapta 11 havzanın koruma eylem planlarının hazırlandığı göz önüne alındığında, hâlihazırda elde edilen coğrafi veri tabanlarının CBS ve UA teknolojileri ile analiz edilerek sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir. Nitekim böyle bir çalışma ile Türkiye’de havza yönetimi konusunda önemli gelişmeler elde edilecektir.

Türkiye’de havza yönetimi çalışmalarının en önemli problemi yönetim sürecinin idari sınırlardan bağımsız gerçekleştirilmemesidir. İlgili yasal mevzuatlarda sorumlu paydaşlar belirtilmiş olmasına rağmen, gerçekte paydaşların karar sistemlerini uygulayabilecekleri bir yapı bulunmamaktadır. Bu nedenle su kaynaklarını ilgilendiren havza ile ilgili kararlar, bağılı buldukları idari yapılar tarafından alınmaktadır. Öyle ki araştırma sahası olan Bakırçay Havzası İzmir, Manisa ve Balıkesir il sınırları içerisinde kalmaktadır. Bununla birlikte Soma, Bergama, Kırkağaç, Kınık ve Savaştepe ilçe merkezleri havza sınırları içerisinde kalmaktadır. Ayrıca havza içerisinde Aliağa, Dikili, Akhisar ve Saruhanlı ilçelerine ait yerleşmeler de yer almaktadır. Söz konusu durum birbirlerinden tamamen bağımsız ve eşgüdümsüz bir yapıyı oluşturmaktadır.

Bakırçay Havzası kapsamında en önemli çevresel problem arazi kullanımı/örtüsünde meydana gelen değişim olarak tespit edilmiştir. Yakın gelecekte havzada otoyol ve liman faaliyetlerinin başlayacak olması, söz konusu problemin artarak devam etmesine yol açacaktır. Nitekim otoyol ve liman inşaatlarına bağlı olarak arazide meydana gelen değişiklikler, şu an bile görülebilmektedir. Bütün bunlara 2027 projeksiyonunda görüldüğü üzere, maden sahalarının daha geniş alanları etkileyecek olması eklendiğinde riskin boyutu daha artmaktadır. Bu bağlamda, Bakırçay Havzası havza yönetimi sürecinde önceliğin arazi planlaması çalışmalarına verilmesi gerekmektedir. Arazi planlamasının gerekliliği, nüfus baskısının kontrol altına alınması bakımından da önemlidir. Araştırma sahasında yer alan kentler, sahip oldukları farklı potansiyeller nedeniyle nüfusu çeken yerleşmelerdir. Bu durum yerleşmelerin kontrolsüz bir şekilde havza tabanına doğru genişlemesine yol açmaktadır. Araştırma sahasının sahip olduğu potansiyeller, havzada nüfus baskısının artmasına yol açmaktadır.

Analiz sonuçları havza tabanını çevreleyen nispeten yüksek sahalarda toprak kaybı potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Söz konusu sahalardaki en önemli problemin bitki örtüsünden yoksun olduğu tespit edilmiştir. Yukarı havzada ve yüksek sahalarda ağaçlandırma çalışmaları ile toprak kaybına yönelik önlemler alınabilir. Bu durum infiltrasyonu etkileyeceğinden, havzadaki su sistemi üzerinde önemli etkilere neden olacaktır. Ayrıca unutulmamalıdır ki araştırmada kullanılan erozyon modeli suya bağlı olarak meydana gelen toprak kaybının hesaplanmasına yöneliktir. Bu nedenle havzanın coğrafi ya da özel konumuna göre toprak kaybı modellenmesinde değişikliğe gidilmesi gerekebilir.

Havza ölçeğinde gerçekleştirilecek çalışmalarda önemli olan bir diğer konu ölçektir. Zamansal ve mekânsal ölçeğin doğru ve amaca yönelik belirlenmesi, elde edilen çıktıların karar verme süreçlerinde kullanılması bakımından önemlidir. Araştırma kapsamında zamansal ölçek 1985-2013 yılları olarak belirlenmiştir. Ancak klimatolojik analizlerin gerçekleştirilmesinde söz konusu ölçek kullanılamamıştır. Havzalarda suyun bir bileşen olduğu düşünüldüğünde, meteorolojik verilerin takip edilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle havza yönetimi çalışmalarının veri ihtiyacının karşılanması ve havzada suyun gelir-gider dengesinin takip edilebilmesi amacıyla meteorolojik gözlem istasyonlarının sayısının artırılması gerekmektedir.

Çevresel analizlerin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi, doğru verinin elde edilmesine bağlıdır. Havzalar için en önemli bileşenlerden olan vejetasyon ve toprak özelliklerine ait, kamu kurumlarından temin edilen veriler ile arazideki durum karşılaştırıldığında önemli farklılıkların olduğu görülmüştür. Bu durum havza envanterinin oluşturulmasında ve çevresel analizlerin gerçekleştirilmesinde problemlere yol açacaktır. Dolayısıyla havza yönetiminde karar sürecini etkileyecektir. Doğru kararların alınabilmesi amacıyla öncelikle havzalardaki coğrafi özelliklere ait veri tabanlarının doğru bir şekilde kurulmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

Kimyasal kirleticiler araştırma kapsamında değerlendirilen girdiler dışında tutulmuştur. Ancak havzada Soma termik santrali, tarımsal faaliyetlere bağlı kimyevi gübre ve pestisit kullanımı, sanayi tesisleri ve yerleşmeler çevresel kirliliğe yol açabilecek faktörlerdir. Ekolojik risk modelinin esnek ve dinamik yapısı, risk değişkenlerinin artırılmasına olanak sağlayacak özelliktedir. Bu nedenle havza yönetim modeline uzman kişiler tarafından kimyasal kirleticilerin risk durumlarının eklenmesi, yönetim sürecinde modelin verimini olumlu yönde etkileyecektir.

## KAYNAKÇA

- Akcakaya, H.R. (1994). RAMAS/GIS: Linking Landscape Data with Population Viability Analysis (version 1,0). Applied Biomathematics, Setauket, New York.
- Akgül, E., ve Yılmaz, A. (1991). Türkiye’de Fıstık Çamının (Pinus Pinea) Ekolojik Özellikleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, sayı 215, Ankara.
- Akyürek, B., ve Soysal, Y. (1981). Biga Yarımadası Güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) Temel Jeolojik Özellikleri. MTA Enst. Dergisi, 95/96, 1-13.
- Akyürek, B., ve Akdeniz, N. (1989). 1:100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Ayvalık-G5 Paftası, MTA Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Albayrak, İlke. (2012). Ekosistem Servislerine Dayalı Havza Yönetim Modelinin İstanbul - Ömerli Havzası Örneğinde Uygulanabilirliği. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Allan, J.D. (2004). Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35, 357-284.
- Andreae, M. O., and Merlet, P. (2001). Emission of Trace Gases and Aerosols from Biomass Burning. Global Biogeochemical Cycles, 15, 955–966.
- Ankley, G.T., DiToro, D.M., Hansen, D.J., and Berry, W.J., (1996). Assessing the Ecological Risks of Metals in Sediments. Environmental Toxicology and Chemistry, 15, 2053-2055.
- Anonim. (2001) İzmir İli Arazi Varlığı, Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Anonim. (2005). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı: Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Uygulama Yönetmeliği. ( 15 Aralık 2005) Resmi Gazete, 26024.
- Anonim. (2006). İzmir Ticaret Odası. [http://www.izto.org.tr/portals/0/13\\_dikil.pdf](http://www.izto.org.tr/portals/0/13_dikil.pdf) adresinden 20 Kasım 2015’te alınmıştır.
- Anonim. (2014a) Orman ve Su İşleri Bakanlığı Ulusal Havza Yönetim Stratejisi.
- Anonim (2014b). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Maden Sahaları Rehabilitasyon Eylem Planı Taslağı 2014-2018.
- Anonim. (2015). <http://www.aa.com.tr/tr/yasam/son-10-yilda-2-7-milyon-hektar-tarim-topragi-yok-oldu/29503> adresinden 06 Kasım 2015’te alınmıştır.



- Antoniou, E., and Stamatiou, K. (2012). Environmental Protection and Management of Sea Ports The Case of Volos Sea-Port. Prefecture of Magnesia.
- Antunes, P., Santos, R., Jordao, L., Goncalves, P. and Videira, N.A. (1996). GIS-based Decision Support System for Environmental Impact Assessment IAIA'96, 451– 456.
- Ardos, M. (1985) Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi 2, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3321, İstanbul.
- Atalay, İ. (1994). Türkiye Coğrafyası, (Genişletilmiş 4. baskı). İzmir.
- Atalay, İ., (2006), Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası, Meta Basımevi, İzmir.
- Atalay, i., (2008). Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası Cilt II. Meta Basım Matbaacılık, İzmir.
- Atalay, İ., Sezer, L. İ. ve Çukur, H., (1998). Kızılçam (Pinus brutia Ten..) Ormanlarının Ekolojik Özellikleri ve Tohum Nakli Açısından Bölgelere Ayrılması. Orman Ağaçları ve Tohumları Islah Araştırma Müd. Yay.No:6.
- Avcı, M. (1993) Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve “Anadolu Diagonal” ine Coğrafi Bir Yaklaşım, Türk Coğrafya Dergisi, 28, 225-249.
- Balcı, N. (1996). Toprak Koruması. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 439. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi. İstanbul
- Bayliss, P., van Dam R.A., and Bartolo R.E. (2012). Quantitative Ecological Risk Assessment of Magela Creek floodplain in Kakadu National Park, Australia: Comparing Point Source Risks From Ranger Uranium Mine to Diffuse Landscape-Scale Risks. Human and Ecological Risk Assessment, 18(1),115– 151.
- Beasley,D.B., Huggins, L.F., and Monke, E.J. (1980). ANSWERS: A Model for Watershed Planning. Transactions of the ASAE, 23(4), 938-944.
- Bell, F.G., and Donnelly, L.J. (2006). Mining and Its Impact on the Environment, first ed. Taylor&Francis Group, Oxon, England.
- Bennet, H.H. (1939). Soil Conservation, McGraw-Hill Book Company Inc, New York.
- Bennett E., Behre, A.A., Cassman, K.G., DeFries, R., Dietz, T., Dobson, A.,Dobermann, A., Janetos, A., Levy, M., Marco, D., Nakic'enovic', N.,O'Neill, B., Norgaard, R., Petschel-Held, G., Ojima, D., Pingali, P., Watson, R., and Zurek, M. (2005). Drivers of Change Ecosystem Condition and Services in Hassan, R., Scholes, R. ve Ash, N., eds,Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends Volume 1, 175 - 214, Island Press, Washington DC, London.

- Bergsma, E., Charman, P., Gibbons, F., Hurni, H., Moldenhauer, W.C., Panichapong, S. (1996). Terminology for Soil Erosion and Conservation. International Society of Soil Science, Grafisch Service Centrom, Wageningen.
- Berkün, M., Anılan, T., ve Aras, E. (2010). Doğu Karadeniz Bölgesi Akarsularında Sediment Taşınması, Barajlar ve Kıyı Erozyonu Etkileşimleri, Türkiye'nin Kıyı ve deniz Alanları VIII. Ulusal Kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Bhaduri, B., Harbor, J., Engel, B., and Grove, M. (2000). Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land-Use Change Using a GIS-NPS Model. *Environmental Management*, 26(6), 643–658.
- Bilen, Ö. (2008) Türkiye'nin Su Gündemi, Su Yönetimi ve AB Su Politikaları. Saner Basım, Ankara.
- Bilgili, E., Sağlam, B., Başkent, E.Z. (2001). Yangın Amenajman Planlamalarında Yangın Tehlike Oranları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(2), 288-297.
- Bolin, B., Nelson, A, Hackett, E.J., Pijawka, K.D., Smith, C.S., Sicotte, D., Sadalla, E.K., Matranga, E., and O'Donnell, M. (2002). The Ecology of Technological Risk in a Sunbelt City. *Environment and Planning*, 34, 317–329.
- Bookchin, M., (1994). Özgürlüğün Ekolojisi, Hiyerarşinin Ortaya Çıkışı ve Çözülüşü. Çev. Alev Türker. Ayrıntı Yayınları, 1. Basım, İstanbul.
- Borouhaki, S., Malczewski, J., (2008), Implementing an extension of the analytical hierarchy process using, ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS, *Computers & Geosciences*, 34(4), 399- 410.
- Bottelberghs, P.H., (2000). Risk Analysis and Safety Policy Developments in the Netherlands, *J. Hazard. Mater*, 71, 59–84.
- Bozkaya, A.G. (2013). İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Tek. Üniv. Fen Bil. Enst., İstanbul.
- Brauer, M. (1999). Health Impacts Of Biomass Air Pollution. In K. T. Goh, D. Schwela, J. G. Goldammer, & O. Simpson (Eds.), *Health Guidelines for Vegetation Fire Events—Background Papers* (p 189–254). Singapore: WHO.
- Brinkmann, R., Feist, R., Marr, W. U., Nickel, E., Schlimm W., ve Walter, H. R. (1970). Soma Dağlarının Jeolojisi, *MTA Enst. Derg.*, 74, Ankara.
- Can, M. (2014). Karar Teorisi, Yıldırım, B. F. ve Önder E. (Editörler). Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri . Dora Basım-Yayım Dağıtım. Bursa.

- Canadian Forest Service (1997). A wildfire Threat Rating System for the MacGregor Model Forest. Final Report MMF Practices-3015, Canada.
- Canseven, A. (2013). Avrupa Birliği'ne (AB) Uyum Süreci Kapsamında Ülkemizdeki Entegre Havza Yönetimi Çalışmaları ve Mevcut Durumun İncelenmesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Sivas.
- Cebel, H., ve Akgül, S. (2011). Toprak Oluşumu ve Koruyucu Önlemler, Bilim ve Akıl Aydınlığında Eğitim, 134, 57-6.
- Chandler, C., Cheney, P., Thomas P., Trabaud L., and Williams, D. (1983). Fire in Forestry, vol. 1, New York: John Wiley & Sons.
- Chen, F-W. and Liu, C-W. (2012). Estimation of the Spatial Rainfall Distribution Using Inverse Distance Weighting (IDW) in the Middle of Taiwan. Paddy and Water Environment, 10(3), 209-222.
- Choi, C-H., You, J-H., and Jung, S-G. (2013). Estimation of Danger Zone by Soil Erosion Using RUSLE Model in Gyeongju National Park. Korean J. Environ. Ecol., 27(5), 614-624.
- Chowa, T.E., Gainesb, K.F., Hodgsona, M.E., and Wilsonc, M.D. (2005). Habitat and Exposure Modelling for Ecological Risk Assessment: A case Study for the Raccoon on the Savannah River Site. Ecological Modelling, 189, 151–167.
- Christensen, J.H. Hewitson, B. Busuioc, A. (2007). Regional Climate Projections. In: S. Solomon; D. Qin, M. Manning vd. (eds.) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution Of Working Group I To The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Chuvienco, E., (2008). Satellite Observation of Biomass Burning: Implications in Global Change Research. In: Chuvienco, E. (Ed.), Earth Observation and Global Change. Springer, New York, p.109–142.
- Chuvienco E, Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martin, M.P, Vilar, L., Martinez, J., Martin, S., Ibarra, P., de la Riva, J., Baeza, J., Rodriguez, F., Molina, J.R., Herrera, M.A., and Zamora, R. (2010). Development of a Framework For Fire Risk Assessment Using Remote Sensing And Geographic Information System Technologies. Ecol Model, 221,46–58.
- Chuvienco, E., Allgower, B., and Salas, J. (2003). Integration of Physical and Human Factors in Fire Danger Assessment. In E. Chuvienco (Ed.), Wild Land Fire Danger Estimation and Mapping. The Role of Remote Sensing Data. New Jersey: World Scientific.

- Chuvieco, E., and Congalton, R. G. (1989). Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sensing of Environment*, 29, 147–159.
- Congalton, R. and K. Green. (2009). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. 2nd Edition. CRC/Taylor & Francis, Boca Raton, FL p. 183.
- Congalton R. G. (1991). A Review of Assessing The Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment*, 37 (1),35–46.
- Collins, L. (1975). *An Introduction to Markov Chain Analysis*, London: Headley.
- Collins, F.C. and Bolstad, P.V., (1996). A Comparison of Spatial Interpolation Techniques in Temperature Estimation, *Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*, Santa Fe, NM. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara.
- Crews-Meyer, K.A. (2002). Characterizing Landscape Dynamism via Paneled-Pattern Metrics. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(10), 1031-1040.
- Çağlayan, A., ve Dağlı, D. (2014). Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. TÜCAUM VIII. Coğrafya Sempozyumu. Ankara.
- Çağrı Taş, E., Sunlu, U., ve Özyayın, O. (2007). Çandarlı Körfezi (Ege Denizi) Sedimentinde Karbon, Yanabilen Madde Miktarı ve Bazı Ağır Metal (Cu, Pb, Zn, Fe) Düzeylerinin Araştırılması. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 24(3-4), 273-277.
- Çelikyay, S. (2006). Ekolojik Planlama Sürecinde Stratejik Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Bartın Şehri Üzerinde Bir Örnek Çalışma. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (9),10-22.
- Çepel, N (1975). Orman Yangınlarının Mikroklima ve Toprak Özellikleri Üzerine Yaptığı Etkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B, 25 (1).
- Çepel, N. (1986). Barajların Yukarı Yağış Havzaları İçin Arazi Kullanım Planlamasının Ekolojik Esasları. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi,Seri b*, 36, (2).
- Çiçek, İ., ve Doğan, U. (2005). Ankara’da Şehir Isı Adasının İncelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3 (1), 57-72.
- Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., ve Çalışkan, O. (2013). Ankara Şehrinde Yüzeysel Sıcaklıklarının Arazi Örtüsüne Göre Mevsimsel Değişimi. *International Journal of Human Sciences*, 10(1), 621-640.
- Çukur, H. (1998): Ege Bölümü’nün Ekosistemleri, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sos. Bil. Ens. İzmir.

- Daeghouth, S., Ward, C., Gambarelli, G., Styger, E., and Roux, J. (2008). Havza Yönetim Yaklaşımları, Politikaları ve Faaliyetleri: Ölçek Büyütmeye Yönelik Dersler, Su Sektörü Kurulu Kararı Belge Serisi Belge No.11, Dünya Bankası, Washington, DC.
- Daly, C., Gibson, W.P., Taylor, G.H., Johnson, G. L., and Pasteris, P. (2002). A Knowledge-Based Approach to the Statistical Mapping of Climate. *Climate Research*, 22, 99-113.
- Danışman, İ. K. (2012). Türkiye’de Liman Çevre Yönetimi ile İlgili Düzenlemeler. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 2-4.
- Darmer, G., (1992). *Landscape and Surface Mining-Ecological Guidelines for Reclamation*, Publisher Newyork.
- Dawei, H. and Jingsheng, C. (2001). Issues, Perspectives and Need for Integrated Watershed Management in China, *Environmental Conservation*, 28 (4), 368-377.
- DeBarry, A. P. (2004) *Watersheds: Proseses, Assessment, and Management*, John Wiley & Sons. Inc., New Jersey.
- DeNicola, D. M., and M. G. Stapleton. (2002). Impact of Acid Mine Drainage on Benthic Communities in Streams: The Relative Roles of Substratum vs. Aqueous Effects. *Environmental Pollution*, 119, 303–315.
- Dikau, R., Brabb, E.E., Mark, R.K., and Pike, R.J., (1995). Morphometric Landform Analysis of New Mexico. *Z. Geomorphol., Suppl. Bd.*,101,109– 126.
- Dimitrakopoulos, A.P., and Papaioannou, K. K. (2001). Flammability Assessment of Mediterranean Forest Fuels. *Fire Technology*, 37, 143–152.
- Dizdar, Y. (1993). Açık Maden Alanlarının İmarı. *Tabiat ve İnsan*, 4, 32–33.
- Durdu, Ö.F. (2010). Effects of Climate Change on Water Resources of the Büyük Menderes River Basin, western Turkey, *Turk. J. Agric. For.*,34, 319–332.
- Dodson, R., and Marks, D. (1997). Daily Air Temperature Interpolated at High Spatial Resolution over a Large Mountainous Region. *Climate Research*, 8, 1–20.
- Doğanay, H., ve Doğanay, S. (2003). Türkiye’de Orman Yangınları ve Alınması Gereken Önlemler. *Eastern Geographical Review* 11.
- Doyle, M., Harbor, J., Rich, C., and Spacie, A., (2000). Examining the Effects of Urbanization on Streams Using Indicators of Geomorphic Stability. *Physical Geography*, 21, 155–181.
- Dow, K. (2000). Social Dimensions of Gradients in Urban Ecosystems, *Urban Ecosystems*, 4, 255 – 277.

- DSİ. (1963). Kuzey Ege İstikşaf Raporu, DSİ Gen. Müd. Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı İstikşaf Raporları No: 12-17, Ankara.
- DSİ. (1969). Bakırçay Havzası Bayat Ovası Planlama Arazi Tasnif Raporu, DSİ II. Bölge Müdürlüğü, Etüd Raporları No: 17-2-16, Proje No: 0403, İzmir.
- DSİ. (1970a). Bakırçay Havzası Bergama Projesi Planlama Raporu Cilt I, DSİ Gen. Müd. Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı Raporları, Ankara.
- DSİ. (1970b). Bakırçay Havzası Bergama Projesi Planlama Raporu Cilt II, DSİ Gen. Müd. Etüt ve Plan Dairesi Başkanlığı Raporları, Ankara.
- DSİ.(1976). Bakırçay Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ Basım ve Foto Film İşlt. Müd. Matbaası, Ankara.
- DSİ. (1982). Bakırçay Havzası Master Planı ve Sulama Projeleri, DSİ II. Bölge Müd. Raporları No: 57, İzmir.
- Duran, O. (2010). Kamu Yönetimi Reformu Çerçevesinde Türk Su Yönetimi, Basılmamış Doktora Tezi, Ankara Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Dinç Durmaz, B. (2004) Meşcere Özelliklerinin Yangın Potansiyeli Üzerine Etkileri. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Eastman, J. R. (2009). IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing (Manual Version 16.02). USA: Clark University.
- Eastman, R. (1999). Multi-criteria Evaluation and GIS. In: Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ, Rhind DW (eds) Geographical information systems, Chap 35. Wiley, New York
- Eedy, W. (1995). The Use of GIS in Environmental Assessment. Impact Assessment,13, Summer 199– 206.
- Ege Linyit İşletmesi. (2015). Ağaçlandırma ve Çevre Düzenlemesi. [http://www.eli.gov.tr/sunular/Sunu\\_agaclandirma\\_web.pps](http://www.eli.gov.tr/sunular/Sunu_agaclandirma_web.pps). adresinden 04 Kasım 2015 tarihinde alınmıştır
- Elliot M, and Thomas I, (2009). Environmental Impact assessment in Australia: Theory and Practice, the Federation Press.
- Ellis, S. and Mellor, A. (1995). Soils and Environment. Routledge, London.
- Eltez, S., ve R.Z. Eltez. (2005). Bergama ve Dikili İlçeleri (İzmir) Sera Potansiyeli ve Seracılık Faaliyetleri Üzerine Bir Araştırma. Ege. Ün. Ziraat Fak. Derg., 42(2), 203-214.
- Erdmenger, C. (1998). Environmental Management Instruments – a Guide for Local Authorities. The International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), Freiburg, Germany.

- Erdoğan, M.A. (2012) Büyük Menderes Havzası İçin Ekolojik Risk Analizi Yöntemi Geliştirilmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı.
- Erinç, S., (1951). Türkiye’de Kontinentalitenin Tesirleri. İstanbul Ün. Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 1 (2), 6-68
- Erinç, S., (1965). Yağış Müessiriyeti Üzerine bir Deneme ve Yeni Bir İndis, İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Yayınları, 41, İstanbul.
- Eroğlu, İ., ve Bozyiğit, R. (2012). Yunt Dağı ve Çevresinin İklim Özellikleri. Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Dergisi, 27, 129-151.
- Ertekin, E. (2011). Soma-Kınık-Erdelli Arasındaki Sahanın Doğal Bitki Örtüsü ve Değişimi. İst. Ün. Sos. Bil. Ens. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Erten, E., Kurgun, V., ve Musaoğlu, N. (2005). “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı-2005, Ankara.
- Eryiğit Urfalı, N., (2006). Bakırçay Deltası Ve Çevresinin Doğal Ve Kültürel Kaynak Potansiyelinin Uydu Verileri İle Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ege Ün. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi.
- ESRI. (2013). How Topo to Raster Works. <http://www.resources.arcgis.com/en/help/main/10.2/index.html#/009z000007m000000> adresinden 25 Kasım 2013 tarihinde alınmıştır.
- Eşder, T. (1981). Türkiye Jeotermal Enerji Kaynakları ve Seracılıktaki Önemi. I. Türkiye Seracılık Kongresi, Etibank Matbaası, 81-108 Antalya
- European Environment Agency, (1998). Environmental Risk Assessment - Approaches, Experiences and Information Sources. Copenhagen, Denmark.
- FAO. (1986). Wildland fire management terminology. Report number 70.FAO Forestry Paper, Roma.M-99. ISBN 92-5-0024207.
- FAO. (2001). Land Use Impacts on Water Resources: a Literature Review, by B. Kiersch. Discussion Paper No.1, FAO Electronic Workshop on Land-Water Linkages in Rural Watersheds. Rome
- FAO. (2007). Fire Management-Global Assessment 2006. A Thematic Study Prepared in the Framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. FAO, Rome
- Fedorenkova, A., Arie Vonk, J., Rob Lenders, H. J., Creemers, R.C. M., Breure, A.M., and Jan Hendriks, A. (2012). Ranking Ecological Risks of Multiple Chemical Stressors on Amphibians. Environmental Toxicology and Chemistry, 31(6), 1416-1421.



- Ferrari, J.R., Lookingbill, T.R., McCormick, B., Townsend, P.A., and Eshleman, K.N. (2009). Surface Mining and Reclamation Effects on Flood Response of Watersheds in the Central Appalachian Plateau region. *Water Resources Research*, 45-4.
- Fidan C., Duran, C. ve Kırış, R. (2008). Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği 2. Su Politikaları Kongresi. 20-22 Mart 2008. Ankara.
- Fikir, A., Nurhussen, T., and Jan, N. (2009). The impacts of Watershed Management on Land Use And Land Cover Dynamics in Eastern Tigray (Ethiopia). *Resour. Conserv. Recycl.*, 53, 192–198.
- Filiz, M. ve Dorsan, F. (1998). Sera Isıtma Sistemlerinde Alternatif Enerji Olarak Jeotermal Kaynakların Kullanılma Olanaklarının Teknik ve Ekonomik Yönü. 3. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 20-23 Eylül 1998, Çukurova Üniv. Ziraat Fak., Adana, Genel Yay. No: 19, Cilt 2
- Finlayson C.M. and Bayliss P. (2003). Conceptual Model of Ecosystem Processes and Pathways for Pollutant/Propagule Transport in the Environment of The Alligator Rivers Region. Discussion Paper prepared for the 11th meeting of ARRTC, 17–19 February 2003.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., III, Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., J. Patz, A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., and Snyder, P.K.. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309, 570–574.
- Garbach, K., Milder, J.C., Montegro, M., Karp, D.S. and DeClerck F.A.J. (2014). Biodiversity and Ecosystem Services in Agroecosystems. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, Volume 2.
- Garcia-Cr,ado, F., A. Tome, F. J. Vega, and C. Antolin. (1999). Performance of Some Diversity and Biotic İndices in Rivers Affected by Coal Mining in Northwestern Spain. *Hydrobiologia*, 394, 209–217.
- Gardiner, V. and Park. C. C. (1978). Drainage Basin Morphometry. Review And Assessment. *Progress in Physical Geography*, 2(1), 1-35.
- Geray, U., ve Küçükkaya, I. (2001). Havza Yönetim Modeli Üzerine Düşünceler, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Kelkit Platformu.
- Gibbs, W.J., and Maher, J.V., (1967). Rainfall Deciles as Drought Indicators, Bureau of Meteorology Bulletin No. 48. Commonwealth of Australia, Melbourne.
- Gibos, K., E. (2010). Effect of Slope And Aspect On Litter Layer Moisture Content Oflodgepole Pine Stands in the Eastern Slopes of the Rocky Mountains of Alberta. MSc thesis, University of Toronto, Canada.
- Gold., H.J., (1992). Environmental Risk Analysis; a Decision Analytic Perspective a Discussion of Modeling Issues for the Management of Risks From Toxic

Substances in Our Environment. Biomathematics Series No. 36. Raleigh, N. C.

- Goldammer, J. G. (1999). Forests on Fire. *Science*, 284, 1782–1783.
- Goodchild, M.F., Estes, J.E., Beard, K.M., and Foresman, T. (1996). Research Initiative 15: Multiple Roles for GIS in US Global Change Research -Report of the Second Specialist Meeting. Technical Report 96-5. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Grebb, S.F., Eble, C. F., Peters, D. C., and Papp, A.r R. (2006). Coal and the Environment, American Geological Institute Awareness Series 10.
- Grontmij (2004). Handbook. Implementation of the Water Framework Directive in Turkey – Final. Senter International Reference: MAT01/TR/9/3, Document number: 13/99044324/MJH, Grontmij Consulting Engineers, Houten, April 2004.
- Guttman, N.B. (1998). Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34, 113-121.
- Gül, A. Avcioğlu, R., ve Türker, B. (2011). Erozyon Kontrolü Çalışmalarında Tarımsal Ormancılık Sistemlerinin Uygulanabilirliği (Manisa-Sarıgöl Örneği). I Ulusal Sarıgöl İlçesi ve Değerleri Sempozyumu. 17-19 Şubat 2011.Sarıgöl Belediyesi, Sarıgöl- Manisa.356-368.
- Güler, M. ve Kara, T. (2007). Alansal Dağılım Özelliği Gösteren İklim Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Belirlenmesi ve Kullanım Alanları; Genel Bir Bakış. *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (3), 322-328.
- Gülersoy, A. E., (2008). Bakırçay Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları İle Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, İzmir. Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Gündoğdu, V. ve Turhan, D., (2004). Bakırçay Havzası'nda Kirlilik Etüdü Çalışması DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (3), 65-83.
- Güneroğlu, N. (2013). Çay Alanlarının Peyzaj Karakterinin Değerlendirilmesi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon
- Güney, A. ve Şimşir, F. (2000). Türkiye'de Açık Maden Ocakları ve Peyzaj Onarım Çalışmaları. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü ve İzmir Alman Kültür Merkezi tarafından 16– 17 Ekim 2000 tarihlerinde ortaklaşa düzenlenen Açık Maden İşletmelerinin Rekültivasyonu konulu Workshop. Bornova, İzmir. s.47–53.

- Güncal, E. (2001). Bakırçay Havzası'nın Doğal Radyoaktivite Düzeyinin Belirlenmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. E.Ü. Fen Bilimleri Enst.
- Gürbüz, M. (1992). Çevre-Tarım İlişkileri. Ziraat Dünyası Dergisi, Türkiye Ziraatçılar Derneği Yayını, Sayı: 411 Temmuz.
- Görmüş, S. (2012). Korunan Alanlarda Peyzaj Karakter Analizi: Kastamonu-Bartın Küre Dağları Milli Parkı Örneği, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hancock, G.R.,and Willgoose, G.R., (2001). Theproduction of Digital Elevation Models for Experimental Model Landscapes: Earth Surface Processesand Landforms,26(5), 475-490.
- Hardy, C.C., Ottmar, R.D., Peterson, J.L., Core, J.E., and Seamon, P. (Eds.) (2001). Smoke management guide for prescribed and wild land fire: 2001 edition PMS 964 420-2. NFES 1279. Boise, ID: National Wildfire Coordination Group (226 p).
- Harmancıoğlu, N.B., Gül, A., ve Fıstıkoğlu, O., (2002). Entegre Su Kaynakları Yönetimi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 419/3.
- [http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/8a77e4747d24e0c\\_ek.pdf?dergi=174](http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/8a77e4747d24e0c_ek.pdf?dergi=174) adresinden 14 Kasım 2013 tarihinde alınmıştır.
- Harris, J.H., Wenger, R.B., Harris, A.V.and Devault, D.S. (1994). A Method for Assessing Environmental Risk: A case study of Green Bay, Lake Michigan, USA, Environmental Management, 18(2), 295-306.
- Hartkamp, A.D., De Beurs, K., Stein, A. and White, J.W., (1999). Interpolation Techniques for Climate Variables, CIMMYT, Mexico, D.F.
- Hay, B. J. (1994). Sediment and Water Discharge Rates of Turkish Black Sea Rivers Before and After Hydropower Dam Construction. Environmental Geology, 23, 276–283.
- Heim, R.R., (2002). A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. B. Am. 19 Meteorol. Soc., 83(8), 1149-1165.
- Herath, G., and Prato, T. (2006). Role of Multi-Criteria Decision Making in Natural Resources Management In: G. Herath & T. Prato (Eds.) Using Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management. Surrey: Ashgate Publishing Limited.
- Hızal, A., Serengil, Y., ve Özcan, M. (2008). Ekosistem Tabanlı Havza Planlama Metodolojisi ve Havza Çalışmalarında Yapılan Yanlış Uygulamalar TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 20-22 Mart 2008 Ankara.
- Hogsett, W.E., Weber, J.E., Tingey, D., Herstrom, A., Lee, E.H. and Laurence, J.A.(1997). An Approach for Characterizing Tropospheric Ozone Risk to Forests. Environmental Management, 21 (1),105-120.

- Holmes, G., Singh, B. R., and Theodore, L., (1993). Environmental Risk Assessment “in, Handbook of Environmental Management and Technology” John Wiley & Sons, Inc., New York. 628 p., p. 573-583.
- Huggett, R. J. and Cheesman, J. (2002). Topography and the environment. Harlow, England ; New York : Prentice Hall. P. 274
- Iacono, M., Levinson, D., El-Geneidy, A and Wasfi, R. (2012). 'A Markov Chain Model of Land Use Change in the Twin Cities, 1958-2005', Erişim: <http://nexus.umn.edu/Papers/MarkovLU.pdf> adresinden 08 Ekim 2015 tarihinde alınmıştır.
- Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., (1989). An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford Uni. Press, Inc. New York, pp. 561.
- İlhan, A. (2011). Yeni Bir Su Politikasına Doğru Türkiye’de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler, Sosyal Değişim Derneği, İstanbul.
- İmga, O., (2006). Küreselleşen Çevresel Krize, Hakim Paradigma Dışı Bir Bakış Olarak Derin Ekolojik Yaklaşım. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (2) – 4. s. 84-97.
- Jaboyedoff, M., Couture, R., and Locat, P. (2009). Structural Analysis of Turtle Mountain (Alberta) Using Digital Elevation Model: Toward a Progressive Failure. *Geomorphology*, 103, (1), 5–16.
- Jaiswal, K., Mukherjee, S., Mukherjee, K. D. and Saxena, R. (2002). Forest Fire Risk Zone Mapping From Satellite Imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4, 1-10.
- Jensen, J.R., (1996). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 2nd Edn, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, pp. 316.
- Jorgensen, S., Bastianoni, S., Fath, B., and Muller, F. (2007). *A New Ecology: Systems Perspective*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Kadioğlu, M., (2008). Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”; s. 277-300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- Kadioğlu, M. (2012). Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, 172 sf.
- Karabıçak, M., ve Armağan, R., (2004). Çevre Sorunlarının Ortaya Çıkış Süreci, Çevre Yönetiminin Temelleri ve Ekonomik Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(9), 203 -228.
- Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., ve Kızılelma, Y. (2013). Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangini Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6 (24).

- Karabulut, M. (2015). Drought Analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey. *J Arid Land*, 7(6), 741–754.
- Karadağ A. (2002). Soma'da (Manisa) Linyit İşletmeleri ve Termik Santralin Çevresel Etkileri, IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Sempozyumu (5-8 Ekim 2002, Bodrum), Bildiri Kitabı, Türkiye Biyologlar Derneği Yay., s. 275-284, İzmir.
- Karadağ, A., (2004). Kınık'ta (İzmir) Arazi Kullanımı ve Sorunları, V. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi, 2004, s. 429-441, Bolu.
- Karadağ A., (2005). Coğrafi Değerlendirmelerle Soma'da Değişen Çevre, Kent ve Kimlik, Ege Üniv. Yay. Edebiyat Fakültesi, İzmir.
- Karadağ, A., (2006). Linyit İşletmeleri ve Termik Santralin Ardından Soma'da Değişen Çevre, Kent ve Kimlik. *Ege Coğrafya Dergisi*, 15,31-50.
- Karakurt, H. (2004). Ege Bölgesinde Açık Kömür İşletmesi ve Toprak Döküm Alanlarındaki Ekolojik Şartlar ile Bu Alanlarda Uygun Ağaçlandırma Tekniklerinin ve Ağaç Türlerinin Belirlenmesi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Bakanlık Yayın No:256, İzmir.
- Karaman, S. ve Kurunç, A. (2004). Seraların Jeotermal Enerji ile Isıtılmasında Ortaya Çıkabilecek Çevresel Etkiler. *Gaziosman Paşa Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 21(2): 80-85.
- Karavitis, C. A., Alexandris, S., Tsemelis, D. E., and Athanasopoulos, G. (2011). Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece. *Water*, 3, 787-805
- Kartal, K. (1992). Ekonomik ve Sosyal Yönleriyle Türkiye'de kentleşme. Adım Yayıncılık, Ankara.
- Kaymakçı Başaran., A. (2004). Bakırçay Deltası Kirlilik Parametreleri ve Çandarlı Körfezi İle Olan Etkileşimi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ege Üniv. Fen Bil. Ens.
- Kennedy, A. J., D. S. Cherry, and R. J. Currie. (2003). Field and Laboratory Assessment of a Coal Processing Effluent in the Leading Creek Watershed, Meigs County, Ohio. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, 44, 324–331.
- Kerr, J. (2002). Watershed Development Projects in India: An Evaluation. International Food Policy Research Institute Research Report 127. Washington, D.C.
- Keetch, J. J., and G. M. Byram, (1968). A Drought Index for Forest Fire Control. USDA Forest Service Research Paper SE-38, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC, 33 pp.
- Ketin, İ. (1983). Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

- Ketin, İ., (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri, MTA Enst. Derg. S: 66, s. 20-34, Ankara.
- Kılıç, F. ve Göktaşan, E. (2009). Yeryüzü Şekillerinin Sayısal Yükseklik Modeli ile Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Değerlendirilmesi. Ders Notu. Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı. İstanbul.
- Kirkby, M.J., (1999). Regional Desertification Indicators (RDIs). In: The Medalus Project Mediterranean Desertification and Land-Use Manual on key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification, (eds) C Kosmas M Kirkby ve N Geeson, European Commission EUR 18882 Luxembourg pp 48–65.
- Koçman, A., (1984). Bozdağlar ve Çevresinin İklimi. Ege Coğ. Dergisi, 2, 57-108.
- Koçman, A., (1989). Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir- Bozdağlar Yöresi Üzerinde Araştırmalar, E.Ü. Edeb. Fak. Yay. No: 49, İzmir.
- Koçman, A. (1992). Ege Ovalarında İklim Koşullarının Çevresel Etkileri. Ege Coğ. Dergisi, 6, 33-45, İzmir.
- Koçman, A. (1993). Türkiye İklimi. Ege Ün. Edebiyat Fak. Yayınları No: 72 İzmir.
- Kolar, C.S and Lodge, D.M. (2002). Ecological Predictions and Risk Assessment for Alien Fishes in North America. Science Vol. 298 no. 5596 pp. 1233-1236.
- Kooistra, L., Leuven, R.S.E.W., Nienhuis, P.H., Wehrens, R. and Buydens, L.M.C. (2001). A Procedure for Incorporating Spatial Variability in Ecological Risk Assessment of Dutch River Floodplains, Environmental Management, 28 (3), 359-373.
- Kushla, J. D., and Ripple, W. J. (1997). The Role of Terrain in a Fire Mosaic of a Temperate Coniferous Forest. Forest Ecology and Management, 95, 97–107.
- Küçük, Ö. (2004). Yanıcı Madde Tipi ve Yangın Davranışına Bağlı Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi ve Haritalanması. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Küçükosmanoğlu, A. (1995). Su Kaynaklarının Korunması - Orman Yangınları İlişkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. Seri B, 45(2).
- Lal, R. And Pierce, F.J. (1991). Soil Management for Sustainability. Soil and Water Conservation Society in Cooperation with World Association Soil and Water Conservation and Soil Science Society of America, Ankeny, IA.
- LCA, (2011). Landscape Character Assesment, Worcestershirecounty Council, Planning Economy and Performance Directorate, Worcester, 108.
- Lee G, S., Lee K, H. (2006). Scaling effect for estimating soil loss in the RUSLE model using remotely sensed geospatial data in Korea. The Journal Hydrology and Earth System Sciences 3, 135-157.

- Lemly, A.D. (1997). Risk assessment as an environmental management tool: considerations for freshwater wetlands, *Environmental Management*, 21 (3), 343-358.
- Lentile, L. B., Holden, Z. A., Smith, A. M. S., Falkowski, M. J., Hudak, A. T., and Morgan, P. (2006). Remote Sensing Techniques to Assess Active Fire Characteristics and Post-Fire Effects. *International Journal of Wildland Fire*, 15, 319–345.
- Li, J., and Heap, D., (2008). A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists, *Geoscience Australia Record*. 2008/23.
- Li, S., Tarboton, D.G., and Mckee, M., (2000). GIS Based Temperature Interpolation for Distributed Modelling of Reference Evapotranspiration.
- Lichtenberg, E. (2000). *Agricultural and Environment*. Working Paper No. 00-15, Maryland-USA, University of Maryland Press.
- Lindeman, R. F. (1942). The Trophic-Dynamic Aspect of Ecology. *Ecology* 23, 399-418.
- Lim, K.J., Sagong, M., Engel, B.A., Tang, Z., Choi, J., and Kim, K-S. (2005). GIS-based Sediment Assessment Tool. *Catena* 64, 61-80.
- Lu, D., Li, G., Valladares, G., and Batistella, M. (2004a). Mapping Soil Erosion Risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS, *Land Degrad Dev*, 15, 499–512.
- Lu. D., Masuel, P., Brondizio, E., and Moran, E. (2004b). Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401.
- Luck G.W., Smallbone, L.T., and O'Brien, R., (2009). Socio-Economics and Vegetation Change in Urban Ecosystems: Patterns in Space and Time, *Ecosystems*, 12 (4) 604-620.
- Makropoulos, C. K., and Butler, D., (2006). Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making, *Environmental Modelling & Software*, 21(1), 69-84
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis* New York: Wiley.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based Multicriteria Decision Analysis: a Survey of the Literature. *Int J Geogr Inf Sci.*, 20(7), 703–726
- Mark, D.M. (1975). Computer Analysis of Topography: a Comparison of Terrain Storage Methods. *Geografiska Annaler* 57,179-188.
- Mas, J-F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M. C., and Houet, T. (2014) Modelling Land use / cover Changes: a Comparison of Conceptual Approaches and Softwares. *Environmental Modelling and Software*, Elsevier, 51, 94-111.



- McBean, E.A., and Rovers, F. A. (1998). Risk Assessment and Data Management, Chapter 12. “in Statistical Procedures for Analysis of Environmental Monitoring Data and Risk Assessment”, Prentice Hall PTR, New Jersey.
- McDonald T.L. and McDonald L.L. (2002). A New Ecological Risk Assessment Procedure Using Resource Selection Models And Geographic Information Systems. *Wildlife Society Bulletin* 30, 1015-1021.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J. (1993). The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Preprints. 8th. Conference on Applied Climatology.
- Meyer, J.L., Strayer, D.L., Wallace, J.B., Eggert, S.L., Helfman, G.S. and Leonard, N.E. (2007). The Contribution of Headwater Streams to Biodiversity in River Networks. *Journal of the American Water Resources Association*. 43-1. 86-103.
- Mijangos, C. M.A., Gomez, B. A., and Saldaña, F. P. (2011). Natural Systems Changes through GIS and Environmental Impact Assessment . 31st Annual Meeting of the International Association for Impact Assessment. 28 May- 4 June 2011, Centro de Convenciones, Puebla – Mexico.
- Miller, C. L. & R. A. Laflamme (1958). The Digital Terrain Model: Theory and Application. *Photogrammetric Engineering*, 25, 433-442.
- Ministry of Social Affairs and Employment. (1991). Committee for the Prevention of Disasters Caused by Dangerous Substances, Methods for the Calculation of Physical Effects of the Escape of Dangerous Material (Liquids and Gases). The Yellow Book CPR 14E. Ministry of Social Affairs and Employment, The Hague.
- Mishra A. K, and Singh V. P. (2010). A Review of Drought Concepts. *Journal of Hydrology*, 391, 202–216
- Mitsch W.J. and Gosselink J.G. (2000). *Wetlands*, John Wiley&Sons, Inc., Third Edition.
- Moore, I. and Burch, G. (1986). Physical Basis of the Length-Slope Factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Society of America Journal*, 50, 1294 – 1298.
- Moore, I. D., Grayson, R. B., and Ladson, A. R. (1991). Terrain Based Catchment Partitioning and Runoff Prediction Using Vector Elevation Data. *Water Resources Research*, 27, 1177–1191.
- Munasinghe M., and Shearer W. (1995). *Defining and Measuring Sustainability*. Washington, DC: The Biogeochemical Foundation. The United Nations University (UNU) and the World Bank.
- Naiman, R.J., Bisson, P.A., and Turner, M.G., (1997). Approaches to management at the watershed scale. In: Kohm, K.A., Franklin, J.F. (Eds.), *Creating a*

- Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management. Island Press.
- Nearing, M.A., Lane, L.J., & Lopes, V.L. (1994). Modelling Soil Erosion. In Lal, R. (Ed.) Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society., Ankeny, IA, pp. 127-156.
- Odum, E. P., and G. W. Barrett. (2005). Fundamentals of Ecology. Fifth Edition. Belmont, California: Thomson Brooks/Cole, pp. 598.
- Okuyama, S.E., and Chang, E. (2004). Modeling Spatial Economic Impacts of Disasters, Berlin, SpringerVerlag.
- Oleson, K. W., Bonan, G. B., Feddema, J. and Jackson, T. (2011). An examination of Urban Heat Island Characteristics in a Global Climate Model, International Journal of Climatology, 31(12), 1848- 1865.
- Omi, P.N., (2005). Forest Fires: A Reference Handbook. ABC-CLIO, Santa Barbara, CA,
- Organisation for Economic Co-operation and Development, (1998). Sustainable Management of Water in Agriculture: Issues and Policies – The Athens Workshop.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2013). Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013-2017. Ankara.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2005). Çölleşme ile Mücadele Türkiye Ulusal Eylem Programı. Ankara.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2016b). <http://www.orman.gov.ct.tr/enus/%C3%BCstmenu/ormankoruma/ormanyang%C4%B1nlar%C4%B1.aspx> adresinden 12 Mart 2016 tarihinde alınmıştır.
- Ortabük, F., (2007). Ağır Metal Ve Radyoaktif Element Konsantrasyonları Belirlenerek Nedenlerinin Faktör Analiz Yöntemleriyle İrdelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi EÜ Fen Bil. Enst., İzmir.
- Ölgen, M.K. (2002). Aşağı Bakırçay Vadisi ve Çevresinin Jeomorfolojisi Doktora Tezi. E.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, İzmir.
- Ölgen, M.K. (2004). Determining Lineaments and Geomorphic Features Using Landsat 5-TM Data on the Lower Bakircay Plain, Western Turkey, Ege Coğrafya Dergisi, 13, (1-2), 47-57.
- Önder, G. ve Önder, E. (2014). Analitik Hiyerarşi Süreci. Yöntemleri. Yıldırım, B.F., Önder E (Editörler). Dora Basım-Yayım Dağıtım. Bursa.
- Özdemir, M. A., ve Dönmez Tatar, S. (2016). CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8 (1), 1-21.

- Özel, N., Öner, H. H., Akbin, G. ve Altun, N. (2012). Ege Bölgesi Maki Alanlarında Bitki Toplulukları ve Akdeniz Ekosistemlerindeki Yeri. KSÜ DoğaBil. Der., Özel Sayı.
- Özen, T., Tarcan, G., Gemici, Ü., Aksoy, N., (2008). Dikili-Bergama (İzmir) Termal Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri Ve Kullanım Alanları. Termal ve Maden Suları Konferansı, 24-25 Nisan 2008 Afyonkarahisar.
- Özgürel, M., Aksoy, Ş. A. ve Pamuk, G., (1998). “Bornova Yağış Havzası’nda Kuraklık Etüdü”, 21-23 Ekim 1998 Tarım ve Orman Meteorolojisi 98 Sempozyumu, Editör L. Şaylan, İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fak. Meteoroloji Müh. Bölümü, 123-128, İstanbul.
- Özkul, S. Fıstıkoğlu, O. Ve Harmancıoğlu, N. (2008). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin Büyük Menderes ve Gediz havzaları örneğinde değerlendirilmesi, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi (2):309–321, Ankara.
- Özmen, S. (2010). İstanbul İli Yangın Riski Analizi ve Yangın Riski Haritalarının Oluşturulması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Palmer, M.A., Bernhardt, E.S., Schlesinger, W.H., Eshleman, K.N., Foufoula-Georgiou, E., Hendryx, M.S., Lemly, A.D., Likens, G.E., Loucks, O.L., Power, M.E., White, P.S., and Wilcock, P.R. (2010). Mountaintop Mining Consequences, Science, 327.
- Palmer, W.C. (1965). Meteorological Drought. Research Paper No.45, Office of Climatology U.S. Weather Bureau, Washington
- Pamuk Mengü, G., Anaç, S., ve Özçakal, E. (2011). Kuraklık Yönetim Stratejileri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 48 (2), 175-181.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., and Montanarella, L. (2015). Estimating the Soil Erosion Cover-Management Factor at the European Scale. Land Use Policy 48, 38-50.
- Pınar, Ö., (1984). Bakırçay Deltası’nın Alüvyal Jeomorfolojisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Sos. Bil. Enst., İzmir.
- Prasad, V.K., Badarinath, K.V.S., and Eaturu, A., (2008). Biophysical and Anthropogenic Controls of Forest Fires in the Deccan Plateau. India J. Environ. Manage, 86, 1–13
- Prasad, V.K, Eaturu, A., and Badarinath, K.V.S., (2009). Fire Risk Evaluation Using Multicriteria Analysis a Case Study. Environmental Modelling and Assessment, 166(1-4), 223-39
- Raheja, N., (2003). GIS-based Software Applications for Environmental Risk Management. Map India Conference, Noida, India.

- Randhir, O.T. (2007). Watershed: Definition and Delineation, Watershed Management – Issues and Approaches, IWA Publishing, London.
- Reagan, D.P. (2007). An Ecological Basis for Integrated Environmental Management. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal,12:5, 819-833.
- Renard, K.G.,Laflen, J.M., Foster, G.R., and McCool, D.K. (1994). The Revised Universal Soil Loss Equation. In Lal, R. (Ed.), Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society.,Ankeny, IA, pp. 105/124.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31 Aralık 2004) Resmi Gazete. 25687.
- On Üç İlde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Altı İlçe Kurulması ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun. (06 Aralık 2012,) Resmi Gazete, 28489.
- Robichaud, P.R.,(2000). Fire Effects on Infiltration Rates After Prescribed Fire in Northern Rocky Mountain forests, USA. Journal of Hydrology, 231–232, 220–229
- Romstad, B., and Etzelmüller, B. (2012). Mean-Curvature Watersheds: A Simple Method for Segmentation of a Digital Elevation Model into Terrain Units. Geomorphology, 139-140, 293–302.
- Roses, J. H., Schneider, D. W., and Brozovic, N., (2014). Changing Ecosystem Service Values Following Technological Change. Environmental Management 53, 1146-1157.
- Rothermel, R. C. (1983). How to Predict The Spread and Intensity of Forest and Range Fires (40 p). Gen.Tech.Rep.INT-143. USDA Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process, New York, McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (2000), Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, 2. Edition, RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T.L. (2008). The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: Applications to Decisions under Risk. European Journal of Pure and Applied Mathematics, 1(1), 122-196.
- Sağlam, B. (2002). Meteorolojik Faktörlere Bağlı Yanıcı Madde Nem İçerikleri ve Maki Tipi Yanıcı Maddelerde Yangın Davranışı. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Schierow, L.J. (1994). Risk Analysis at EPA. “in Risk Analysis and Cost-Benefit Analysis of Environmental Regulations. The Committee for the National Institute for the Environment, 94-961 ENR”, Washington.

- Scott, J. H., ve Reinherat, E. D. (2001). Assessing Crown Fire Potential by Linking Models of Surface and Crown Fire Behaviour. USDA Forest Service, Research Paper RMRS-29.59.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004). The Ecosystem Approach, (CBD Guidelines) Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity 50 p.
- Selman, P. (2006). Planning at the Landscape Scale. Routledge, London and Newyork.
- Sertkaya Doğan, Ö. (2005). Bakırçay Havzası Beşeri Coğrafyası. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı. İstanbul.
- Serveiss, V.B. (2002). Applying Ecological Risk Principles to Watershed Assessment and Management, Environmental Management, 29, (2), 145-154.
- Sevgican, A. and Eşder, T. (1984). Jeotermal Kaynaklar ve Sera. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 21 (1), 56-60.
- Sezer, L.İ. (1990). Türkiye’de Ortalama Yıllık Sıcaklık Farkının Dağılışı ve Kontinentalite Derecesi Üzerine Yeni Bir Formül. Ege Coğ. Der., 5, 108-159.
- Shelford, V.E. (1913). Animal Communities in Temperature America. Chicago: University of Chicago Press. Reprint, 1977, New York: Arno Press.S
- Simmons, J. A., W. S. Currie, K. N. Eshleman, K. Kuers, S. Montelone, T. L. Negley, B. R. Pohlad, and C. L. Thomas. (2008). Forest to Reclaimed Mine Land Use Changes Lead to Altered Ecosystem Structure and Function. Ecological Applications, 18, 104–118.
- Simon, H.A., (1960). The New Science of Management Decisions, New York: Harper & Row
- Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., and Macomber, S.A. (2001). Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects. Remote Sensing of Environment, 75, 230-244.
- Soykan, A., ve Önal, H. (2003). Yağcılı Çayı Havzası’nın (Savaştepe-Balıkesir, Soma-Manisa) Jeomorfolojisi, Sırrı Erinç Sempozyumu 2003 Coğrafya Genişletilmiş Bildiri Özetleri, s. 119-123, İstanbul.
- Sönmez, S. (1996). Havran Çayı-Bakırçay Arasındaki Bölgenin Bitki Coğrafyası, Yayınlanmamış Doktora Tezi. İ.Ü. Sos. Bilim. Enst., , İstanbul.
- Stein, M. L. (1999). Interpolation of Spatial Data Some Theory for Kriging Springer Science+Business Media, New York.

- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, 38 (6), 913–920.
- Surer, G. W. (2016). Ecological Risk Assessment. Lewis, Second Edition, Boca Raton
- Suter II, G.W. (1996). Guide for Developing Conceptual Models for Ecological Risk Assessments. Environmental Risk Assessment Program Oak Ridge National Laboratory., Oak Ridge, Tennessee, 14.
- Sütgibi, S., (2003). Madra Dağı ve Çevresinin Vejetasyon Coğrafyası, Yayınlanmamış Doktora Tezi. E.Ü. SBE, Coğrafya Anabilim Dalı, İzmir.
- Sütgibi, S. (2015). Büyük Menderes Havzasının Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler. Marmara Coğrafya Dergisi, 3, 398-414.
- Szczepinski, J. (2016). The Significance of Ground Water Flow Modelling Study for Simulation of Open Cast Mine Dewatering and Assessing the Environmental Impact of Drainage. In Drebenstedt, Carsten, Paul, Michael (eds.) | Mining Meets Water – Conflicts and Solutions. Proceedings IMWA 2016, Freiberg/Germany.
- Swanwick, C. (2002). Landscape Character Assessment Guidance to For England and Scotland, Prepared on Behalf of The Countryside Agency and Scottish Natural Haritage, England, 96.
- Swetnam, T.W. (1993). Fire History and Climate Change in Giant Sequoia Groves. Science, 262, 885–889.
- Şahin, C. ve Sipahioğlu, Ş., (2002). Doğal Afetler ve Türkiye. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, s. 379.
- Şahin, Ş., (2009). Peyzaj Ekolojisi Kavramsal Temelleri ve Uygulama Alanları, Peyzaj Yönetimi, Akay, A. ve Demirbaş Özen, M. (Ed.), TODAİE Yayın No:354, Desen Ofset, Ankara, 231s.
- Şahin, Ü. ve Kurnaz, L. (2014). İklim değişikliği ve Kuraklık. Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi. İstanbul.
- Tağıl, Ş. (2006a) “Peyzaj Patern Metrikleriyle Balıkesir Ovası ve Yakınında Habitat Parçalılığında ve Kalitesinde Meydana Gelen Değişim (1975- 2000), Ekoloji Dergisi,15(60), 24-36.
- Tağıl, Ş. (2006b). Kazdağı Milli Parkı’nda Arazi Örtüsü Organizasyonunu Kontrol Eden Jeomorfometrik Faktörler: Bir CBS Yaklaşımı.Coğrafi Bilimler Dergisi, 4 (2).
- Tağıl, Ş. (2007b). Tuzla Çayı Havzası’nda (Biga Yarımadası) CBS-Tabanlı RUSLE Modeli Kullanarak Arazi Degradasyonu Risk Değerlendirmesi. Ekoloji Dergisi, 17 (65),11-20.

- Tağı, Ő. (2009). akırdere Ve Yahu Dere Havzalarında (Balıkesir) Toprak Kaybının Mekânsal Dağılışı Ve Etkileyen Faktörler. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12 (22), 23-39.
- Tang, Z., Engel, B. A., Pijanowski, B. C., and Lim, K. J. (2005). Forecasting Land Use Change and its Environmental İmpact at a Watershed Scale. Journal of Environmental Management, 76, 35-45.
- Tarhan, . (2007). Detection of Environmental and Urban Change Using Remote Sensing and GIS, Yayınlanmamış Doktora Tezi. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Tatlı, H., ve Türkeş, M. (2011). Palmer Kuraklık Şiddeti ve Standartlaştırılmış Yağış İndislerinin Türkiye Üzerinde Karşılaştırılması. 5th Atmospheric Science Symposium. 27-29 April 2011 İstanbul Technical University İstanbul – Turkey.
- Tatlđdil, H. (1996). Uygulamalı ok DeđiŐkenli İstatistiksel Analiz, Cem Web Ofset, Ankara.
- Thom, H.C.S. (1966). Some Methods of Climatological Analysis. Technical Note No. 81. WMO, Geneva, Switzerland, 63 pp.
- Thompson, M. P., and Calkin, D.E. (2011). Uncertainty and Risk in Wildland Fire Management: A review. Journal of Environmental Management, 92, 1895-1909 .
- Tırıl A. (2006). Sulak Alanlar, Oran Yayıncılık, İzmir.
- Timor, M. (2011). Analitik Hiyerarşı Prosesi. Türmen Kitabevi, İstanbul.
- Tiwari, A.K., Risse, L.M., and Nearing, M.A. (2000). Evaluation of WEPP and Its Comparison with USLE and RUSLE. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 43: s. 1129-1135.
- Topçu, P. (2012). Tarım Arazilerinin Korunması ve Etkin Kullanılmasına Yönelik Politikalar, Planlama Uzmanlık Tezi, Kalkınma Bakanlığı, Yayın No: 2836, Ankara.
- Toy, T.J., Foster, G. R. and Renard, K.G. (1999). RUSLE for Mining, Construction and Reclamation Lands, Journal of Soil and Water Conservation, 54(2), 462-467.
- Turner , B. L. (1994). Global Land-Use/Land-Cover Change: Towards an İntegrated Study. Ambiology, 23, 91–95
- Tuncel, M., (1964). Bakırçay Vadisi Monoğrafyası”, İ.Ü. Coğrafya Bölümü Doktora Tezi, İstanbul.
- TÜBİTAK. (2010). Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması-Kuzey Ege Havzası Nihai Raporu. Gebze, Kocaeli.



- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Orman Mühendisleri Odası (2000). GAP Bölgesinde Yukarı Havzaların Yönetim Modeli. Ankara.
- Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Jeoloji Mühendisleri Odası (2014). Manisa- Soma Eynez Karanlıkdere Mevkii Kapalı Ocak Kömür Madeni İşletmesi İş Cinayeti/ İş Kazası Raporu. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No:120
- Türkeş, M. (1996). Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16,1057-1076.
- Türkeş, M. (2007). Türkiye'nin Kuraklığa, Çölleşmeye Eğilimi ve İklim Değişikliği Açısından Değerlendirilmesi. *Pankobirlik*,91, 38-47.
- Türkeş, M., Koç, T., ve Sarış, F. (2007). Türkiye'nin Yağış Toplamı ve Yoğunluğu Dizilerindeki Değişikliklerin ve Eğilimlerin Zamansal ve Alansal Çözümlemesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5: 57-74.
- Türkeş, M., ve Tatlı, H., (2009). Use of the Standardized Precipitation Index (SPI) and a modified SPI for Shaping the Drought Probabilities over Turkey. *Int. J. Climatol.*, 29, 2270-2282.
- Türkeş, M., ve Tatlı, H., (2010). The Role of Drought and Precipitation Severity Indices for Determination, Characterization and Monitoring of the Desertification. *Proceeding of Symposium on Combating Desertification. Çorum, Turkey*, pp. 245 – 263.
- Türkeş, M. (2013). Türkiye'nin Cölleşmeden Etkilenebilirliği\_CEM Gn Md Yay. Ankara.
- Türkeş, M. (2014). Kuraklık Olaylarının İklim Değişikliği ve Çölleşme Açısından Önemi ve Türkiye'deki 2013- 2014(?) Kuraklığının Sinoptik Klimatolojik/Meteorolojik ve Atmosferik Bağlantıları. 3 Mart 2014. Hidropolitik Akademi İklim Değişikliği ve Kuraklık Çalışmaları, Ankara
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2014. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul> tarihinden 16 Kasım 2014 tarihinde alınmıştır.
- UNCCD, (1995). The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa, text with Annexes, UNEP, Geneva.
- UNESCO WWAP (2009). The United Nations World Water Report 3: Water in a changing world. UNESCO Publishing: Earthscan.
- UNISDR, (2009). Drought Risk Reduction Framework and Practices: Contributing to the Implementation of the Hyogo Framework for Action. United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), Geneva, Switzerland, 213 pp

- U.S.EPA.(1982).Chesapeake Bay program technical studies: A synthesis. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. USGPO: 1982 p. 509-660.
- U.S.EPA(1992).Framework for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R/92/001, Risk Assessment Forum, Washington, D.C.
- U.S.EPA.(1994a). United States Environmental Protection Agency. Memorandum: Role of the Ecological Risk Assessment in the Baseline Risk Assessment, Osver Directive No.9285. p. 7-17. Washington, D.C. 2.
- U.S.EPA.(1994b).Ecological Risk Assessment Issue Papers. EPA/630/R/94/009, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- 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. p. 106
- U.S.EPA.(1998). Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F. USEPA, Washington, D.C.114
- U.S. EPA. (1996). Clinch Valley Watershed Ecological Risk Assessment Planning and Problem Formulation, EPA/630/R-96/005A (Draft). Washington, D.C. 62.
- U.S. EPA. (2000a). Workshop Report on Characterization Ecological Risk at the Watershed Scale. Office of Research and Development. Washington, DC 20460. EPA 600-R-99-111. February 2000.
- U.S.EPA. (2000b). Ecological Risk Assessment for the Middle Snake River, Idaho. Region 10 Office of Environmental Assessment, Washington, D.C. 100.
- U.S.EPA. (2008). Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters, Technical Report,841-B-08-002, United States Environmental Protection Agency, Washington DC.
- Uzun, O. (2003). Düzce Akarsuyu Havzası Peyzaj Değerlendirmesi ve Yönetim Planının Değerlendirilmesi, (Doktora Tezi, Basılmamış), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- Uzun, A. ve Somuncu, M., (2013). Madra Dağı ve Çevresinin Arazi Örtüsü/Kullanımındaki Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16, 30, 1-21.
- Uzun, A. (2015). Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Madra Dağı'nın Doğal ve Beşeri Kaynaklarının Değerlendirilmesi. Basılmamış Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara.
- Van Der Werf, H.M.G.,and Petit, J. (2002). Evaluation of the Environmental Impact of Agriculture at the Farm Level: a Comparison and Analysis of 12 indicator-based methods. Agric. Ecosyst. Environ, 93, 131–145.

- Van Leeuwen, C.J. (1997). Ecological Risk Assessment: An input for Decision-Making, *Environmental Management*, 21, 6, 812-816.
- Vose, J.M., Peterson, D., and Patel-Weynand, T. (Eds.), (2012). Effects of Climatic Variability and Change on Forest Ecosystems: A Comprehensive Science Synthesis for the U.S. Forest Sector. General Technical Report PNW-GTR-870. Portland, Oregon: U.S. Forest Service, Pacific Northwest Research Station
- Wei, H., Li, J.L., Liang, T.G., (2005). Study on the Estimation of Precipitation Resources for Rain Water Harvesting Agriculture in Semi-Arid Land of China. *Agricultural Water Management*, 71(1), 33-45.
- White, P. (1979). Pattern, Process, and Natural Disturbance in Vegetation. *Bot. Rev.* 45: p. 229–299.
- Wilhite D.A., and Glantz M.H. (1985). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*, 10, 111–120.
- Wilhite, D. A., and Buchanan-Smith, M. (2005). Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context. *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*, D. A. Wilhite (ed.), CRC Press, Taylor & Francis Group, 3-29.
- Wilks, D.S. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences: An Introduction*. Academic Press, 467 pp.
- Willeke, G., Hosking, J.R., Wallis, J.R. and Guttman, N.B. (2004). The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report 94–NDS–4. U.S. Army Corps of Engineers.
- Williams, D. R., J. R. Ritter, T. M. Mastrilli, and T. Proch. (1995). Effects of Surface Mining on the Hydrology and Biology in the Stony Fork Basin, Fayette County, Pennsylvania, 1978–85. Water Resources Investigations Report 94-4056, U.S. Geological Survey, Lemoyne, Pennsylvania, USA
- Williams, J.R. Ve Berndt, H.D. (1972). Sediment Yield Computed with Universal Equation. *Journal of Hydraulic Division*. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 98, 2087–2098.
- Williams, J.R., Renard, K.G., and Dyke, P.T. (1983). EPIC, a New Method for Assessing Erosion's Effect on Soil Productivity. *Soil and Water Conservation*, 38, 381–383.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses- A Guide to Conservation, *Agricultural Handbook 537*. Planning, Science and Education Administration. US Dep. of Agriculture, Washington, DC, USA. p.58.
- World Resource Institute, (2005). *Ecosystem and Human Well-Being: A Framework for Assessment/Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press, Washington, DC.

- Wu, H., Hayes, M.J., Welss, A., and Hu, Q. (2001). An evaluation the Standardized Precipitation Index, the China-Z index and the statistical Z-score. . *Int. J. Climatol.*, 21, 745–758.
- Wu, H.; Hayes, M.J.; Wilhite, D.A.; Svoboda, M.D. (2005). The Effect of the Length of Record on the Standardized Precipitation Index Calculation. *Int. J. Climatol.* (25), 505-520.
- Xie, H., Wang, P. ve H. H., (2013). Ecological Risk Assessment of Land Use Change in the Poyang Lake Eco-economic Zone, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10, p. 328-346.
- Yaşamış, F. D., (1995). Çevre Yönetiminin Temel Araçları, İmge Kitapevi Yayınları, Birinci Baskı.
- Yılmaz, E. (2005). Bir Arazi Kullanım Planlaması Modeli: Cehennemdere Vadisi Örneği. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 253, DOA Yayın No:37.Tarsus.
- Yıldız, O., Esen, D., Sargıncı, M. ve Toprak, B., (2010). Effects of Forest Fire on Soil Nutrients in Turkish Pine (*Pinus brutia*, Ten) Ecosystems, *Journal of Environmental Biology*, 31, 11-13.
- Yitayew, M., Pokrzywka, S.J., and Renard, K.G. (1999). Using GIS for Facilitating Erosion Estimation. *Applied Engineering in Agriculture* 15 (4), p. 295 – 301.
- Yong S.T.Y., and Chen, W. (2002). Modeling the Relationship Between land Use and Surface Water Quality, *Journal of Environmental Management*, 66(4), 377–393.
- Yoon, K., and Hwang, C., (1995). Multiple Attribute Decision Making: Springer-Verlag and Heidelberg GmbH & Co. KG, Berlin.
- Zang, S.Y., Liang, X and Zhang, S.C. (2005). GIS-based Analysis of Ecological Risk on Land Use in Daqing City, *Journal of Natural Disasters*, vol.14(4), , pp. 141-145.
- Zeng, H. and Liu, G.J., (1999). Analysis of Regional Ecological Risk Based on Landscape Pattern," *China Environmental Science*, J. vol. 19(5), pp. 454-45.
- Zhou, P., Ang, B.W., and Poh, K.L. (2006). Decision Analysis in Energy and Environmental Modelling: an Update. *Energy*, 31. 2604-2622

## EKLER

### EK A. Analitik Hiyerarşi Sürecinde Uygulanan Boş Anket Formu

## ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİNE GÖRE EKOLOJİK RİSK FAKTÖRLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Analitik Hiyerarşi Yöntemi iki faktörün birbiri ile karşılaştırılarak ilgili konuda faktörler arasında önceliğin ya da eşitliğin belirlenmesi adımıyla başlamaktadır.

Yönteme göre iki faktörün karşılaştırılması aşağıda verilen tablodaki önem değerlerine göre yapılmalıdır.

Bakırçay Havzası'nda ekolojik riskin analizi amacıyla aşağıda maddeler halinde verilen faktörler belirlenmiş ve ayrı ayrı analiz edilmiştir.

**Cevabını aradığımız soru:** *Size göre Ekolojik Riskin Analizinde aşağıdaki faktörler birbirleriyle karşılaştırıldığında, faktörlerden hangisi daha önemlidir ya da birbirleriyle eşit öneme sahiptir?*

Buna göre lütfen aşağıda verilen faktörleri tabloda belirtilen önem değerlerini kullanarak karşılaştırınız.

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması

	durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

**Faktörler:**

1. Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi
2. Meteorolojik Kuraklık Riski
3. Yangın Riski
4. Toprak Kaybı
5. Nüfus Yoğunluğu

***Örnek Soru ve Cevap:** Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ile Meteorolojik Kuraklık arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından hangi faktör değerine göre hangi önem değerine sahiptir?*

*-Meteorolojik Kuraklık, Arazi Kullanımı ve Örtüsü Değişimine göre 7 önem değerine sahiptir.*

**Ya da**

*Arazi Kullanımı ve Örtüsü Değişimi Meteorolojik Kuraklığa göre 7 önem değerine sahiptir.*

**KARŞILAŞTIRMA SORULARI**

- 1- Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ile Meteorolojik Kuraklık arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** değerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 2- Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ile Yangın Riski arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** değerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 3- Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ile Toprak Kaybı arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** değerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 4- Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimi ile Nüfus Yoğunluğu arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** değerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?

- 5- Meteorolojik Kuraklık ile Nüfus Yoğunluğu arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 6- Meteorolojik Kuraklık ile Yangın Riski arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 7- Meteorolojik Kuraklık ile Toprak Kaybı arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 8- Meteorolojik Kuraklık ile Nüfus Yoğunluğu arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 9- Yangın Riski ile Toprak Kaybı arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 10- Yangın Riski ile Nüfus Yoğunluğu arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?
- 11- Toprak Kaybı ile Nüfus Yoğunluğu arasındaki ilişkide ekolojik riske etkisi bakımından **hangi faktör** diğerine göre **hangi önem değerine** sahiptir?